

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Análisis de la Capacidad Resistente del Puente Sobre la Cola del Lago  
PARCON ESPOL

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Civil**

Presentado por:

Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, por ser mi apoyo incondicional a lo largo de mi vida. A mi mamá quien siempre creyó en mí y la que me decía "tú puedes" y me enseñó a vencer todas las adversidades por duras que estas sean. A mi papá, quien siempre tuvo un buen consejo.

Los amo.

## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a toda mi familia quienes han estado conmigo durante todos estos años dándome su apoyo, en especial mis padres.

A mis hermanos por siempre estar y ayudarme cuando los necesito.

A todos mis amigos, en especial Leo y Rick por la ayuda en los momentos en que necesitaba una mano, también a las personas especiales que me acompañaron durante todo este tiempo.

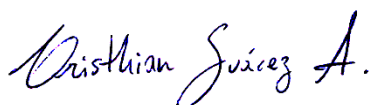
A mi tutor del proyecto, y a los profesores de la facultad de Ciencias de la Tierra, de igual manera mis compañeros de trabajo que me ayudaron a crecer como profesional.

No solo no hubiese culminado el proyecto sin ustedes, sino con toda la gente que estuvo alrededor desde el comienzo... algunos siguen hasta hoy.

Gracias totales.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu*, doy mi consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Cristhian Oswaldo  
Suárez Aspiazu

# EVALUADORES

---

**M. Sc. Danilo Dávila**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**M. Sc. Guillermo Muñoz**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

En el presente proyecto se analiza la capacidad resistente del puente ubicado sobre la cola del lago PARCON dentro de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en el cual existe la necesidad de saber el peso máximo del vehículo que puede transitar, ya que se ve afectado por el aumento de tráfico pesado en la zona. Se realizaron visitas in situ para realizar relevamientos de las dimensiones de las estructuras que posee el puente, y a su vez para verificar si había algún daño notable en su estructura. Se solicitó al departamento de infraestructura de la institución toda la información técnica que poseían del puente. El análisis se efectuó a la superestructura y al suelo donde se asienta el puente. A la superestructura mediante el método lineal LRFD usando el camión de diseño HL-93, y también en el programa computacional, SAP2000; y al suelo a través del método general de Meyerhof. Como resultado se lograron efectuar los planos estructurales de las componentes del puente para poder realizar el cálculo del análisis mediante el método LRFD, y un modelamiento en el programa SAP2000 para verificación de resultados; este indicó que el tonelaje máximo del vehículo que puede transitar por el puente es de 25 toneladas. De igual manera, el suelo sobre el cual se asientan los estribos del puente tiene una capacidad de 111.2 Ton/m<sup>2</sup>, y no se ve afectada por la descarga de los estribos de 7.7 Ton/m<sup>2</sup>.

**Palabras Clave:** Puente, Capacidad, Hormigón Presforzado, LRFD, Camión de Diseño.

## **ABSTRACT**

*This project analyzes the resistant capacity of the bridge located over the tail of Lake PARCON at the Escuela Superior Politécnica del Litoral, where there is a need to know the maximum weight of the vehicle that can go through it, since it is affected by the increase of heavy traffic in the area. On-site visits were made to survey the dimensions of the bridge structures and to verify if there was any notable damage to the structure. The infrastructure department of the institution was asked for all the technical information they had on the bridge. The analysis was carried out on the superstructure and the ground where the bridge is located. The superstructure was analyzed using the linear LRFD method using the HL-93 design truck, and in the SAP2000 computer program; and the soil was analyzed using the general Meyerhof method. As a result, the structural drawings of the bridge components were made in order to calculate the analysis using the LRFD method, and a modeling in the SAP2000 program to verify the results; this indicated that the maximum tonnage of the vehicle that can travel on the bridge is 25 tons. Likewise, the soil on which the bridge abutments rest has a capacity of 111.2 tons/m<sup>2</sup>, and is not affected by the 7.7 tons/m<sup>2</sup> discharge of the abutments.*

*Keywords: Bridge, Weight, Prestressed Concrete, LRFD, Design Truck*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	//
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
CAPÍTULO 1.....	8
1. INTRODUCCIÓN .....	8
1.1. Antecedentes .....	9
1.2. Localización.....	9
1.3. Localización.....	11
1.4. Objetivos .....	12
1.4.1. Objetivo general.....	12
1.4.2. Objetivos específicos .....	12
1.5. Justificación.....	13
1.6. Marco teórico.....	13
1.6.1. Los hormigones.....	13
1.6.2. Especificaciones .....	15
1.6.3. Infraestructura.....	16
1.6.4. Puentes.....	16
1.6.4.1. Definición .....	16
1.6.4.1. Partes de un puente.....	16
1.6.5. Camión de diseño .....	17
CAPÍTULO 2.....	19
2. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	19
2.1 Metodología.....	19
2.1.1 Análisis de Información Técnica Inicial .....	19
2.1.2 Normativas Sísmicas Nacionales.....	20
2.1.3 Métodos de Análisis.....	20
2.2 Trabajo de Campo.....	21
2.2.1 Relevamiento .....	21
2.3 Análisis de Alternativas .....	24
2.3.1 Restricciones y limitaciones.....	24
2.3.2 Presentación de Alternativas .....	24



2.3.3	Selección de Alternativas.....	27
CAPÍTULO 3.....		30
3.	CÁLCULOS Y PROPUESTAS TÉCNICAS.....	30
3.1	Capacidad de Viga Preforzada (I Doble Tee).....	30
3.1.1	Propiedades geométricas de la viga.....	30
3.1.2	Propiedades mecánicas de los materiales.....	30
3.1.3	Datos geométricos del acero.....	30
3.1.4	Procedimiento del cálculo.....	31
3.1.5	Comparación del cálculo con programa computacional.....	33
3.2	Determinación de la demanda del puente.....	35
3.2.1	Cargas permanentes.....	35
3.2.2	Carga Dinámica Vehicular IM.....	35
3.2.3	Perfiles de Camiones y Tándem.....	35
3.2.4	Demanda por momento.....	36
3.2.5	Demanda por cortante.....	38
3.3	Relación de demanda y capacidad a momento.....	39
3.4	Reconsideración del camión de diseño.....	40
3.5	Descarga del Esfuerzo de Contacto.....	40
3.6	Capacidad del suelo.....	41
3.7	Asentamientos.....	43
CAPÍTULO 4.....		44
4.	PRESUPUESTO.....	44
4.1	EDT.....	44
4.2	Descripción de rubros.....	45
4.3	Cronograma de obra.....	46
CAPÍTULO 5.....		48
5.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	48
5.1	Conclusiones.....	48
5.2	Recomendaciones.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....		50
ANEXOS Y PLANOS.....		53

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
PARCON	Parque del Conocimiento
ASTM	American Society for Testing and Materials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ACI	American Concrete Institute
ASCE	American Society of Civil Engineers
LRFD	Load and Resistance Factor Design
ASD	Allowable Strength Design
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
FS	Factor de Seguridad

## SIMBOLOGÍA

mm	Milímetros
Df	Profundidad de desplante (m)
B	Ancho (m)
L	Longitud (m)
C	Cohesion (Tonf/m <sup>2</sup> )
Tonf	Toneladas fuerzas.
Mn	Momento nominal (Tonf*m)
Mu	Momento último (Tonf*m)
V	Cortante (Tonf)
f <sub>y</sub>	Resistencia del acero.
f' <sub>y</sub>	Resistencia del hormigón.
As	Área transversal del acero de refuerzo.
Aps	Área transversal del acero de presfuerzo.
C	Compresión.
T	Tensión.
DC	Peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales.
DW	Peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos.
q	Carga lineal (Ton/m).
qc	Esfuerzo de contacto (Tonf/m <sup>2</sup> ).
qult	Capacidad de carga del suelo ultima (Tonf/m <sup>2</sup> ).
qadm	Capacidad de carga admisible (Tonf/m <sup>2</sup> ).

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.1 - Vista del puente en el lago Parcon ESPOL. Fuente: Elaboración propia. .....	10
Ilustración 1.2 - Vista en Google Maps (relieve) del Puente sobre el Lago Parcon ESPOL .....	10
Ilustración 1.3 - Vista en Google Maps (satélite) del Puente sobre el Lago Parcon ESPOL .....	11
Ilustración 1.4 - Imagen del puente sobre el lago Parcon. Fuente: Google Earth.....	12
Ilustración 1.5 Partes de un Puente. Fuente: Elaboración propia.....	17
Ilustración 2.1 - Corte de viga doble tee .....	22
Ilustración 2.2 - Vista en planta de la losa.....	22
Ilustración 2.3 - Parte inferior del puente.....	23
Ilustración 2.4 - Toma de medidas del puente.....	23
Ilustración 3.1 Modelo de cálculo de la resistencia a la flexión de la viga T – AASHTO LRFD.....	31
Ilustración 3.2 Sección Transversal de la Viga I Doble Tee modelada en SAP2000.....	33
Ilustración 3.3 Diagrama de Momento de la Viga I Doble Tee en SAP2000 .....	34
Ilustración 3.4 Camión de diseño HL-93, AASHTO 2017.....	36
Ilustración 3.5 Geometría de sección transversal del estribo.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 - Coordenadas del puente en el lago Parcon Epsol.....	9
Tabla 2.1.- Combinaciones de Carga LRFD (ASCE 7-02).....	26
Tabla 2.2 - Valoración a la importancia según Likert.....	27
Tabla 2.3 - Valoración de factores según la importancia.....	28
Tabla 2.4 – Sistema de valoración utilizado según escala de Likert.....	28
Tabla 2.5 - Matriz de selección de alternativa por el método de Likert.....	29
Tabla 3.1 Factor de Carga Dinámica IM - Fuente: AASSHTO LRFD 2017 .....	35
Tabla 3.2 Valores de Coeficientes Ecuación Meyerhof.....	42
Tabla 4.1 Cuadro General de Presupuesto .....	47

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), ubicada en Guayaquil – Ecuador, ha experimentado un proceso de expansión desde que se mudó al campus La Prosperina, lo cual hizo necesario la creación de alternativas para satisfacer las necesidades de movilización de las personas: profesores, estudiantes, público en general. En el año 2010, se realizó la construcción del acceso vial conocido como “La Prosperina” hacia El Campus del mismo nombre, que el acceso vial de la ESPOL, con la finalidad de permitir el ingreso de vehículos del cuerpo de docentes, administrativos, y estudiantil hacia el campus.

En la perspectiva anterior, la construcción de esta vía de acceso significó tener un segundo acceso al campus, lo cual facilitaría el ingreso y alivianaría el tráfico al ingreso. Sin embargo, su realización no fue posible, sin la construcción de un puente que permitiera el paso de los vehículos a través de lo que actualmente se conoce como el Lago - PARCON.

En la vía de acceso (Prosperina) hacia la ESPOL, se localiza un puente de hormigón armado, el cual no tiene definido la carga admisible para vehículos pesados. Esto ha ocasionado desvíos hacia otra vía de acceso (Ceibos), generando malestar y tráfico en otras vías.

A través de los años, este acceso ha sido muy eficiente, y en efecto ha ayudado con el tráfico para el ingreso de la ESPOL, debido a que en los últimos 10 años ésta ha aumentado significativamente su población, y es a través del puente que transita una gran cantidad de autos y buses. A pesar de ello, en los últimos meses la ESPOL, ha continuado creciendo y realizado construcciones, para lo cual es necesario el tránsito de vehículos pesados. No obstante, los vehículos pesados deben tomar el acceso “Ceibos” debido a que el puente, no cuenta con el respaldo de memoria técnica, que indique el peso que pueda soportar dicho puente, ocasionando embotellamientos y bajando el rendimiento de los vehículos.

En esta perspectiva, es necesario conocer el peso máximo permitido de los vehículos (pesados), que pueden circular a través del puente para lograr que estos vehículos puedan circular libremente por el acceso “La Prosperina” sin realizar desvíos ocasionando molestias en otras vías.

### 1.1. Antecedentes

Un proceso de evolución iniciada en la ciudad de Guayaquil en el año de 1992 permitió la evolución urbana en la que se destacó el paso de nivel túneles, mejoramiento de calles, construcción de puentes, entre otros (Yépez, 2021).

### 1.2. Localización

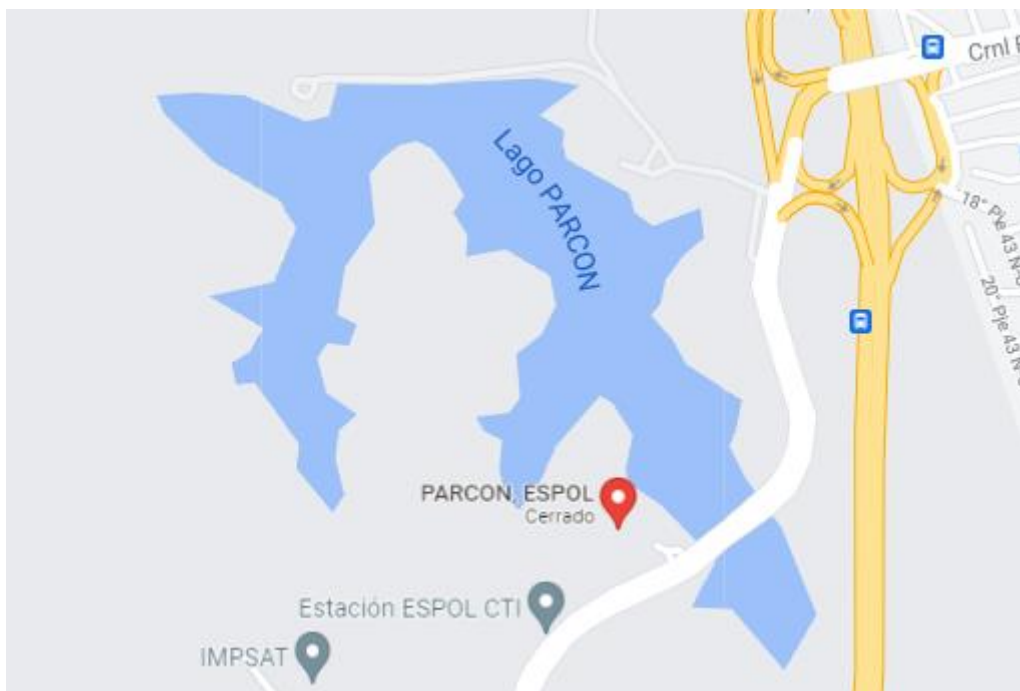
La localización mediante coordenadas donde se encuentra la estructura (puente vehicular) se encuentran en la tabla a continuación:

**Tabla 1.1 - Coordenadas del puente en el lago Parcon Epsol**

PUNTO	ESTE	NORTE
A	614600	9763200
B	616000	9763200
C	614600	9762200
D	616000	9762200



**Ilustración 1.1 - Vista del puente en el lago Parcon ESPOL. Fuente: Elaboración propia.**



**Ilustración 1.2 - Vista en Google Maps (relieve) del Puente sobre el Lago Parcon ESPOL**



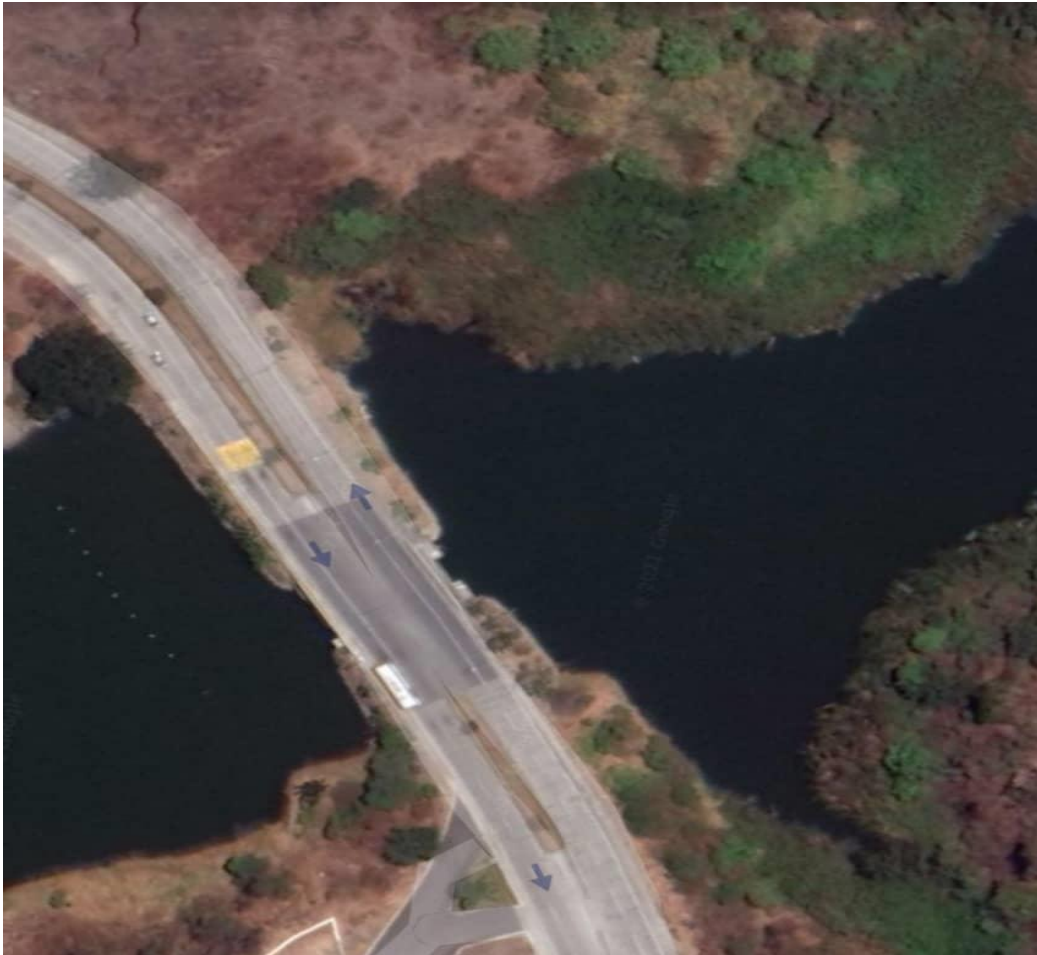
**Ilustración 1.3 - Vista en Google Maps (satélite) del Puente sobre el Lago Parcon ESPOL**

### **1.3. Localización**

Ecuador es un país ubicado en una zona de gran actividad volcánica y sísmica, llamada *Cinturón de fuego del Pacífico*, donde hay convergencia de las placas tectónicas de Nazca y la Sudamericana, en el que puede generar sismos de magnitudes cercanas a 7, cuyos epicentros cercanos a la línea costera o el lecho marino muy próximo al continente.

El puente fue construido en el año 2010, cuenta con una estructura de Hormigón Armado reforzado con acero pretensado. Posee 14 vigas doble I Tee. El puente se encuentra ubicado dentro del Campus La Prosperina, en la ESPOL. Cuenta con 4 carriles, 2 carriles en cada dirección de vía, y su geometría se describe como: 22 metros de ancho, y 16 metros de largo.





**Ilustración 1.4 - Imagen del puente sobre el lago Parcon. Fuente: Google Earth**

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la capacidad resistente de la superestructura del puente sobre la cola del lago PARCON-ESPOL para permitir el tránsito vehicular.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Aplicar los métodos avalados por la norma MOP para determinar la carga admisible que soporta el puente.
2. Realizar el relevamiento del puente midiendo *in situ* para obtener las dimensiones de los elementos estructurales del puente.
3. Asegurar el eficiente desempeño del puente para permitir el paso de vehículos pesados en tránsito.

4. Elaborar los planos estructurales y memoria técnica, del puente sobre la cola del lago Parcon ESPOL.

## **1.5. Justificación**

El puente del lago Parcon ESPOL fue diseñado hace aproximadamente 10 años. Presenta condiciones bajas con respecto a mantenimiento, que son diferentes a las actuales. Dichas condiciones, abarcan cambios en los patrones de construcción y la capacidad, por factores de diferentes tipos: ambiental, económico, social y ausencia de un presupuesto que permita su optimización e inversión para los años venideros.

Las normas para una correcta aplicación de nuevos métodos constructivos, requiere de un proceso de actualización, métodos de diseño y mejoras en sistemas a causa de nuevas investigaciones. Por ello, es necesario evaluar el funcionamiento y capacidad de la superestructura de hormigón, para plantear alternativas de solución con el objetivo de incrementar su eficiencia para el soporte de peso y evitar futuros siniestros con respecto a su capacidad, tanto para las personas que normalmente transitan por él (estudiantes, profesores y personal de la ESPOL), así como turistas o ciudadanos comunes.

El trabajo presentado a continuación posee varias iniciativas para el estudio de la superestructura del puente sobre el lago Parcon ESPOL, y se apoya en la necesidad de aportar conocimientos y experiencias para contribuir con el bienestar de la población. Por ello, es fundamental indagar en los archivos históricos, que se presenta en la gerencia de infraestructura de la ESPOL, por datos valiosos que sirvan de apoyo para el estudio de la capacidad de la superestructura del puente sobre el lago Parcon, y así servir de vía de acceso para las personas, que transitan en vehículos que se dirigen al Campus Gustavo Galindo de la ESPOL.

## **1.6. Marco teórico**

### **1.6.1. Los hormigones**

Según el ACI, el hormigón pretensado es uno en el que se han aplicado fuerzas internas de tal tamaño y distribución que las fuerzas resultantes debidas a las

cargas externas se contrarrestan en la medida deseada; En base a lo anterior, se puede decir entonces que consiste en introducir fuerzas de compresión en las zonas del hormigón, que actúan tras la aplicación de las cargas bajo tracción construcción. Es quien recibe las cargas del servicio, las completa y las transmite a la infraestructura junto con su propio peso; Dependiendo del tipo de puente, tendrá los siguientes elementos: aceras, postes, barandillas, calzada (capa rodante), elementos de drenaje, tablero, vigas, membranas, etc., (Mijares, 1992).

El hormigón pretensado puede considerarse como un nuevo material; la diferencia con el hormigón armado es que el refuerzo en él es pasivo, es decir, se carga cuando las influencias externas actúan sobre la estructura; Por el contrario, en el pretensado está activo, el hormigón, por lo que nunca tiene fuerzas de tracción o tiene un valor reducido. La estructura se coloca bajo tensión antes de que las cargas que actúan sobre ella, de ahí el nombre (Dominique, Nicolas y Birkhäuser 2002).

En el hormigón pretensado se evita el agrietamiento que se produce en el hormigón armado y por tanto se pueden utilizar aceros de mayor resistencia, inaceptable en el hormigón armado, ya que ello provocaría un agrietamiento excesivo.

El hormigón pretensado tiene la propiedad de que los cables se someten a tensión después de hormigonado del elemento. Esto requiere un revestimiento para permitir que el cable se mueva libremente en el hormigón para realizar el tensado.

En este caso, los anclajes en el hormigón se realizan mecánicamente con la ayuda de una placa apoyada sobre una trompeta, luego de tensar la cáscara se inyecta con lechada de cemento, esta inyección de cemento tiene dos funciones principales:

- Refuerzo activo para proteger contra corrosión
- Establecer adherencia entre la armadura activa y el hormigón

El ancho de la sección transversal depende del tráfico y del tipo de camino. El tramo del puente está definido, entre otras cosas, por la investigación hidráulica, por la investigación del suelo o por la topografía del sitio. El ancho mínimo de una calle especificado en el código es de 3,65 m (Ven Te Chow y Maidment, 1994).

- Hormigón armado: La estructura de soporte consta de aproximadamente vigas de hormigón armado apoyadas en los estribos o en los pilares y unidas por una placa, también de hormigón armado. Es adecuado para luces pequeñas de hasta 20, metros. Permite superar obstáculos en una luz entre 20 y 30 metros, si se disponen pilas intermedias en la luz. Este tipo de puente se puede adaptar muy bien para el paso de vehículos porque las vigas pueden diseñarse para resistir la tensión del paso de camiones.

### 1.6.2. Especificaciones

De acuerdo con el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Puentes y Caminos (2002, p.433):

**Tabla 1.2 Revenimientos Requeridos (Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Puentes y Caminos, 2002)**

Designación del Hormigón	Revenimineto Deseado (mm)	Revenimiento Maximo (mm)
<b>A.- HORMIGÓN ESTRUCTURAL</b>		
1.- Todos los barrenados	150	175
2.- Paredes de seccion delgada (230 mm o menos).	100	125
3.- Losas, hormigón de recubrimiento. Tapas, columnas, pilas, secciones de paredes sobre 230 mm. ect	75	100
4.- Miembros de hormigón presforzado.	100	125
5.- Hormigon para barreras de tráfico (fabricado en sitio o prefabricado). Hormigón para rieles sobre puentes	100	25
6.- Recubrimiento de hormigón denso.	20	175
7.- Hormigón colocado bajo el agua.	150	200
8.- Hormigón con reductor de agua de alto rango	-	
<b>B.- HORMIGÓN PARA PAVIMENTO</b>	40	75 max. 25 min.
<b>C.- OTROS</b>	Aprobado por la Fiscalización	

### **1.6.3. Infraestructura**

Según la Ley de Agua Limpia, una infraestructura verde se define como "... la gama de medidas que utilizan plantas o sistemas de suelo, pavimento permeable u otras superficies o sustratos permeables, recolección y reutilización de aguas pluviales, o paisajismo para almacenar, infiltrar o evaporar (...)".

### **1.6.4. Puentes**

#### **1.6.4.1. Definición**

Es cualquier estructura que tenga una abertura no menor a 6 metros que forme parte de una vía o que este localizado por encima o por debajo de una carretera (paso a desnivel). (AASHTO, 2002)

Este debe ser diseñado para estados limites que puedan alcanzar los objetivos de construcción, seguridad y serviciabilidad; con la debida consideración de factores económicos y estéticos particulares para cada proyecto.

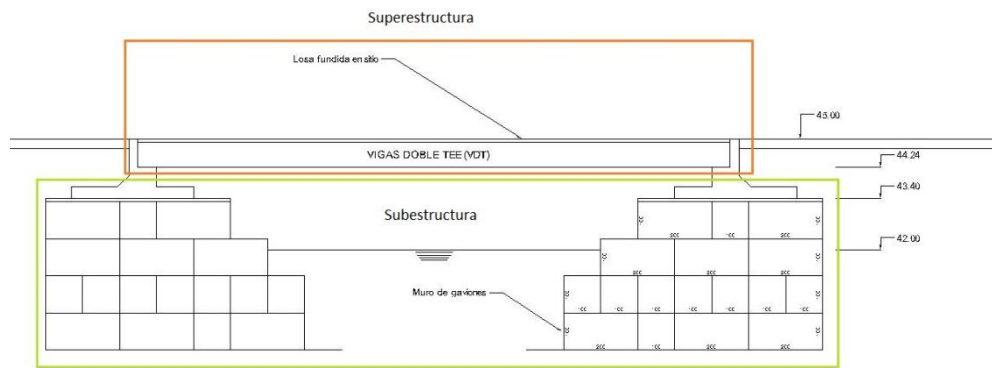
Adicional al diseño geométrico que permite al puente conectar dos puntos en una carretera, este debe funcionar para transportar volúmenes de tráfico presentes y futuros. Se debe decidir el número de carriles por dirección, incluir camineras peatonales y vías para bicicletas, si es que el ancho del tablero incluirá bermas o parterres separadores (AASHTO, 2010).

#### **1.6.4.1. Partes de un puente**

De forma general se puede dividir a un puente en dos subcomponentes principales:

**Superestructura:** Área designada para el uso de peatones y automóviles, incluye la disposición de barandas limitantes laterales, y el sistema de tablero de circulación y vigas que soportaran las cargas distribuidas provenientes de los vehículos.

**Subestructura:** Conformada por apoyos, pilas y estribos que transmitirán las cargas -provenientes de la super estructura- a la cimentación. (Zope, 2016)



**Ilustración 1.5 Partes de un Puente. Fuente: Elaboración propia.**

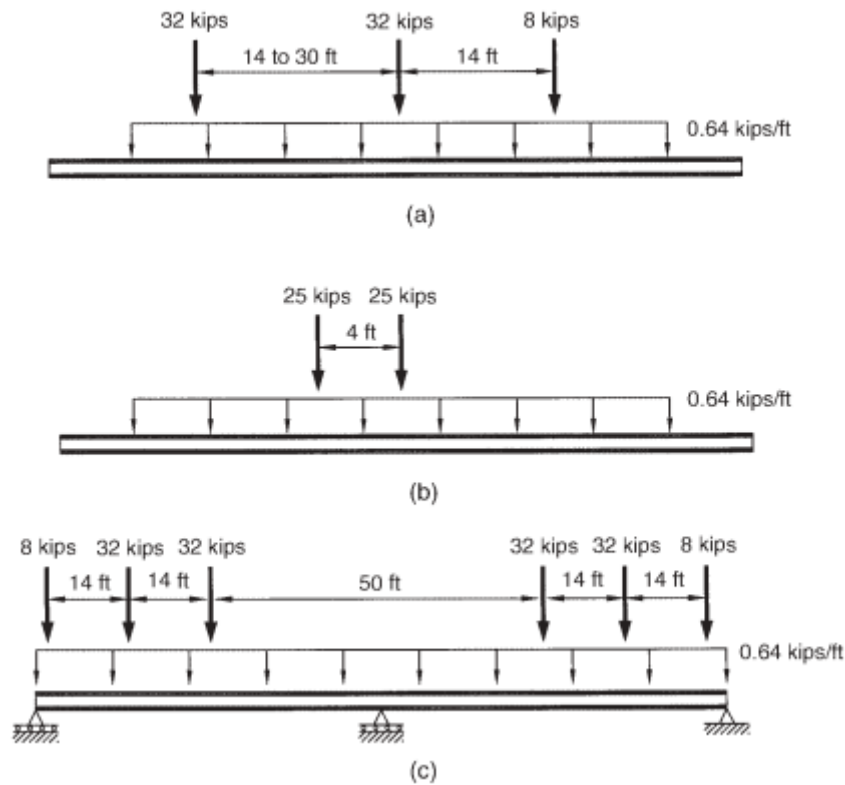
### 1.6.5. Camión de diseño

En puentes, los camiones causan el “efecto de carga crítica”; a diferencia de los automóviles que apenas y causan estrés a la estructura. Esto quiere decir que los efectos de cargas de un carro, en comparación con los efectos de cargas de un camión, vienen a ser despreciables. Es por este motivo que las cargas de diseño de AASHTO procura modelar el tráfico de camiones que es altamente variable, dinámico y puede ocurrir independientemente o en concordancia con otros camiones. (AASHTO, 2002)

El principal efecto de carga es la carga gravitatoria del camión, pero otros efectos son igual de significantes y deben ser considerados. Tales efectos incluyen el impacto (efecto dinámico), fuerza de frenado, fuerza centrífuga y los efectos de otros camiones con presencia simultánea. (Hwang, 1991)

Un estudio realizado por el comité de investigación en transporte -TRB por sus siglas en inglés- sirvió de base para la elaboración del modelo de cargas AASHTO denominado HL-93 (Highway load, desarrollado en 1993) (AASHTO, 2009), el cual consiste en tres distintas cargas vivas:

- Camión de diseño
- Tándem de diseño
- Carril de diseño



**Ilustración 1.6 Cargas de diseño AASHTO (a) camión de diseño y carril de diseño, (b) tándem de diseño y carril de diseño, (c) camión de diseño doble as carril de diseño.**

Un dato para tener en cuenta es que el camión de diseño posee la misma configuración que ha sido usado por AASHTO (2002) ASD desde 1944 y es comúnmente denotado como HS20. Donde la H es por la palabra highway, la S indica que se trata de un semitráiler y que el peso es de 20 toneladas. Pasando así a designarse como HL-93 para la metodología LFRD AASHTO (2010).

Esta convención para el diseño de puentes ha sido adoptada directamente por el MTOP para fines de reglamento y normativa nacional.

# CAPÍTULO 2

## 2. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 2.1 Metodología

La investigación será de tipo explicativo de complejidad ya que el tema a investigar y analizar contiene variables como resistencia, rigidez y costo que se relacionan entre sí. Por tanto, la parte técnica varía la parte económica, dependiendo del tipo de construcción de puente a examinar.

Por tanto, esta investigación se considera explicativa según Torres (2017), ya que se refiere a determinar la capacidad de la superestructura del puente de hormigón sobre la cola del lago Parcon ESPO. También toma en cuenta las variables resistencia y rigidez. Sigue un paradigma positivista que intenta, a partir de un método empírico-analítico, encontrar las causas de la variabilidad en el estudio de la capacidad del puente.

El análisis al que se someterá la investigación será cuantitativo en la medida en que incluye un análisis, que examina numéricamente los datos y resultados, verifica la formulación de las hipótesis y, por lo tanto, proporciona una comprensión más clara para responder a las preguntas de la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014; Cerda, 2011).

El método a utilizar es cuasi-experimental, ya que se apoya en métodos experimentales sobre las estructuras de hormigón de modelos de puentes, por cálculos manuales y también por el cálculo del software de planificación estructural, y así establecer las comparaciones necesarias para el desarrollo del trabajo de investigación.

#### 2.1.1 Análisis de Información Técnica Inicial

El sistema estructural tiene características de diseño y economía. El puente está hecho de hormigón armado. Las cargas son más altas que el límite de carga permisible y soporta cargas muertas más bajas y fuerzas estructurales más bajas, tanto con tráfico como con cargas muertas. El límite de resistencia del hormigón no es mucho mayor que el del acero estructural.



El puente obtendría las mejores instalaciones en su estudio, ya que requiere menos equipo y maquinaria, y toma menos tiempo para usarlo. El puente no se ve afectado por las condiciones de la zona debido al paso de vehículos.

## **2.1.2 Normativas Sísmicas Nacionales**

### **Las Normas de construcción ecuatorianas EC-SE-DS**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2021), propone las normas de construcción ecuatorianas, las cuáles establecen los requisitos y métodos que deben aplicarse, principalmente al diseño de edificios a prueba de terremotos, y en segundo lugar a otras estructuras; complementado por normas extranjeras reconocidas. Es un documento necesario para el cálculo y dimensionamiento de estructuras antisísmicas teniendo en cuenta el potencial sísmico del Ecuador. Es ampliamente utilizado por calculadores, diseñadores y profesionales de la construcción. Las herramientas de cálculo se basan en conceptos de ingeniería sísmica, y les permiten conocer las hipótesis de cálculo que utilizan para la toma de decisiones en la fase de diseño.

## **2.1.3 Métodos de Análisis**

### **2.1.3.1. Método Muller- Breslau**

El método Müller-Breslau también se conoce como método de trabajo o viaje virtual. Este método consiste en que la reacción, el momento, el cortante, la deflexión o el tamaño interno de una estructura, actúa a lo largo de un desplazamiento creado, al eliminar la restricción correspondiente a los tamaños internos y colocando en su lugar una fuerza unitaria, por lo que una elástica se forma la curva, que luego se divide por el desplazamiento generado en el punto de aplicación de la fuerza unitaria (Guillén- García, 2018).

### **2.1.3.2. Método de Fuerza Bruta**

Este método consiste en dividir cada tramo de la viga continua en partes iguales, según su longitud, colocar una unidad de fuerza en cada una de las partes divididas y luego analizar cada tramo y parte de la viga en la que se ubica también utiliza el método de Rigidez para poder calcular las reacciones, cortante, momentos y cargas según una matriz de rigidez y los grados de libertad en los apoyos de la viga continua.

Después de calcular los desplazamientos y momentos de la viga continua, cada parte o cada parte dividida de la viga, se analiza nuevamente utilizando las leyes y ecuaciones estáticas (Ahmad, Pandey y Kumar, 2017).

### **2.1.3.3. Carga viva vehicular**

El cálculo de la carga viva vehicular depende del momento y empuje máximos, debido a la sobrecarga del vehículo, multiplicado por los factores de distribución y la sobrecarga por momento y empuje, de las vigas principales interiores y exteriores. Una vez recibidos los resultados, se utilizarán posteriormente para continuar con el cálculo del último momento y empuje (MU y VU).

$$M_{LL} = (M_{MAX})(mg_M^{MI}) \quad (2.1)$$

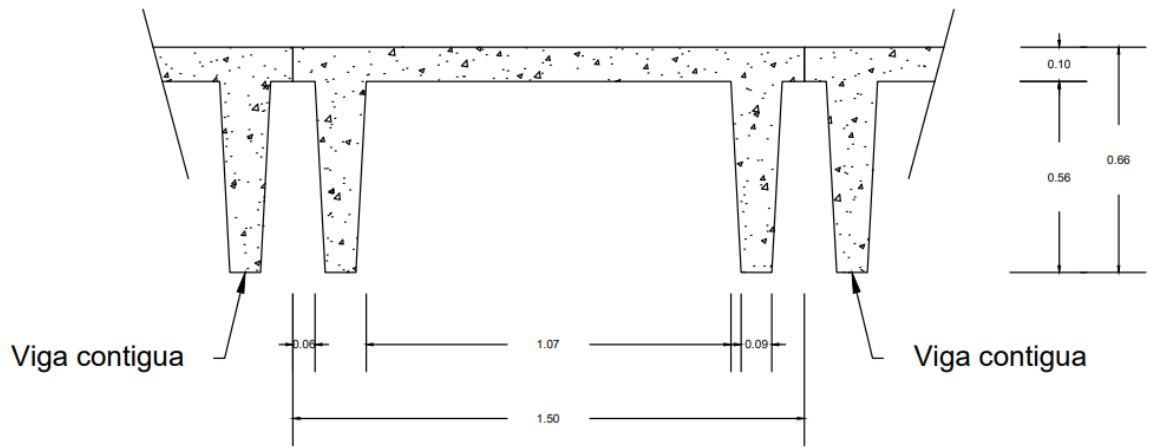
$$V_{LL} = (V_{MAX})(mg_V^{MI}) \quad (2.2)$$

## **2.2 Trabajo de Campo**

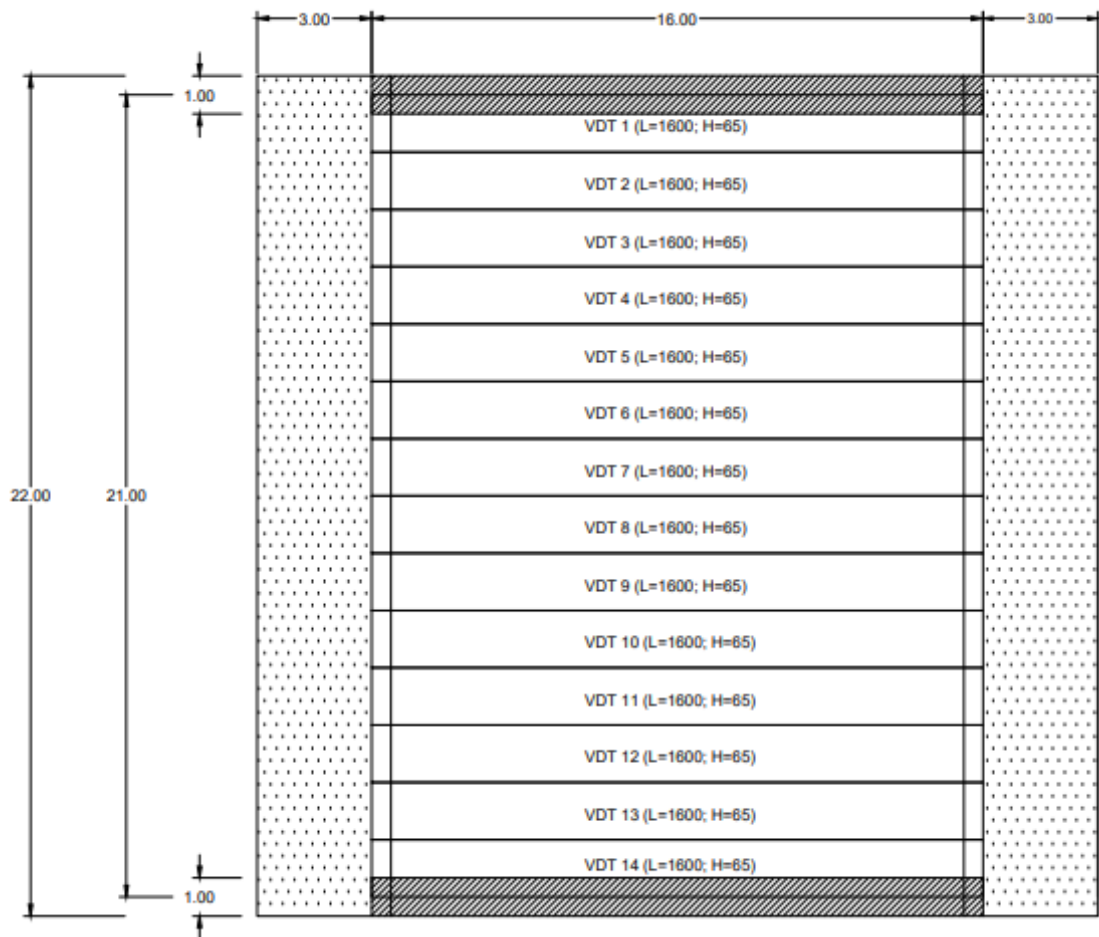
### **2.2.1 Relevamiento**

El relevamiento de la estructura realizado in situ, reveló parcialmente que el diseño geométrico de las vigas y estribos estipulados en los planos que tiene el Departamento de Infraestructura de la ESPOL es correcto.

En la Ilustración 2.1, se observan las dimensiones de las vigas tomadas in situ, las cuales concordaron con las dimensiones en el plano físico con el cual cuenta el departamento de infraestructura. De igual manera, en la ilustración 2.2, se observa las dimensiones de la losa que va encima de las 14 vigas doble tee.



**Ilustración 2.1 - Corte de viga doble tee**



**Ilustración 2.2 - Vista en planta de la losa.**



**Ilustración 2.3 - Parte inferior del puente.**



**Ilustración 2.4 - Toma de medidas del puente.**

## **2.3 Análisis de Alternativas**

Para la selección del análisis más factible del proyecto se utilizará el método de la escala de Likert, la cual es una escala sumativa, que para la selección de alternativas y para evaluar los objetivos de estas, se determinarán los factores idóneos, los cuales serán elegidos en base a su factibilidad de valoración en métodos cualitativos, importancia, y representatividad (Barrantes, 2019; Castro, 2003). Los factores son los siguientes:

- Tiempo. – Considerado debido a los diferentes cálculos que tiene cada método, cuál se lleva a cabo con mayor rapidez.
- Eficiencia del método. – La eficiencia del método de análisis aplicado al problema a resolver.
- Facilidad del método. – Dentro de los diferentes métodos, según
- Disposiciones, normas e instrucciones. – Existen diferentes disposiciones, normas y pasos a seguir para los diferentes métodos, los cuáles
- Análisis aprobado por la MOP. – Los métodos de análisis deberán ser avalados por la MOP o algún ente oficial para que sea aprobada su ejecución.

### **2.3.1 Restricciones y limitaciones**

Las limitaciones que tiene el presente proyecto son:

- Información limitada.
- Carga vehicular mínima para puentes en el Ecuador.
- Condiciones existentes de la estructura.

### **2.3.2 Presentación de Alternativas**

El acceso vial hacia el interior de la ESPOL, “La Prosperina” cuenta actualmente con un puente funcional. Las diferentes alternativas se presentan a continuación:

#### **2.3.2.1 Análisis lineal (método LRFD)**

Método de Diseño por factores de carga y resistencia (LRFD)

Basado en: Modelo probabilístico; Calibración con ASD y evaluación de experiencias previas.

Fórmula:

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i = Q_u \quad (2.3)$$

El método LRFD usa factores de carga que difieren según el tipo de carga en consideración. Por lo general, los factores para aumentar las cargas se dan en las especificaciones de las cargas requeridas, mientras que los factores para disminuir la resistencia se dan en las especificaciones para dimensionar los elementos. El método se basa en el modelo probabilístico y se calibrará originalmente para lograr el mismo resultado que las tensiones permitidas para una relación entre cargas útiles y cargas muertas de 3. Los factores de reducción de arrastre son menores o iguales a 1, mientras que los factores crecientes de las cargas son mayores o iguales a uno.

LRFD: Es una herramienta disponible. Es más racional que el TEA. Permite cambios más fácilmente que ASD. Puede adaptarse a requisitos que no se han tenido en cuenta y permite que los diseños sean compatibles con diferentes materiales.

El método LRFD tiene varias ventajas sobre el ASD. Entre los más importantes se encuentran la racionalidad del procedimiento y la posibilidad de realizar cambios en los factores de carga y resistencia de forma independiente (de hecho, en la última edición de la norma AISC, el valor del factor de reducción en barras cargadas por compresión se cambió de 0,85 a 0,9 sobre mejoras en las técnicas de fabricación de acero). Otra razón importante es que al combinar elementos estructurales hechos de diferentes materiales, es mejor diseñarlos todos con la misma metodología para evitar inconsistencias que pueden conducir a diseños inseguros.

Sin embargo, el método de tensiones admisibles no se ha abandonado por completo, ya que todavía se utiliza ampliamente y se requiere para evaluar la renovación de estructuras más antiguas.

**Tabla 2.1.- Combinaciones de Carga LRFD (ASCE 7-02).**

U1.	$1.4(D + F)$
U2.	$1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5 (Lr \text{ or } S \text{ or } R)$
U3.	$1.2D + 1.6 (Lr \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.8W)$
U4.	$1.2D + 1.6W + L + 0.5 (Lr \text{ or } S \text{ or } R)$
U5.	$1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
U6.	$0.9D + 1.6W + 1.6H$
U7.	$0.9D + 1.0E + 1.6H$

Es en las combinaciones de carga que se definen los factores de mayoración de las cargas. Como se puede ver en las combinaciones de la ASCE 7, los factores asociados a cada sollicitación pueden cambiar de una combinación de carga a otra. En la derivación de estas combinaciones, se consideró que no es racional suponer que todos los máximos de carga están actuando simultáneamente sobre la estructura. Por ejemplo, el factor de mayoración de la carga viva en el caso de carga gravitacional solamente (combinación 2) es 1.6 veces, mientras que cuando se considera el máximo viento (combinación 4) el factor de la carga viva es 1.0.

### **2.3.2.2 Análisis No Lineal (Push-Over).**

Los métodos de análisis, basados en la no linealidad de la estructura tienen en cuenta su comportamiento y deformaciones, más allá de su rango elástico, es decir, cuando la estructura pierde rigidez mientras sus elementos se plastifican gradualmente, con una mejor aproximación a la realidad, pudiendo determinar el comportamiento y reacción de la estructura desde la formación de grietas hasta el colapso. El análisis "*pushover*", que es un análisis estático no lineal, debe ser tenido en cuenta, en cuanto a su concepción, conceptos básicos y parámetros necesarios para la aplicación de esta metodología aceptada, que consiste en determinar posibles mecanismos de falla en una nueva o estructura existente que se identifican y representan estos mecanismos, asociando los extremos de elementos como vigas y columnas con rotulas plásticas creadas por el aumento de cargas laterales sobre la estructura durante un evento sísmico (Duarte- Bonilla, Martínez- Chavarria y Santamaría – Díaz, 2017).

Análisis Estático No Lineal (*PUSHOVER*), con el advenimiento de los sistemas informáticos, como una herramienta útil para poder ejecutar y resolver

matemáticamente, problemas y ecuaciones desde el enfoque de la región inelástica, y por lo tanto no lineal de una estructura, que es posible gracias al tiempo que muchos investigadores y desarrolladores de ingeniería podrían ir más allá en su investigación, y sugerir en varios documentos este tipo de análisis como análisis no lineal para estructuras llamadas *pushovers* (Duarte- Bonilla, Martínez-Chavarria y Santamaría – Díaz, 2017).

### **2.3.2.3 Análisis empírico con base en puentes de características similares.**

En Ecuador, se dispone de muy poca información sobre los trámites y detalles del análisis y diseño de puentes de hormigón armado y acero estructural, ya que la mayoría de los proyectos son puentes de envergadura, vehículos, peatonales, combinados, ferrocarriles o acueductos realizados por reconocidos extranjeros, empresas, de las cuales no muchos ingenieros ecuatorianos participaron en proyectos de este tipo de puentes. Debido a la falta de información, no es posible hacer un buen análisis empírico de un proyecto de puente, ya que surgen muchos factores en la planificación, que podrían ser de gran importancia para los ecuatorianos y por ello la necesidad presente.

## **2.3.3 Selección de Alternativas**

### **2.3.3.1 Escala de Likert**

Esta escala funciona dándole un valor cuantitativo a una valoración según el nivel de importancia a cada factor, De esta forma, se determinará la alternativa idónea, Las valoraciones según la importancia se encuentran a continuación.

**Tabla 2.2 - Valoración a la importancia según Likert.**

<b>Importancia</b>	<b>Valor</b>
Muy Baja	1
Baja	2
Media	3
Alta	4
Muy Alta	5



Después de darle valoración a la importancia, se define la importancia de cada uno de los factores, los cuales se definen en la siguiente tabla:

**Tabla 2.3 - Valoración de factores según la importancia.**

<b>Factores</b>	<b>Importancia</b>
Tiempo	4
Eficiencia	5
Facilidad	3
Disposiciones	3
Avalado	5

Luego de la valoración de factores según la importancia, para esta valoración de alternativas se les asignan valoraciones cuantitativas a indicadores, siendo estos indicadores los que tendrán una puntuación, de tal manera se permite hacer uso de los criterios de Likert para elegir una alternativa.

**Tabla 2.4 – Sistema de valoración utilizado según escala de Likert.**

<b>Puntuación</b>	<b>Valoración</b>
1	Efecto perjudicial
2	Efecto leve
3	Efecto neutro
4	Efecto bueno
5	Efecto beneficioso

En la siguiente tabla, se podrá observar el análisis de selección de alternativas mediante el método de Likert aplicado al problema anteriormente descrito en el capítulo 1.

**Tabla 2.5 - Matriz de selección de alternativa por el método de Likert.**

<b>ANÁLISIS LINEAL (LRFD)</b>			
<b>CRITERIO</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	<b>VALORACIÓN</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Tiempo	4	4	16
Eficiencia	5	5	25
Facilidad	3	4	12
Disposiciones	3	4	12
Avalado	5	4	20
<b>Total</b>			<b>85</b>
<b>ANÁLISIS NO LINEAL (PUSHOVER)</b>			
<b>CRITERIO</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	<b>VALORACIÓN</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Tiempo	4	3	12
Eficiencia	5	4	20
Facilidad	3	3	9
Disposiciones	3	3	9
Avalado	5	4	20
<b>Total</b>			<b>70</b>
<b>ANÁLISIS EMPÍRICO</b>			
<b>CRITERIO</b>	<b>IMPORTANCIA</b>	<b>VALORACIÓN</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
Tiempo	4	4	16
Eficiencia	5	2	10
Facilidad	3	5	15
Disposiciones	3	2	6
Avalado	5	1	5
<b>Total</b>			<b>52</b>

En la Tabla 2.4 se observa como la alternativa del Análisis por el Método Lineal (LRFD) es el más idóneo para realizar el análisis del puente sobre la cola del lago Parcon.

# CAPÍTULO 3

## 3. CÁLCULOS Y PROPUESTAS TÉCNICAS

### 3.1 Capacidad de Viga Preforzada (I Doble Tee)

#### 3.1.1 Propiedades geométricas de la viga

$$b: 1500mm$$

$$bw: 2 * 150mm = 300mm$$

$$hf: 100mm$$

$$t \text{ topping}: 100mm$$

#### 3.1.2 Propiedades mecánicas de los materiales

- Acero de refuerzo

$$fy: 60ksi$$

$$f'y: 60ksi$$

- Acero de prefuerzo

$$fpu: 270ksi$$

$$fpy: 0.9fpu = 252ksi$$

$$k: 2 \left( 1.04 - \frac{fpy}{fpu} \right) = 0.28$$

- Concreto

$$f'c: 6.5ksi$$

$$\beta_1: 0.725$$

#### 3.1.3 Datos geométricos del acero

- Acero de refuerzo

$$As: 314.16 \text{ mm}^2$$

$$A's: 1178.1 \text{ mm}^2$$

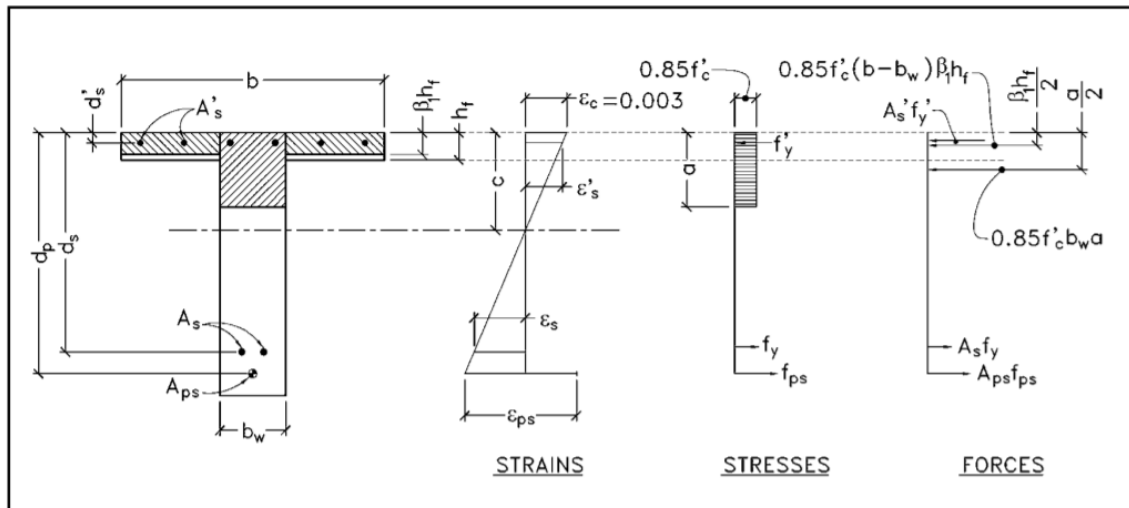
$$ds: 400 \text{ mm}$$

$$d's: 95 \text{ mm}$$

- Acero de presfuerzo

$$Aps: 1776.6 \text{ mm}^2$$

$d_p: 620 \text{ mm}$



**Ilustración 3.1 Modelo de cálculo de la resistencia a la flexión de la viga T – AASHTO LRFD.**

### 3.1.4 Procedimiento del cálculo

El procedimiento que se usará para el cálculo de la capacidad es el establecido por la normativa AASHTO LRFD, se asumirá que la viga doble T es una sola viga T en el que se unen las almas.

Se comprueba si la viga se comporta como viga rectangular o como viga T.

Se determina todas las fuerzas de compresión y tensión que intervienen en la viga, para esto se usa la sección transformada del topping debido al cambio de resistencia de la losa y la viga.

Para determinar la sección transformada se usa el factor  $n$  a continuación.

$$n: \frac{\sqrt{280}}{\sqrt{450}} = 0.789$$

Al tener diferente resistencia la losa, el ancho de esta se multiplica por el factor  $n$  para determinar el ancho de su sección transformada. Esto se aplicará en la siguiente ecuación donde se igualan los esfuerzos de compresión y tensión.

$$C = T$$

Según los esfuerzos actuantes en esta viga, la ecuación es:

$$A_{ps} * f_{ps} + A_s * f_y = A'_s * f'_y + 0.85f'_c * nb * 10cm + 0.85f'_c * b * (\beta_1 * c - 10cm) \quad (3.1)$$

Conociendo que  $f_{ps}$  es igual a:

$$f_{ps}: f_{pu} \left( 1 - k * \frac{c}{d_p} \right) \quad (3.2)$$

Y reemplazando  $f_{ps}$  en la ecuación de equilibrio de fuerzas y despejando  $c$  para obtener el valor de esta, tenemos que

$$c: 9.7 \text{ cm} < 20 \text{ cm (espesor total de ala)}$$

El valor de  $f_{ps}$  se obtiene reemplazando el valor de  $c$  en la [Ec. 3.2], teniendo un  $f_{ps}$  de

$$f_{ps}: 258.224 \text{ ksi}$$

Como el valor de  $c$  es menor al espesor total de ala, se considera que la viga trabaja como sección rectangular. Realizando la sumatoria de momentos para obtener el momento nominal tenemos

$$M_n: A_{ps} * f_{ps} * \left( d_p - \frac{a}{2} \right) + A_s * f_y * \left( d_s - \frac{a}{2} \right) - A'_s * f'_y * \left( d'_s - \frac{a}{2} \right) \quad (3.3)$$

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación (3.3), el  $M_n$  es el siguiente:

$$M_n: 189.5 \text{ tonf} * m$$

Se chequea si la tensión controla

$$\frac{c}{d_p} = 0.156 < 0.375 \text{ (controla tensión)}$$

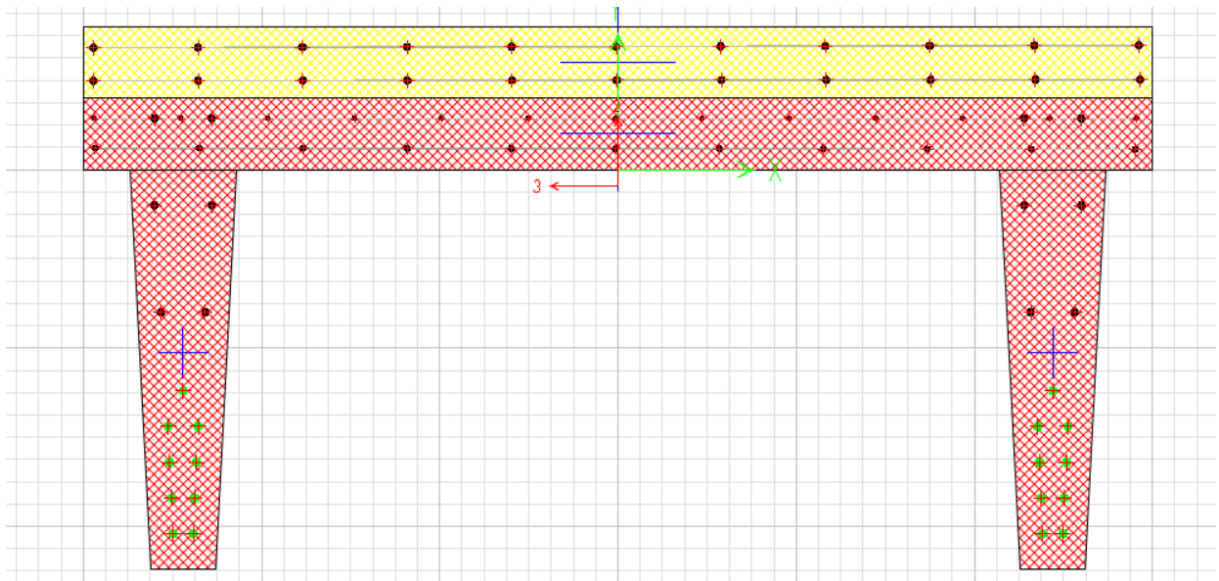
Y siendo  $\Phi$ : 0.9, entonces

$$\Phi M_n: 170.5 \text{ tonf} * m$$

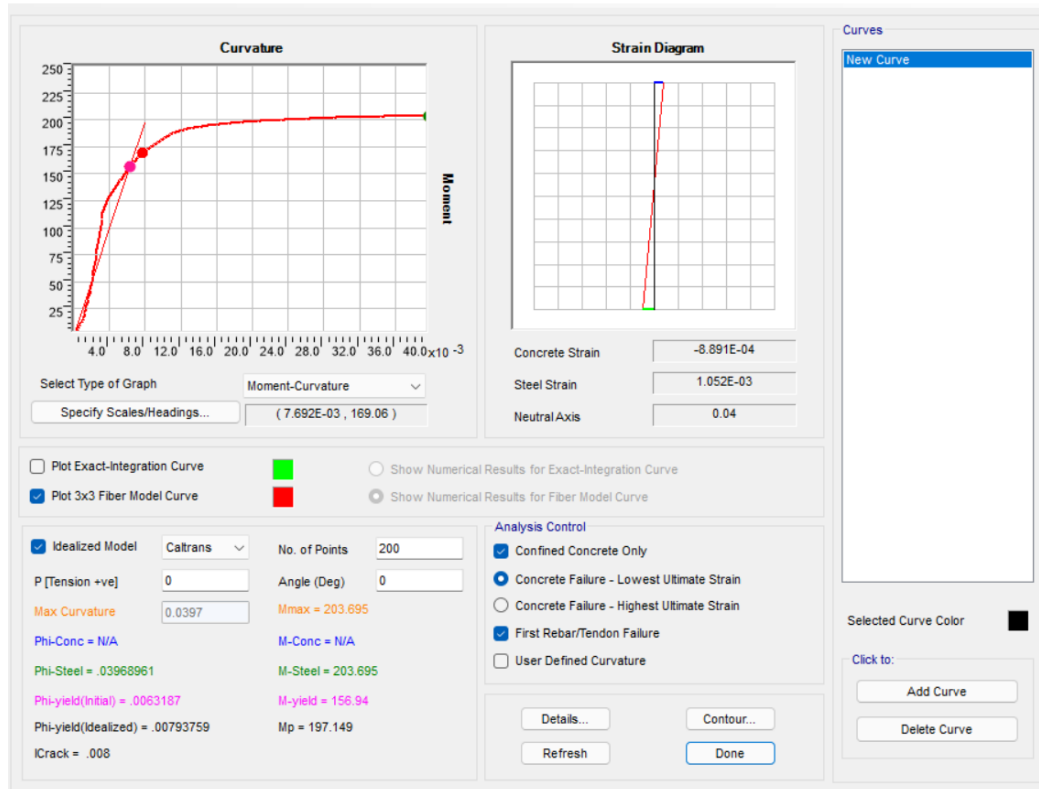
### 3.1.5 Comparación del cálculo con programa computacional

Se realiza la modelación de la viga en el programa SAP2000 para comparar el momento que calcula el programa con el calculado de manera manual.

En el programa se ingresa una fuerza de presfuerzo para los torones de 11 ton, esto basado en el cálculo para la determinación de las pérdidas debido a las cargas de servicio, el cual fue del 23% y se puede observar en el Anexo A.



**Ilustración 3.2 Sección Transversal de la Viga I Doble Tee modelada en SAP2000.**



**Ilustración 3.3 Diagrama de Momento de la Viga I Doble Tee en SAP2000**

Obteniendo como resultado una capacidad a la flexión de 157 tonf\*m.

La diferencia entre la obtenida por los cálculos manuales y lo determinado por el SAP2000 se debe principalmente a que En la normativa AASHTO LRFD se indica que la deformación unitaria última del hormigón para el cálculo de la capacidad es de  $\epsilon_{cu}=0.003$ , mientras que el programa SAP2000 utiliza modelos constitutivos de curvas esfuerzo deformación para el hormigón donde el fallo se realiza a una deformación unitaria última de  $\epsilon_{cu}=0.005$ .

Adicionalmente en el programa se modeló la sección con la fuerza de tensado en los torones incluyendo las pérdidas posteriores a la transferencia y cargas de servicio, mientras que, en el cálculo manual, la normativa no toma en cuenta esta consideración.

En el programa se observa que las propiedades de los materiales son las mismas que las establecidas en el cálculo manual, sin embargo, para el estudio se elegirá la de menor magnitud dado a que es el caso más crítico.

### 3.2 Determinación de la demanda del puente

Para la determinación de la demanda nos basamos en la norma AASHTO LRFD 2017, la cual nos indica:

#### 3.2.1 Cargas permanentes

- DC: Peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales.
- DW: Peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos.

#### 3.2.2 Carga Dinámica Vehicular IM

Siempre las cargas dinámicas, tanto de camión como de tándem, serán aumentadas según los porcentajes de la tabla siguiente:

**Tabla 3.1 Factor de Carga Dinámica IM - Fuente: AASHTO LRFD 2017**

<i>Componentes</i>	<i>Factor de Carga Dinámica IM</i>
Juntas de tablero – Todos los estados limites	75%
Todos los demás componentes	
Estado límite de fatiga y fractura	15%
Todos los otros estados limites	33%

#### 3.2.3 Perfiles de Camiones y Tándem

Según la norma AASHTO LRFD 2017, el camión de diseño utilizado en este método es el HL-93.



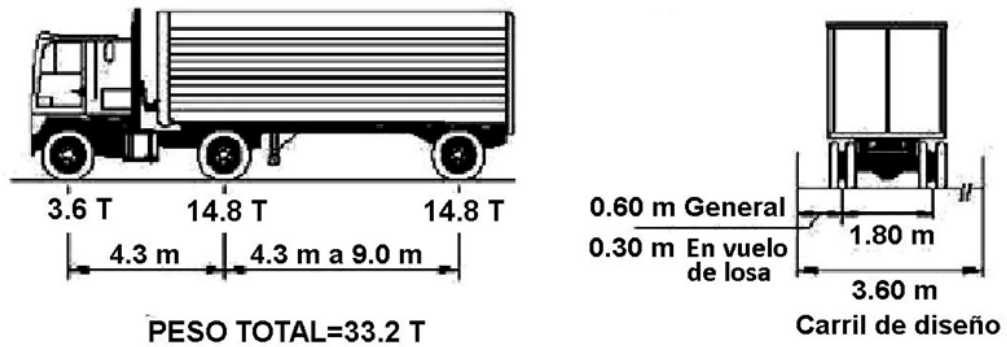


Ilustración 3.4 Camión de diseño HL-93, AASHTO 2017.

### 3.2.4 Demanda por momento

#### 3.2.4.1 Carga Muerta

- Losa

$$q_{\text{losa}} = 0.1m * \frac{2.4\text{Ton}}{m^3} * 1.5m = 0.36 \text{ Ton/m}$$

- Viga presforzada

Con la ayuda del programa AutoCAD determinamos que la viga posee un área gruesa de 0.28 m<sup>2</sup>.

$$q_{\text{viga}} = 0.28m^2 * \frac{2.4\text{Ton}}{m^3} = 0.672 \text{ Ton/m}$$

- Carpeta asfáltica

$$q_{\text{asfalto}} = 0.05m * \frac{2.2\text{Ton}}{m^3} * 1.5m = 0.165 \text{ Ton/m}$$

- Momentos

$$MDC = \frac{(0.36 + 0.672) * 16^2}{8} = 33.02 \text{ Tonf} * m$$

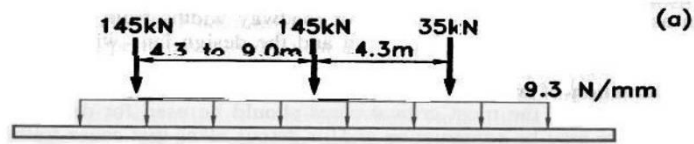
$$MDW = \frac{(0.165) * 16^2}{8} = 5.28 \text{ Tonf} * m$$

#### 3.2.4.2 Carga Viva

La norma establece los valores para la carga viva correspondientes al camión de diseño, al tándem y a la carga de carril. Los cuales fueron revisados previamente.

Se dispone de dos combinaciones de las cuales se escogerá la que genere una mayor demanda.

- Caso 1: Carga de camión + Carga de carril



Se conoce que el momento máximo positivo, se lo obtiene desplazando el eje intermedio 0.71 m hacia la misma dirección de donde se encuentra la carga de menor magnitud. Teniendo esto en cuenta se determina el momento máximo generado por el camión y el carril.

$$R = 14.5 * 2 + 3.5 = 32.5 \text{ Tonf}$$

$$\Sigma MB = 0 \cup +$$

$$RA(16) - 32.5 * (8.71) = 0$$

$$RA = 17.69 \text{ Tonf}$$

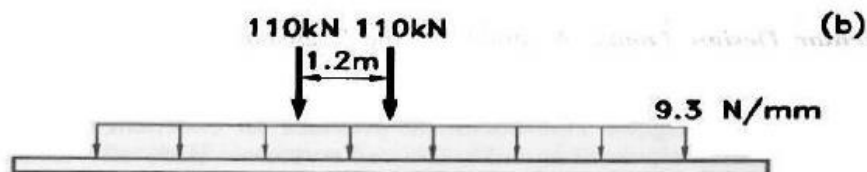
$$M_{camion} = 17.69(8.71) - 14.5(4.3) = 91.72 \text{ Tonf} * m$$

$$M_{carril} = \frac{0.93 * 16^2}{8} = 29.76 \text{ Tonf} * m$$

La norma nos indica que a la carga de camión y de tándem se afecta por un factor de dinámica vehicular, para este caso de 1.33

$$M_{LLmax} = 91.72 * 1.33 + 29.76 = 151.74 \text{ Tonf} * m \text{ (Controla)}$$

- Caso 2: Carga de tándem + Carga de carril



$$M_{tandem} = 11(8) - 11(0.6) = 61.6 \text{ Tonf} * m$$

$$M_{carril} = \frac{0.93 * 16^2}{8} = 29.76 \text{ Tonf} * m$$

$$MLL + IM_{max} = 61.6 * 1.33 + 29.76 = 111.7 \text{ Tonf} * m \text{ (No controla)}$$

El caso 1 es mayor al caso 2, por lo tanto, es el que controla, este será el momento con el cual se realizarán los cálculos posteriores.

Dado a que la carga viva es una carga aplicada a un carril completo, con un ancho estándar de 3.05 m, se estima que en cada viga se reparte un proporcional a la separación entre éstas. El análisis se realiza para una viga interna, la cual se pretende tenga una mayor demanda.

$$DF = 1.5/3.05 = 0.5 \text{ Carril/Viga}$$

$$MLL_{max} = 151.74 * 0.5 = 75.87 \text{ Tonf} * m$$

### 3.2.4.3 Momento Último

Para el presente caso se usará la combinación de carga referente al estado límite de RESISTENCIA I, para el cual se dispone la siguiente combinación de carga.

$$M_u = 1.25 * MDC + 1.5 * MDW + 1.75 * MLL + IM \quad [\text{Ec. 4}]$$

$$M_u = 1.25 * 33.02 + 1.5 * 5.28 + 1.75 * 75.87$$

$$M_u = 181.96 \text{ Tonf} * m$$

### 3.2.5 Demanda por cortante

#### 3.2.5.1 Carga Muerta

Se determina el cortante con las cargas anteriormente calculadas, sabiendo que la viga está simplemente apoyada.

$$VDC = \frac{(0.36 + 0.672) * 16}{2} = 8.26 \text{ Tonf}$$

$$VDW = \frac{(0.165) * 16}{2} = 1.32 \text{ Tonf}$$

#### 3.2.5.2 Carga Viva

Para estos casos se asumirá que el camión y el tándem están justo encima del apoyo de tal manera que generen la máxima reacción a cortante.

- Caso 1: Carga de camión + Carga de carril

$$\Sigma MB = 0 \cup +$$

$$RA(16) - 14.5(16) - 14.5(11.7) - 3.5(7.4) = 0$$

$$RA = 26.72 \text{ Tonf}$$

$$V_{\text{carril}} = \frac{0.93 * 16}{2} = 7.44 \text{ Tonf}$$

$$VLL + IM_{\text{max}} = 26.72 * 1.33 + 7.44 = 42.98 \text{ Tonf (Controla)}$$

- Caso 2: Carga de tándem + Carga de carril

$$\Sigma MB = 0 \cup +$$

$$RA(16) - 11(16) - 11(14.8) = 0$$

$$RA = 21.18 \text{ Tonf}$$

$$V_{\text{carril}} = \frac{0.93 * 16}{2} = 7.44 \text{ Tonf}$$

$$VLL + IM_{\text{max}} = 21.18 * 1.33 + 7.44 = 35.61 \text{ Tonf (No Controla)}$$

De igual manera que con el momento, el caso 1 controla al ser el mayor, y se estima que la carga viva se reparte a 0.5 a cada viga interior, teniendo así una demanda de cortante por carga viva para cada viga de:

$$VLL + IM_{\text{max}} = 0.5 * 42.98 = 21.49 \text{ Tonf}$$

### 3.2.5.3 Cortante Último

Para el presente caso se usará la combinación de carga referente al estado límite de RESISTENCIA I, para el cual se dispone la siguiente combinación de carga.

$$Vu = 1.25 * VDC + 1.5 * VDW + 1.75 * VLL + IM$$

$$Vu = 1.25 * 8.26 + 1.5 * 1.32 + 1.75 * 21.49 = 50 \text{ Tonf}$$

## 3.3 Relación de demanda y capacidad a momento

Demanda: 181.96 Tonf\*m

Capacidad: 170 Tonf\*m

DCR: 1.07

### 3.4 Reconsideración del camión de diseño

Dado a que la relación demanda capacidad excede la unidad, se determina la carga nuevamente para un camión de diseño de menor categoría, para este caso específico, y dado que la AASHTO-LRFD solo tiene un camión de diseño (HL-93), se usará el camión HS15-44 de la AASHTO-STANDAR. Las normativas nos indican que este camión representa un 75% del HS20-44 (equivalente al HL-93, que fue previamente analizado). Por lo tanto, a la carga viva calculada anteriormente, se le afectará por un factor de 0.75.

$$Mu = 1.25 * 33.02 + 1.5 * 5.28 + 1.75 * 75.87 * 0.75 = 148.77 \text{ Tonf} * m$$

Este valor de demanda nos genera una relación DCR=0.95, el cual se encuentra por debajo de la unidad, considerando así al camión HS15-44, como el camión de máxima categoría que puede circular por el puente.

### 3.5 Descarga del Esfuerzo de Contacto.

Para estimar el esfuerzo de contacto, se tomará las reacciones generadas en el punto de apoyo, para la carga muerta y la carga viva calculadas anteriormente sin mayorar, adicionalmente se incluirá el peso propio de los estribos, los cuales tiene una sección transversal de  $1.63 \text{ m}^2$ .

$$P_{\text{pestribo}} = 2.4 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^3} * 1.63 \text{ m}^2 * 22 \text{ m} = 86.06 \text{ Tonf}$$

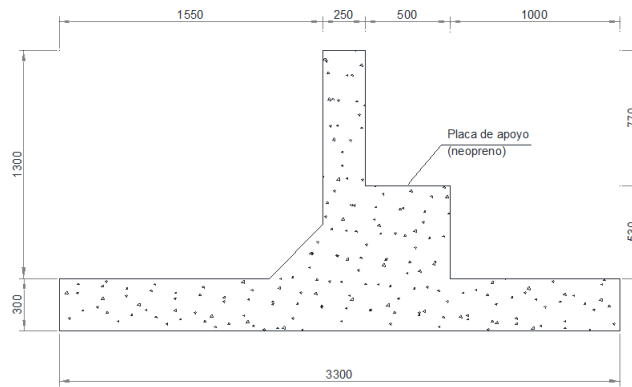
$$P = (VDC + VDW + VLL)n + P_{\text{pestribo}}$$

Siendo  $n$ : el número de vigas

$$P = (8.26 + 1.32 + 21.49)(14) + 86.06 = 563.04 \text{ Tonf}$$

La carga previamente calculada es para una separación de 1.5 m que es el ancho tributario de las vigas, para determinar el esfuerzo de contacto, se obtendrá la carga por  $\text{m}^2$ .

$$q_c = \frac{P}{22\text{m} * 3.33\text{m}} = 7.68 \frac{\text{Tonf}}{\text{m}^2}$$



**Ilustración 3.5 Geometría de sección transversal del estribo.**

### 3.6 Capacidad del suelo

La capacidad de carga del suelo se calcula mediante la ecuación de general de Meyerhof para cargas verticales que actúan perpendicular a la superficie de contacto.

$$q_{ult} = cN_cS_c d_c + qN_qS_q d_q + 0.5\gamma B'N_\gamma S_\gamma d_\gamma \quad (3.5)$$

Siendo los estribos los elementos en contacto con el suelo y teniendo las dimensiones mostradas en el Figura 3.5, en aquella no se observa su longitud total, la cual es de 22 m (ancho del puente). La profundidad de desplante es inexistente ya que los estribos se asientan superficialmente sobre los gaviones.

Para los estribos, se consideraron las siguientes dimensiones:

- Df (profundidad de desplante): 0 m
- B (ancho): 3.33 m
- L (longitud): 22 m

Para los gaviones, se consideraron los siguientes parámetros:

- C (cohesión):  $0 \frac{\text{Tonf}}{\text{m}^2}$
- $\gamma$  (peso específico):  $2 \frac{\text{Tonf}}{\text{m}^3}$
- $\phi$  (ángulo de fricción interna del suelo):  $40^\circ$

Para considerar aplicable la ecuación de Meyerhof, la relación de Df/B debe ser menor o igual a 2.5. Para el presente caso, la relación Df/B es igual a cero debido

a que los estribos se encuentran ubicado superficialmente por lo cual Df es igual cero.

Los factores de capacidad de carga para la ecuación de Meyerhof son los siguientes:

- De acuerdo con el ángulo de fricción

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan (1.4\phi)$$

- De profundidad

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}; \text{ para cualquier } \phi$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D}{B}; \phi > 10^\circ$$

- De forma

$$s_c = 1 + 0.2 K_p \frac{B}{L}; \text{ para cualquier } \phi$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{D}{B}; \phi > 10^\circ$$

En donde  $K_p$ , se obtiene mediante

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

Aplicando las ecuaciones especificadas anteriormente para el caso de estudio, se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la tabla a continuación:

**Tabla 3.2 Valores de Coeficientes Ecuación Meyerhof.**

Coeficiente	Valor
$N_q$	64.20
$N_c$	75.31
$N_\gamma$	93.69
$K_p$	4.60
$d_c$	1.00

$d_q = d_\gamma$	1.00
$s_c$	1.14
$s_q = s_\gamma$	1.07

Con los valores de los coeficientes definidos en la Tabla 3.2, se llega a conocer la capacidad de carga última reemplazando estos valores en la ecuación (3.5).

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c + qN_q S_q d_q + 0.5\gamma B' N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

$$q_{ult} = (0)(75.31)(1.14)(1.00) + (0)(64.20)(1.07)(1.00)$$

$$+ 0.5(2.00)(3.33)(93.69)(1.07)(1.00)$$

$$q_{ult} = 333.71 \text{ tonf/m}^2$$

Aplicando un factor de seguridad  $F_s = 3$ , se obtiene la capacidad de carga admisible.

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{3}$$

$$q_{adm} = 111.24 \text{ tonf/m}^2$$

Obtenida la capacidad de carga admisible del suelo, correspondiente a gaviones en el caso de estudio, se pudo confirmar que esta es mayor al esfuerzo de contacto transmitido por los estribos.

$$q_{adm} = 111.24 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} > q_c = 7.68 \frac{\text{Tonf}}{\text{m}^2}$$

### 3.7 Asentamientos

Se considera que los asentamientos generados debido a la carga transmitida hacia los gaviones son despreciables debido a las características a este material en el cual únicamente ocurren asentamientos elásticos inmediatos de muy baja magnitud.



# CAPÍTULO 4

## 4. PRESUPUESTO

El proyecto se compone de 6 rubros, que se dividen en 3 grupos:

### 1. Visita a obra.

- 1.1 Relevamiento de dimensiones tablero.
- 1.2 Relevamiento de dimensiones vigas doble tee.
- 1.3 Relevamiento de dimensiones estribos de hormigón.

### 2. Digitalización de documentos.

- 2.1 Escaneo de planos físicos existentes.
- 2.2 Dibujo planos en AutoCAD de plantas y alzados de vigas, estribos, tablero y diafragma en escalas según corresponda el detalle.

### 3. Análisis de estructura.

- 3.1 Análisis manual y computacional método estándar para determinar la capacidad resistente del puente y recomendaciones.
- 3.2 Informe Estructural: Planos digitales, evaluación de la estructura, y recomendaciones del diseño.

## 4.1 EDT

La forma más idónea para identificar el proceso a seguir a lo largo del proyecto es mediante un EDT (estructura de desglose de trabajo), esta nos ayuda a subdividirlo en paquetes de trabajo que pueden ser controlados de forma eficiente en su tiempo de ejecución, monitoreados y presupuestados.

Los entregables resultantes del proyecto son:

- Planos digitalizados AS BUILT estructurales del puente, implantado en sitio junto con los detalles de estribos, vigas, losa y requerimiento de acero utilizado.
- Informe detallado de los cálculos de comprobación acorde a las normas vigentes ACI, ASCE y normas locales; incluyendo las recomendaciones pertinentes según criterio ingenieril.

- Presupuesto detallado por rubros necesarios para la elaboración del presente proyecto.
- Estudio de impacto ambiental.

El EDT de la evaluación se puede observar en el Anexo B.

## **4.2 Descripción de rubros**

### **1.1 Relevamiento de dimensiones tablero.**

Se hace la visita a sitio se toman medidas de los tableros de carriles en las dos direcciones, se toma las medidas generales de plataforma, así como el ancho de carriles y bermas. Estas medidas son contrastadas y complementadas con la información otorgada sobre la disposición de la plataforma total.

### **1.2 Relevamiento de dimensiones vigas doble tee.**

Se hace la visita a sitio con la ayuda de herramientas de medición como flexómetro y cinta, se corroboran las dimensiones de una viga doble tee unitaria, se anota también la forma en que están dispuestas a lo ancho del tablero total del puente.

### **1.3 Relevamiento de dimensiones estribos de hormigón.**

Con la ayuda de la información existente en planos físicos, se corrobora de la forma más detallada posible las dimensiones de diseño indicadas. Se trata de acudir en el momento que el nivel de agua se encuentre más favorable para poder acercarse e ingresar a la zona de estribos de tal forma que se tenga fidelidad en las medidas tomadas de forma física.

### **2.1 Escaneo de planos físicos existentes.**

Como ayuda adicional previo al dibujo del proyecto AS BUILT, se hace la digitalización de los planos físicos existentes facilitados por la autoridad de ESPO. L.

### **2.2 Dibujo planos en AutoCAD de plantas y alzados de vigas, estribos, tablero y diafragma en escalas según el detalle.**

Dibujado en programa AutoCAD, del proyecto AS BUILT de elementos de super estructura y subestructura; de forma arquitectónica en su disposición, orientación con respecto al lugar de implantación. Así como detallamiento en plantas y alzados de empalmes, disposiciones y conexiones entre elementos de forma acotada. Por

otro lado, también se dibuja los detallamientos estructurales necesarios de los elementos de super estructura en alzados, disposición de acero de refuerzo pasivo y activo. En los elementos de subestructura se hace el detallamiento del tipo de hormigón requerido y la disposición de colocación de elementos no estructurales complementarios de soporte entre la subestructura y el lecho del lago.

### **3.1 Análisis manual y computacional método estándar para determinar la capacidad resistente del puente y recomendaciones.**

Con base de las normativas dispuestas por la ACI, ASCE, NEC Y el ministerio de transporte y obras públicas, se realizan las ecuaciones pertinentes para encontrar la capacidad que posee la super estructura (vigas preforzadas doble tee y losa de hormigón) para compararlo con la demanda requerida conforme el tipo de camión estándar estipulado por el elemento de control nacional (NEVI 12) de tal forma que se determine si es suficiente o si se debe realizar algún rediseño de apoyo para soportar el paso de tráfico pesado y continuo.

### **3.2 Informe estructural: Planos digitales, evaluación de la estructura, y recomendaciones del diseño.**

Se elabora un informe donde se presenta los cálculos en base a un diseño sustentado en las normativas vigentes. Las recomendaciones y sugerencias para la conservación y prolongación de vida útil del puente construido. De igual forma se entrega un archivo digital (.dwg) de los planos estructurales, y su presentación laminada para presentación a las autoridades municipales pertinentes (de ser requerido a futuro).

### **4.3 Cronograma de obra**

El cronograma, según el presente proyecto, correspondería a el cronograma de la evaluación del puente se puede observar en el Anexo C.

**Tabla 4.1 Cuadro General de Presupuesto**

<b>TITULO: Análisis de la Capacidad Resistente del Puento sobre la cola del Lago PARCON ESPOL</b>					
<b>UBICACIÓN: ESPOL-Guayaquil, Ecuador</b>					
<b>FECHA: 18 ENERO 2022</b>					
<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL: TABLA DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS</b>					
<b>RUBRO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
	<b>1. Visita a obra</b>				
1	1.1 Relevamiento de dimensiones tablero	m2	484	1	\$ 484.00
2	1.2 Relevamiento de dimensiones vigas doble tee	m2	24	1	\$ 24.00
3	1.3 Relevamiento de dimensiones estribos de hormigón	m2	73	1	\$ 73.00
	<b>2. Digitalización de documentos</b>				
4	2.1 Escaneo de planos físicos existentes	u	5	2	\$ 10.00
5	2.2 Dibujo planos en autoCAD de plantas y alzados de: vigas, estribos, tablero y diafragma en escalas 1:25 1:50 1:100 según el detalle.	u	5	50	\$ 250.00
	<b>3. Análisis de estructura</b>				
6	3.1 Análisis manual y computacional método estándar determinar la capacidad resistente del puente. Y recomendaciones.	m2	484	2.8	\$ 1 355.20
7	3.2 Informe estructural: Planos digitales. evaluación de la estructura, y recomendaciones del diseño.	u	1	600	\$ 600.00
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 2 796.20</b>

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

La relación Demanda - Capacidad para el camión de diseño HL 93 es 1.07 mientras que para el camión HS 15-44 (el cual equivale al 75% del camión de diseño anterior) su relación DC es 0.87. Los camiones poseen un peso de 33 Ton y 25 Ton respectivamente, lo cual por una interpolación se concluye que el puente posee una capacidad de hasta 30 Ton de peso para circulación, equivalente a un camión de máximo 3 ejes.

Esto tiene sentido dado a que se espera que vehículos comerciales como los tractocamiones cuyo peso máximo es de 48 Ton no circulen en una institución académica. Los vehículos de mayor categoría que acceden a la vía son buses de pasajeros, cuyo peso máximo puede llegar hasta 20 Ton.

La variación entre la capacidad a flexión de la viga calculada a mano y la determinada por medio del programa se puede deber a los modelos constitutivos de las curvas esfuerzo-deformación usados para cada material, además de la fuerza de presfuerzo tomada para cada torón. Otro motivo por el cual se tiene esta diferencia es porque el  $M_p$  que da el SAP2000 es el máximo momento probable obtenido con una mayoración del esfuerzo de fluencia del acero.

El hormigón presforzado es una buena solución para este tipo de estructuras dado a que se controla los esfuerzos de tensión y compresión en el hormigón, además de reducir deformaciones, permitiendo así mayores luces que el hormigón convencional.

La descarga del puente al suelo ( $7.7 \text{ Ton/m}^2$ ) es mucho menor a comparación de la capacidad de este ( $111.2 \text{ Ton/m}^2$ ), es por ese motivo que no se hace uso de pilotes ni secciones muy grandes para el estribo. Esto sucede dado a que el puente se asienta sobre gaviones, los cuales aumentan considerablemente la capacidad admisible del suelo.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda siempre preservar o solicitar, ya sea en una documentación física o digital, toda la información disponible para la evaluación de un proyecto (Planos estructurales, arquitectónicos, memorias técnicas, estudios de suelo, entre otros).

Se debe tomar en cuenta a la hora de evaluar una sección en el programa sap2000 la información que se le está suministrando al programa y la metodología que este usa al determinar los datos de salida, tal como lo son las ecuaciones usadas para las curvas esfuerzo-deformación para cada material que componen la sección.

Las visitas técnicas son de mucha utilidad cuando se desea evaluar una estructura, así se puede verificar que lo que está en los planos es lo mismo que lo que se encuentra en el área de estudio. Además de que se puede verificar las patologías presentes que puedan existir, como fisuras, corrosión, asentamientos, etc.

En caso de no tener planos estructurales o información de los materiales usados, se recomienda hacer ensayos in situ en la estructura, tales como pruebas de carbonatación, escaneos de la armadura, extracción de cilindros de hormigón, entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, T., Pandey, A., & Kumar, A. (2017). Evaluation of flood impacts vis-à-vis urban sprawl and changing climate in Srinagar city and its environs. *SGVU J CLIM WATER*, 4, 38-46.
- American Association of State (2017). Highway and Transportation Officials Low Resistance Factor Design (AASHTO LRFD) Bridge Design Specifications.
- Asociación Americana de Psicología (2020). "El Marco Metodológico de la Tesis ¿Cómo elaborarlo?". Disponible en: <http://normasapa.net/marco-metodologico-tesis/>
- AASHTO. (1996). Standard Specifications for highway bridge. Washington: 16<sup>th</sup> Ed.
- AASHTO (2002). Standard Specifications for Highway Bridges, 17<sup>th</sup> ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.
- AASHTO. (2004). Especificaciones para el diseño de puentes por el método LRFD. Washington: 3<sup>th</sup> Ed.
- AASHTO (2010) LRFD Bridge Design Specification, 5<sup>th</sup> ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.
- Barrantes, Rodrigo. (2019). "Investigación: Un Camino al Conocimiento, un Enfoque Cualitativo y Cuantitativo". San José, Costa Rica: EUNED.
- Bisquerra, Rafael. (2015). "Métodos de Investigación Educativa". Barcelona: CEAC Educación Manuales.
- Castro, M. (2003). El proyecto de investigación y su esquema de elaboración. (2<sup>a</sup>. ed.). Caracas: Uyapal.
- Cerda, Hugo. (2011). "Los Elementos de la investigación" (3<sup>a</sup>. ed.). Bogotá: El Buhó.
- Diccionario de la Real Academia Española (2020).
- Dominique Gauzin-Müller, Nicolas Favet, Birkhäuser (2002). Publishers for Architecture, Switzerland

- Duarte- Bonilla, C.E., Martínez- Chavarria, M. E., Santamaría – Díaz, J.J. (2017). Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la Universidad de El Salvador. Trabajo de la Universidad de El Salvador para optar al título de Ingeniero Civil.
- Geo-Environmental, E. a. (2014). Hydraulics Design Manual. Oregon Department of Transportation Highway Division.
- Guillén- García D. J. (2018). Análisis técnico-económico del puente vehicular continuo “Inca Moya” de concreto armado y de acero estructural según la norma AASHTO-LRFD. Trabajo de Ingeniería Civil presentado a la Universidad San Ignacio de Loyola, Perú.
- Hernández, Fernández y Baptista (2014). “Metodología de la Investigación”. Sexta edición. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores.
- Hwang, E. S. and A. S. Nowak (1991b). Dynamic Analysis of Girder Bridges, Transportation Research Record 1223, National Research Council, Washington, DC.
- Jiménez Fernández (2017). “Técnicas de investigación”. Editorial Paraninfo.
- Mijares, F. J. (1992). Fundamentos de Hidrología de Superficie. México D.F: Limusa S.A.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2021). Norma Ecuatoriana de la Construcción EC-SE-DS. <https://www.obraspublicas.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec-se-ds/>
- National Bank for Agriculture and Rural Development, [www.nabard.org](http://www.nabard.org) Plastic Architecture – Building the Biodome, Mary Bellis, [www.inventors.about.com](http://www.inventors.about.com)
- Nilson, A. (2011). Diseño de estructuras de concreto. Bogotá – Colombia: Graw Hill.
- Oueslati, W., Alvanides, S., & Garrod, G. (2015). Determinants of urban sprawl in European cities. Urban Studies, 52, 1594-1614.
- Palella, S. y Martins, F. (2008). Metodología de la Investigación Cuantitativa (2ª Edición). Caracas: FEDUPEL.



Ramírez, Libia Elena et al. (2017). "Paradigmas y modelos de investigación". Guía didáctica y modulo. Colombia: Fundación Universitaria Luis Amigó. Recuperado de <http://virtual.funlam.edu.co/repositorio/sites/default/files/repositorioarchivos/2011/02/0008paradigmasymodelos.771.pdf>

Ramírez, M. R. (8 de Abril de 2021). Estimación del Coeficiente de Escorrentía "C" y su análisis a través de variables determinantes de la respuesta hidrológica mediante el estudio de tres cuencas urbanas de la ciudad de Cuenca-Ecuador. Trabajo de titulación. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Sustainable Architecture and Urbanism: Concepts, Technologies, Examples,

Te Chow, V., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología Aplicada. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.

Torres, Isabel. (2017). "Las fuentes de información: estudios teórico-prácticos" (págs. 29-42). Madrid: Síntesis.

USDA. (Marzo de 2020). National Engineering Handbook Part 630 - Hydrology. United States of America.

Wong Chauvet, D. (2009). Del caos al orden. Guayaquil y su desarrollo urbano actual. Ciudades, 179-191.

Yépez, J. M. (10 de octubre de 2021). Guayaquil se inunda por mareas altas y falta de drenaje. Guayaquil se inunda por mareas altas y falta de drenaje.

Zope, P. E., Eldho, T. I., & Jothiprakash, V. (2016). Impacts of land use–land cover change and urbanization on flooding: A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India. CATENA, 145, 142-154.

## **ANEXOS Y PLANOS**

## Anexo A (Cálculo de pérdidas ante cargas de servicio)

### Propiedades geométrica de la viga

$$A_g := 0.284 \text{ m}^2$$

$$h := 0.66 \text{ m}$$

$$y_b := 0.465 \text{ m}$$

$$y_t := h - y_b = 0.195 \text{ m}$$

$$I_x := 0.072 \text{ m}^4$$

$$L := 16 \text{ m}$$

### Propiedades geométricas de acero

$$N_p := 18$$

$$A_b := 0.988 \text{ cm}^2 = 0.153 \text{ in}^2$$

$$A_p := N_p \cdot A_b = 2.757 \text{ in}^2$$

$$d_p := 620 \text{ mm}$$

$$e_c := d_p - y_t = 42.5 \text{ cm}$$

### Propiedades mecánicas de los materiales

$$f_{pu} := 270 \text{ ksi}$$

$$f_{py} := 0.9 \cdot f_{pu} = 243 \text{ ksi}$$

$$f_{pi} := 0.75 \cdot f_{pu} = 202.5 \text{ ksi}$$

$$0.8 \cdot f_{py} = 194.4 \text{ ksi}$$

$$E_p := 28500 \text{ ksi}$$

$$w_c := 0.15 \frac{\text{kip}}{\text{ft}^3}$$

$$f'_c := 6.5 \text{ ksi}$$

$$f'_{ci} := 5.8 \text{ ksi}$$

$$E_{cb} := 33000 \cdot \left( w_c \cdot \frac{ft^3}{kip} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{f'_c \cdot ksi} = (4.888 \cdot 10^3) \text{ ksi}$$

$$E_{cib} := 33000 \cdot \left( w_c \cdot \frac{ft^3}{kip} \right)^{1.5} \cdot \sqrt{f'_{ci} \cdot ksi} = (4.617 \cdot 10^3) \text{ ksi}$$

### Cálculo de pérdida por acortamiento elástico

$$q_g := 0.672 \frac{\text{tonnef}}{m}$$

$$0.75 f_{pu} = 202.5 \text{ ksi}$$

$$M_g := \frac{q_g}{8} \cdot L^2 = 21.504 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$loss := 5.692\%$$

$$F_i := A_b \cdot 0.75 f_{pu} \cdot (1 - loss) = 29.246 \text{ kip}$$

$$P_i := 18 \cdot F_i = 526.424 \text{ kip}$$

$$f_{cgp} := \frac{P_i}{A_g} + \frac{P_i \cdot e_c^2}{I_x} - \frac{M_g \cdot e_c}{I_x} = 1.867 \text{ ksi}$$

$$\Delta f_{pES} := \frac{E_p}{E_{cib}} f_{cgp} = 11.527 \text{ ksi}$$

$$loss := \frac{\Delta f_{pES}}{0.75 \cdot f_{pu}} \cdot 100 = 5.692$$

### Cálculo de pérdida por contracción

$$H := 70\%$$

$$\Delta f_{pSR} := (17 - 0.15 \cdot H \cdot 100) \text{ ksi} = 6.5 \text{ ksi}$$

### Cálculo de pérdida por deslizamiento de acero

$$q_s := 0.36 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$q_{ws} := 0.165 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

$$M_s := \frac{q_s}{8} \cdot L^2 = 11.52 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_{ws} := \frac{q_{ws}}{8} \cdot L^2 = 5.28 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_b := 0 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$y_{bs} := 0.05 \text{ h} = 1.299 \text{ in}$$

$$y_{bc} := 0.536 \text{ m}$$

$$I_{cx} := 0.13 \text{ m}^4$$

$$\Delta f_{cdp} := \frac{M_s \cdot e_c}{I_x} + \frac{(M_{ws} + M_b) \cdot (y_{bc} - y_{bs})}{I_{cx}} = 0.126 \text{ ksi}$$

$$\Delta f_{pCR} := 12 \cdot f_{cgp} - 7 \cdot \Delta f_{cdp} = 21.528 \text{ ksi}$$

### Cálculo de pérdida por relajación de torones

$$\Delta f_{pR2} := 30\% \cdot (20 \text{ ksi} - 0.4 \cdot \Delta f_{pES} - 0.2 \cdot (\Delta f_{pSR} + \Delta f_{pCR})) = 2.935 \text{ ksi}$$

### Pérdidas totales ante cargas de servicio

$$\Delta f_{pT} := \Delta f_{pES} + \Delta f_{pSR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pR2} = 42.49 \text{ ksi}$$

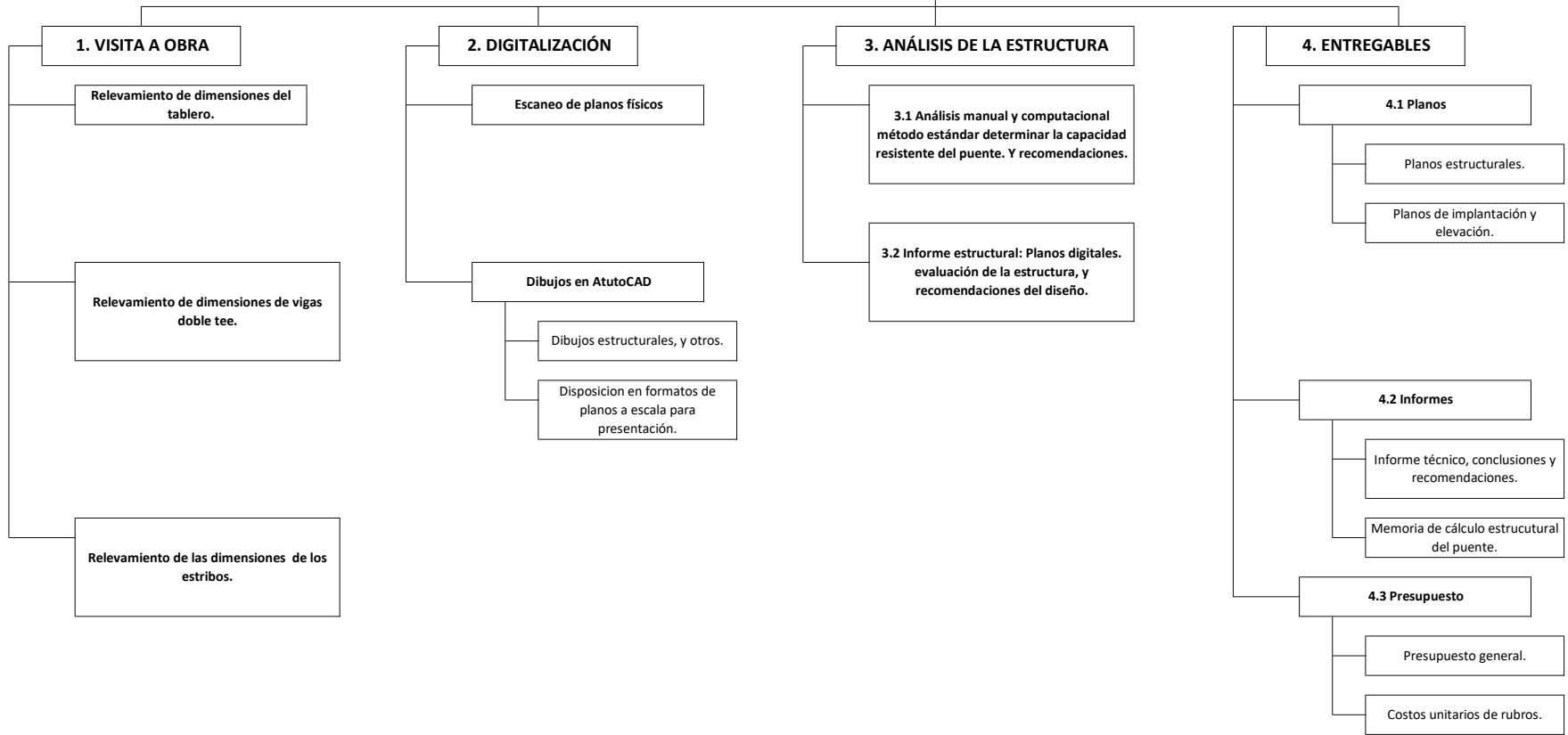
$$f_{pe} := f_{pi} - \Delta f_{pT} = 160.01 \text{ ksi}$$


### Fuerza de prefuerzo ante carga de servicio

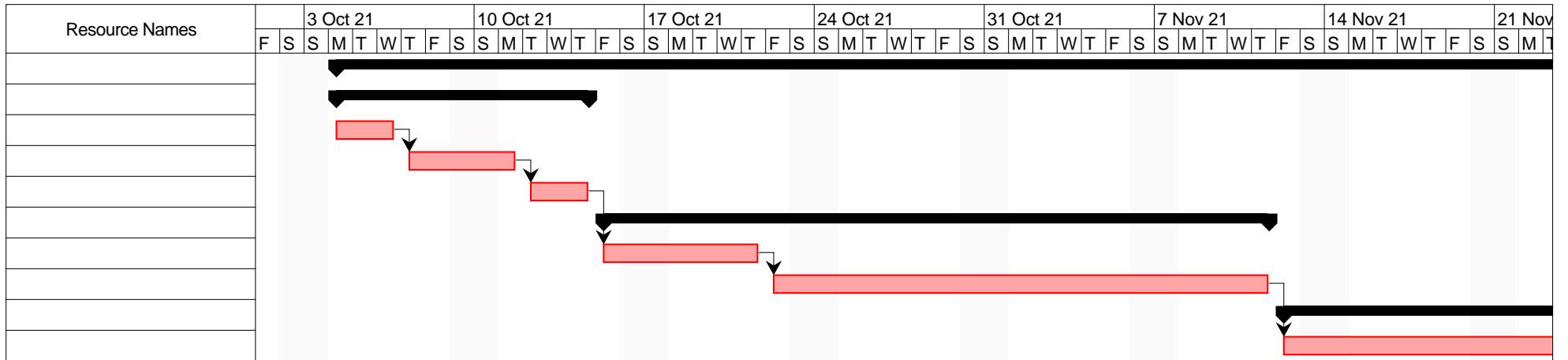
$$P_{pe} := f_{pe} \cdot A_b = 11.115 \text{ tonnef}$$

PROYECTO: Análisis de la Capacidad Resistente del Puente sobre la cola del Lago PARCON ESPOL	INTEGRANTES: Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu
<b>ESTRUCTURA DE DESGLOCE DE TRABAJO</b>	

**Análisis de la Capacidad Resistente del Puente sobre la cola del Lago PARCON ESPOL**

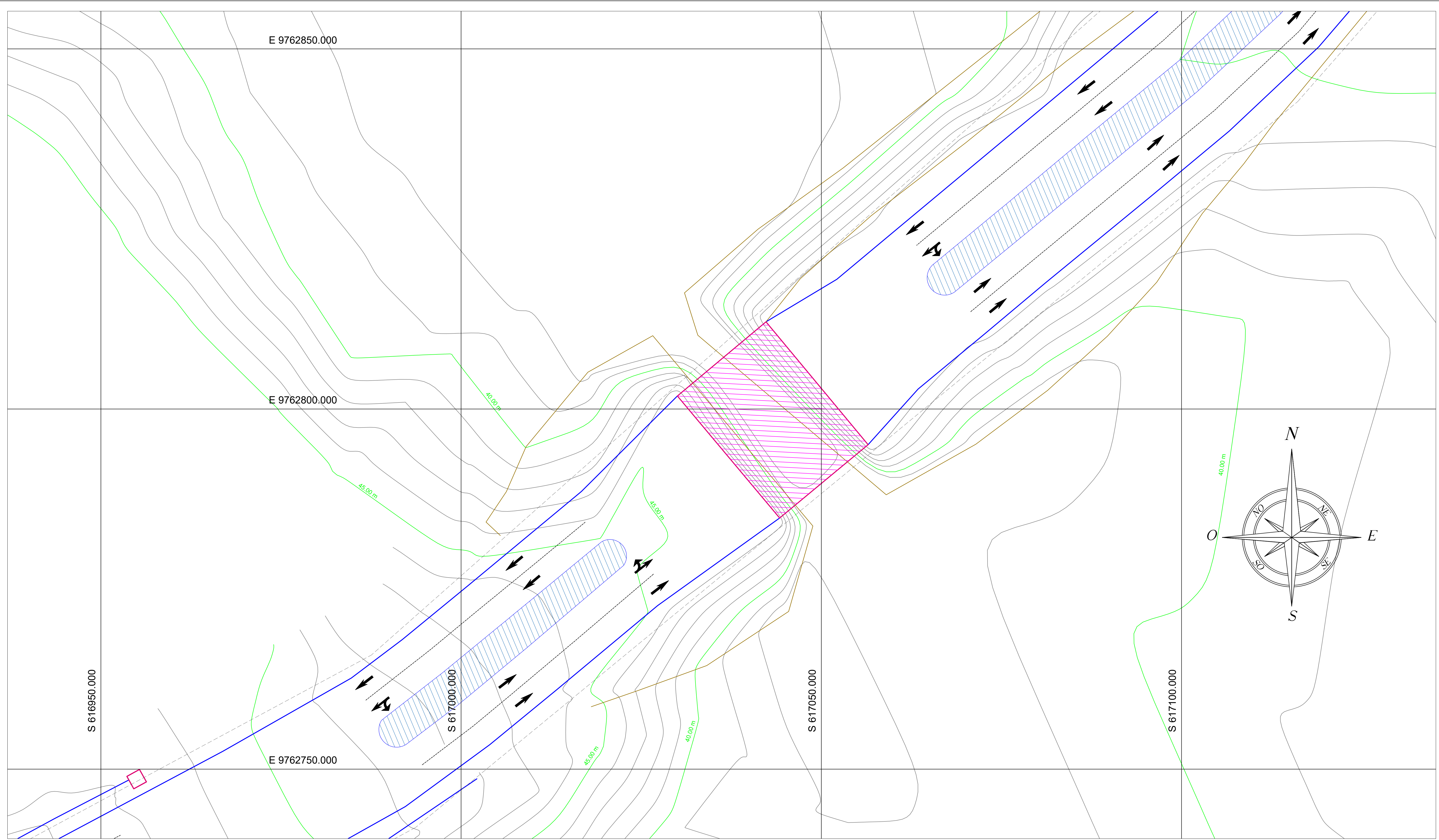


		Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1		<b>Análisis de la Capacidad Resistente del Puente s...</b>	<b>59 days</b>	<b>10/4/21 8:00 AM</b>	<b>12/23/21 5:00 PM</b>	
2		<b>Visita a obra</b>	<b>9 days</b>	<b>10/4/21 8:00 AM</b>	<b>10/14/21 5:00 PM</b>	
3		Relevamiento de dimensiones tablero	3 days	10/4/21 8:00 AM	10/6/21 5:00 PM	
4		Relevamiento de dimensiones vigas doble T	3 days	10/7/21 8:00 AM	10/11/21 5:00 PM	3
5		Relevamiento de dimensiones estribos de hormigon	3 days	10/12/21 8:00 AM	10/14/21 5:00 PM	4
6		<b>Digitalizacion de documentos</b>	<b>20 days</b>	<b>10/15/21 8:00 AM</b>	<b>11/11/21 5:00 PM</b>	
7		Escaneo de planos fisicos existentes	5 days	10/15/21 8:00 AM	10/21/21 5:00 PM	5
8		Dibujo planos en autoCAD de plantas y alzados de: ...	15 days	10/22/21 8:00 AM	11/11/21 5:00 PM	7
9		<b>Analisis de estructura</b>	<b>30 days</b>	<b>11/12/21 8:00 AM</b>	<b>12/23/21 5:00 PM</b>	
10		Analisis manual metodo estandar determinar la capa..	30 days	11/12/21 8:00 AM	12/23/21 5:00 PM	8

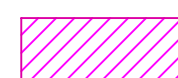
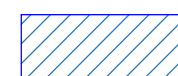






21				28 Nov 21				5 Dec 21				12 Dec 21				19 Dec 21				26 Dec 21				2 Jan 22				9 Jan 22				16 Jan 22													
W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S
[Redacted]																																													
[Redacted]																																													
[Redacted]																																													



**SIMBOLOGÍA**

-  PUENTE
-  PARTERRES
-  ACERA
-  DIRECCIÓN DE TRÁFICO

**UBICACIÓN**

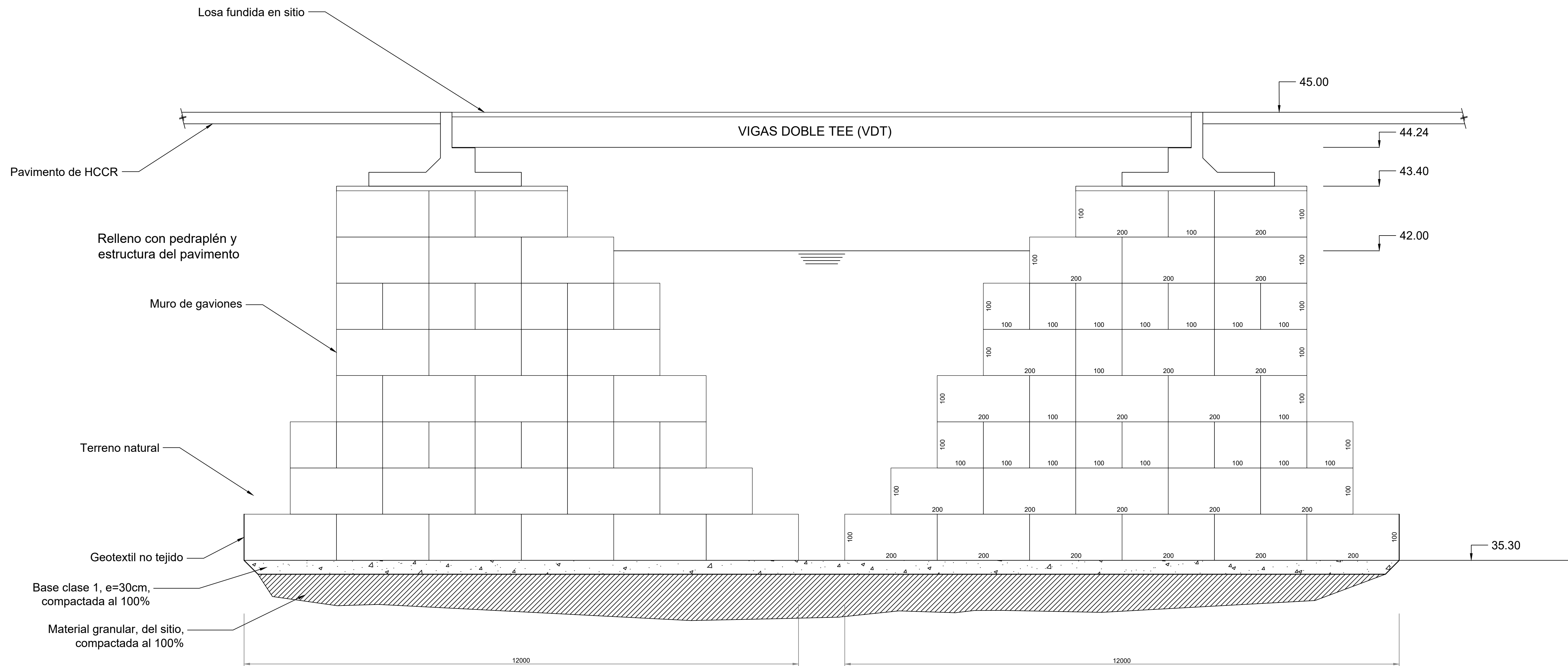
CANTÓN: GUAYAQUIL  
 CIUDAD: GUAYAQUIL  
 ESPOL - CAMPUS "GUSTAVO GALINDO VELASCO"  
 ZONA 1: CTI (ZEDE)

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**Análisis de la Capacidad Resistente del Puente sobre la cola del lago PARCON**

CONTENIDO:  
**IMPLANTACIÓN DEL PUENTE**

Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Específicos: Dist. Int. Carola Zavala M. Sc. Danilo Dávila Ph.D. Natividad García	Estudiante: Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Guillermo Muñoz		Lámina: 1/7	Escala: Indicada



## ELEVACIÓN

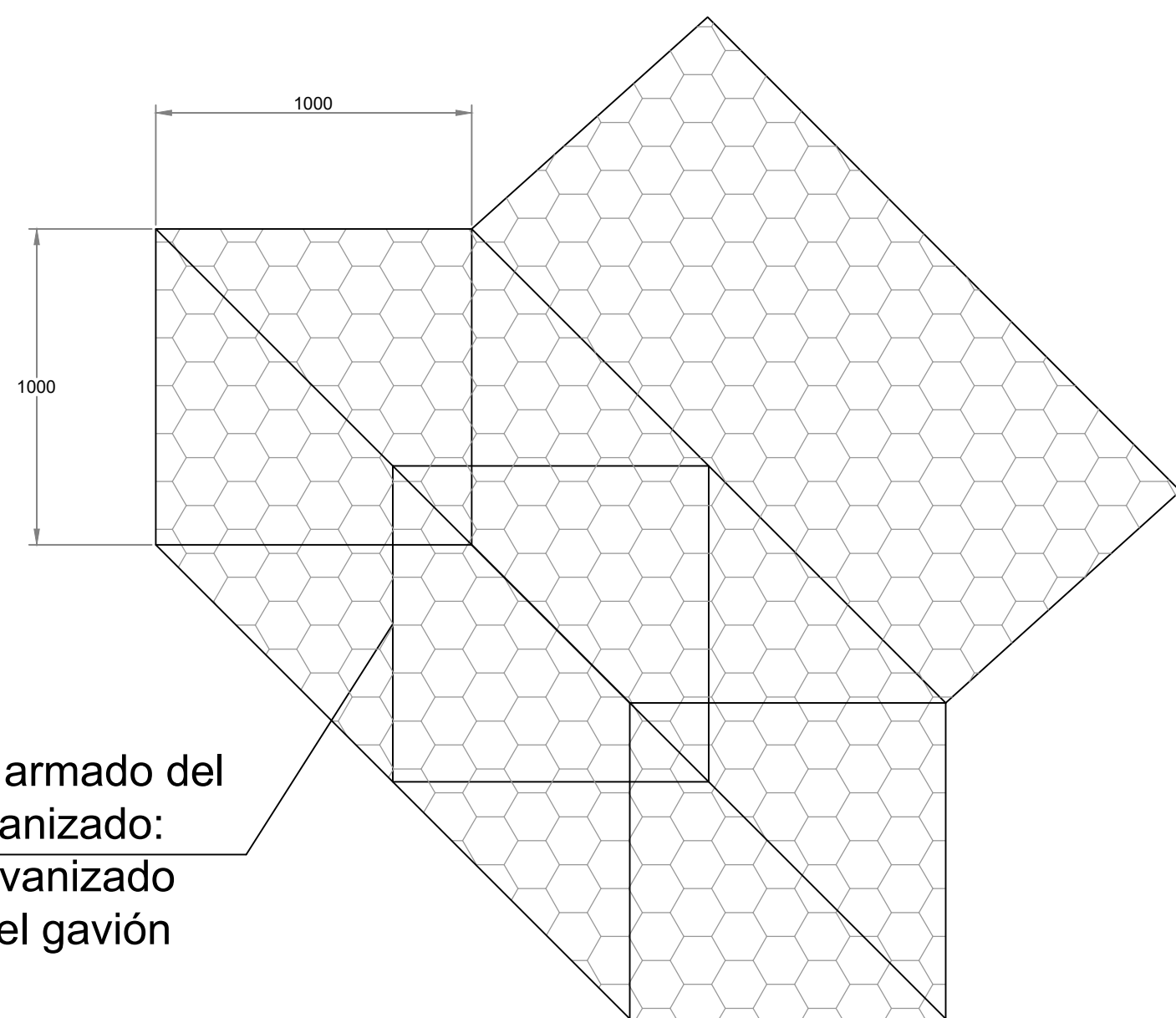
Escala 1:50

### RESUMEN:

- Gaviones galvanizados
- Geotextil No tejido
- Estribos prefabricados f'c 45MPa, 330x316x160
- Placas de neopreno 300x120x1 (cm) dureza Shore 60
- Vigas Doble Tee prefabricadas f'c 45 MPa, L=10m
- Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A, f'c 45MPa, para vigas
- Acero en varillas fy 420MPa, para vigas
- Acero para prefuerzo (cables) fpu 1900 MPa, para vigas
- Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A, f'c 28MPa,
- Acero en varillas fy 420 MPa
- Barreras guardacamino, con postes metalicos c/3m max

## NOTAS GENERALES

1. Las dimensiones de los elementos estructurales estan en cm; diametros de varillas en mm. Entre parentesis se indica las longitudes de las varillas de refuerzo (en cm). Cotas y niveles, en m.
2. Previo a la ejecucion de los trabajos, el Contratista debera presentar para revision y aprobacion del Fiscalizador los planos de taller y la metodologia constructiva, en la que debera detallar y considerar todos los elementos de apuntalamiento y soporte temporal requeridos para la instalacion de los elementos prefabricados y para la fundicion en sitio.
3. Se ejecutara ensayos de control de calidad conforme los requerimientos establecidos en las Especificaciones del Proyecto y/o en las normas MTOP-001-F 2002. Se aplicara procedimientos de ensayos segun INEN, ASTM, AASHTO, AASHTO-AWS.



ISOMETRÍA - GAVIÓN  
Escala 1:20

## MATERIALES

**HORMIGON**  
Elementos estructurales prefabricados f'c45MPa, fci 40 MPa, A/C max 0.40  
Elementos estructurales fundidos en sitio f'c 28 MPa, A/C max 0.40  
Replantiillo (hormigon de limpieza) f'c 15MPa

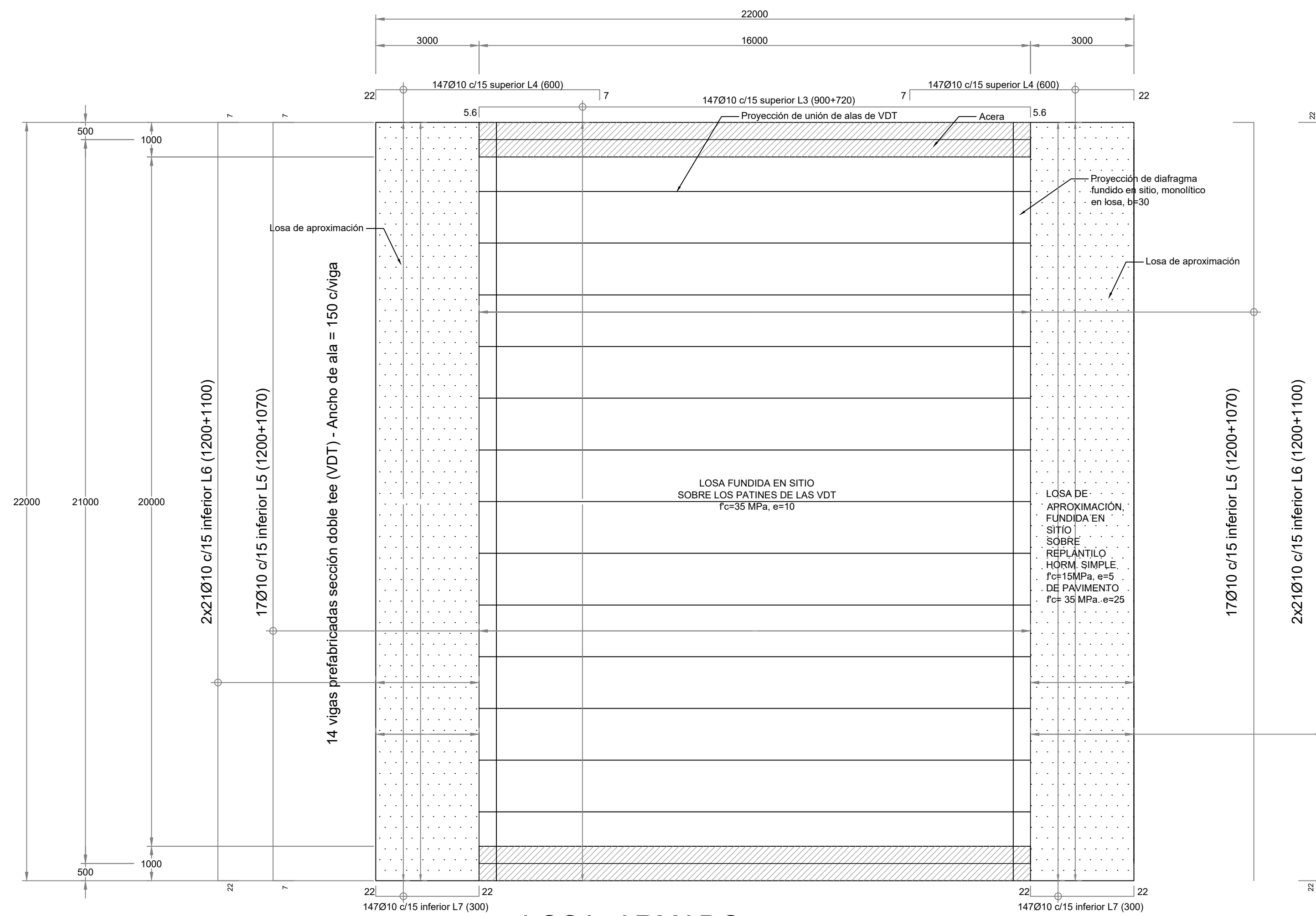
**ACERO DE REFUERZO EN VARILLAS**  
Elementos estructurales prefabricados fy 420 MPa  
Elementos estructurales fundidos en sitio fy 420 MPa

**ACERO PARA PREFUERZO**  
Cumplira la norma ASTM-416; fpu 1900MPa

**NEOPRENO**  
Dureza Shore 60

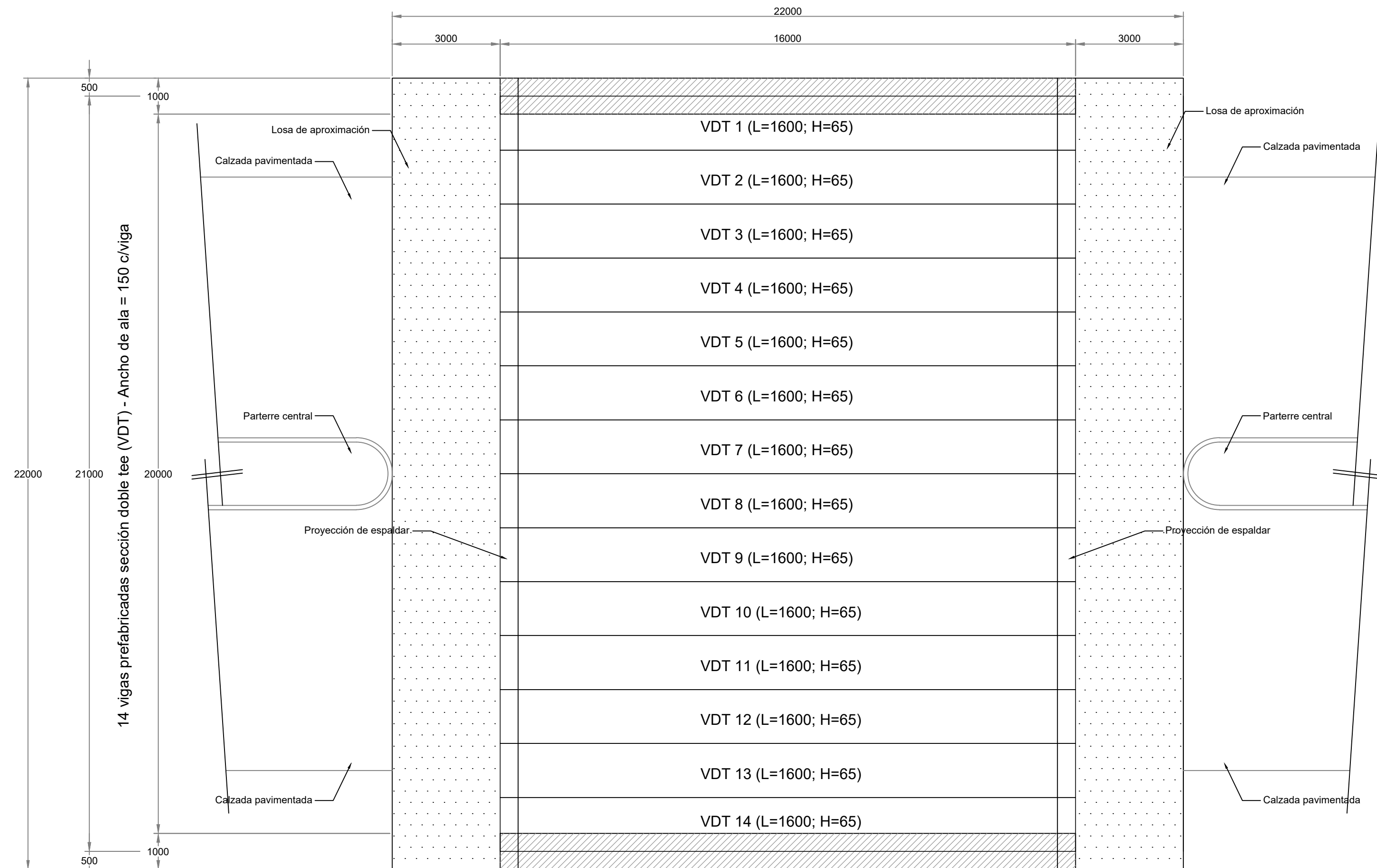
<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>Análisis de la Capacidad Resistente del Puente sobre la cola del lago PARCON</b>			
CONTENIDO: <b>ELEVACIÓN Y DETALLE DE GAVIONES</b>			
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Especificos: Dist. Int. Carola Zavala M. Sc. Danilo Dávila Ph.D. Natividad García	Estudiante: Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Guillermo Muñoz		Lámina: 2/7	Escala: Indicada





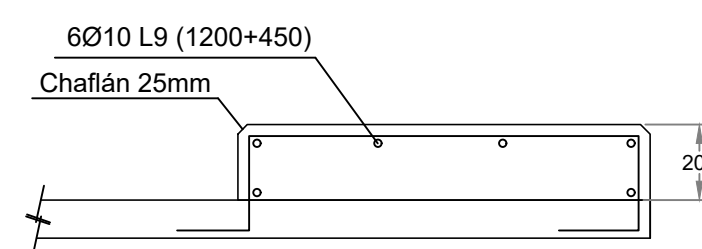
**LOSA: ARMADO**

Escala 1:100



**LOSA: GEOMETRÍA**

Escala 1:100



**ACERA**

Escala 1:20

**RESUMEN:**

- Gaviones galvanizados
- Geotextil No tejido
- Estribos prefabricados f'c 45MPa, 330x316x160
- Placas de neopreno 300x120x1 (cm) dureza Shore 60
- Vigas Doble Tee prefabricadas f'c 45 MPa, L=10m
- Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A, f'c 45MPa, para vigas
- Acero en varillas fy 420MPa, para vigas
- Acero para prefuerzo (cables) fpu 1900 MPa, para vigas
- Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A, f'c 28MPa,
- Acero en varillas fy 420 MPa
- Barreras guardacamino, con postes metalicos c/3m max

IDENT.	φ	CANTIDAD	LONGITUD			PESO		HORMIGON (m3)	OBSERVACIONES
			PARCIAL (cm)	PARCIAL (m)	TOTAL (m)	UNITARIO (kg)	TOTAL (kg)		
<b>LOSA FUNDIDA EN SITIO</b>									
L1	10	42	1200+1070	22.70	953.40	0.617	588.25		
L2	14	107	1200+1070	22.70	2428.90	1.209	2936.55		
L3	10	147	900+750	16.50	2425.50	0.617	1496.54		
L4	14	194	600	6.00	1764.00	1.209	2132.68		
L5	10	107	1200+1070	22.70	2428.90	0.617	1498.64		
L6	10	42	1200+1100	23.00	966.00	0.617	596.03		
L7	10	294	300	3.00	882.00	0.617	544.2		
L8	14	2(81)	180	1.80	291.60	1.209	352.55		Dos aceras
L9	10	2(6)	1200+450	16.50	21.60	0.617	13.33		Dos aceras

**MATERIALES**

**HORMIGON**

- Elementos estructurales prefabricados f'c45MPa, fci 40 MPa, A/C max 0.40
- Elementos estructurales fundidos en sitio f'c 28 MPa, A/C max 0.40
- Replanteo (hormigon de limpieza) f'c 15MPa

**ACERO DE REFUERZO EN VARILLAS**

- Elementos estructurales prefabricados fy 420 MPa
- Elementos estructurales fundidos en sitio fy 420 MPa

**ACERO PARA PREFUERZO**

- Cumplira la norma ASTM-416; fpu 1900MPa

**NEOPRENO**

- Dureza Shore 60

**NOTAS GENERALES**

- Las dimensiones de los elementos estructurales estan en cm; diámetros de varillas en mm. Entre parentesis se indica las longitudes de las varillas de refuerzo (en cm). Cotas y niveles, en m.
- Previo a la ejecucion de los trabajos, el Contratista debera presentar para revision y aprobacion del Fiscalizador los planos de taller y la metodologia constructiva, en la que debera detallar y considerar todos los elementos de apuntalamiento y soporte temporal requeridos para la instalacion de los elementos prefabricados y para la fundicion en sitio.
- Se ejecutara ensayos de control de calidad conforme los requerimientos establecidos en las Especificaciones del Proyecto y/o en las normas MTOP-001-F 2002. Se aplicara procedimientos de ensayos segun INEN, ASTM, AASHTO, AASHTO-AWS.

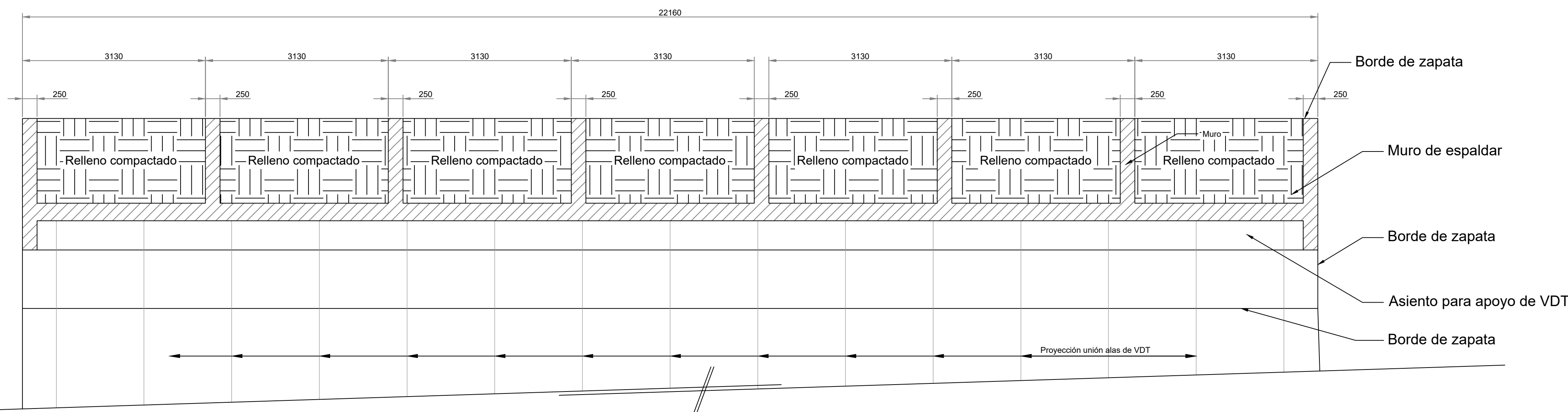
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO: **Análisis de la Capacidad Resistente del Puente sobre la cola del lago PARCON**

CONTENIDO: **DETALLAMIENTO DE LOSA**

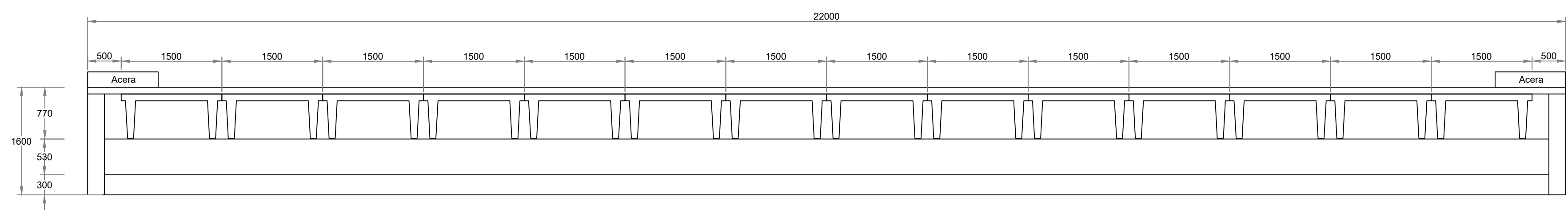
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Especificos: Dist. Int. Carola Zavala M. Sc. Danilo Dávila Ph.D. Natividad García	Estudiante: Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Guillermo Muñoz		Lámina: 3/7	Escala: Indicada

# ESTRIBO



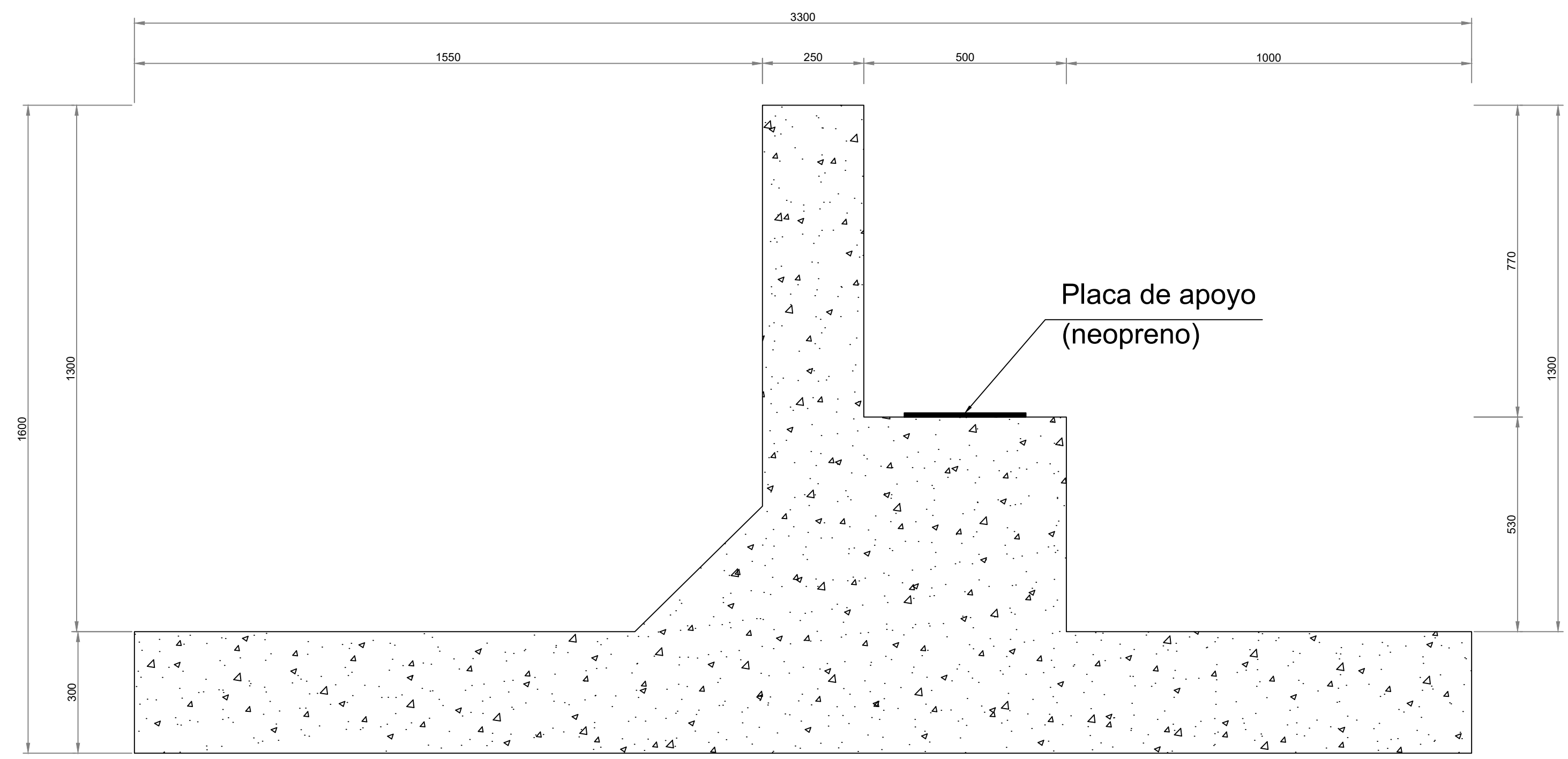
# PLANTA

Escala 1:50



# VISTA FRONTAL

Escala 1:50



# SECCIÓN TÍPICA

Escala 1:20

## RESUMEN:

- Gaviones galvanizados
- Geotextil No tejido
- Estribos prefabricados f'c 45MPa, 330x316x160
- Placas de neopreno 300x120x1 (cm) dureza Shore 60
- Vigas Doble Tee prefabricadas f'c 45 MPa, L=10m
- Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A, f'c 45MPa, para vigas
- Acero en varillas fy 420MPa, para vigas
- Acero para prefuerzo (cables) fpu 1900 MPa, para vigas
- Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A, f'c 28MPa,
- Acero en varillas fy 420 MPa
- Barreras guardacamino, con postes metalicos c/3m max

## MATERIALES

### HORMIGON

- Elementos estructurales prefabricados f'c45MPa, fci 40 MPa, A/C max 0.40
- Elementos estructurales fundidos en sitio f'c 28 MPa, A/C max 0.40
- Replantillo (hormigon de limpieza) f'c 15MPa

### ACERO DE REFUERZO EN VARILLAS

- Elementos estructurales prefabricados fy 420 MPa
- Elementos estructurales fundidos en sitio fy 420 MPa

### ACERO PARA PREFUERZO

- Cumplira la norma ASTM-416; fpu 1900MPa

### NEOPRENO

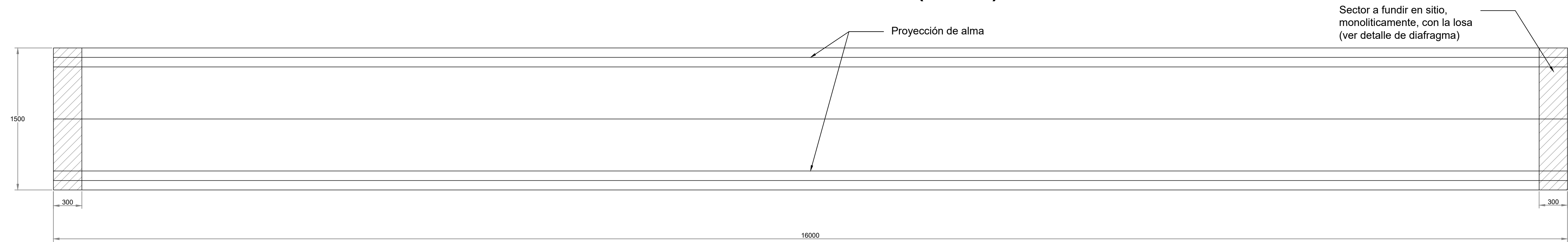
- Dureza Shore 60

## NOTAS GENERALES

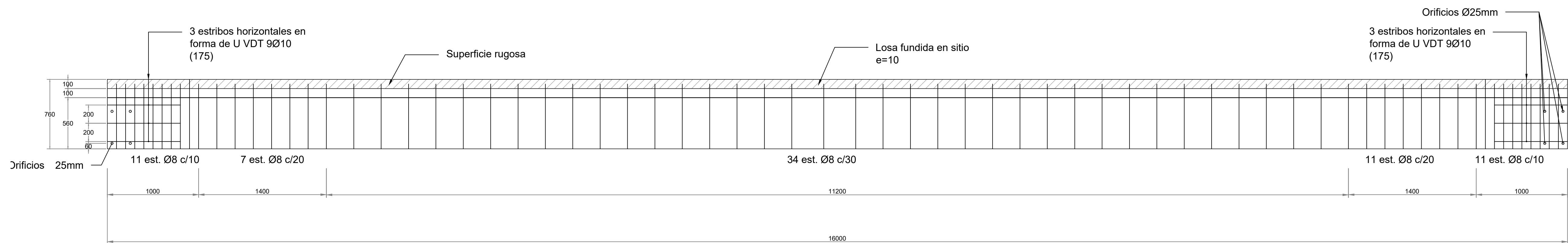
1. Las dimensiones de los elementos estructurales estan en cm; diametros de varillas en mm. Entre parentesis se indica las longitudes de las varillas de refuerzo (en cm). Cotas y niveles, en m.
2. Previo a la ejecucion de los trabajos, el Contratista debera presentar para revision y aprobacion del Fiscalizador los planos de taller y la metodologia constructiva, en la que debera detallar y considerar todos los elementos de apuntalamiento y soporte temporal requeridos para la instalacion de los elementos prefabricados y para la fundicion en sitio.
3. Se ejecutara ensayos de control de calidad conforme los requerimientos establecidos en las Especificaciones del Proyecto y/o en las normas MTOP-001-F 2002. Se aplicara procedimientos de ensayos segun INEN, ASTM, AASHTO, AASHTO-AWS.

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>Análisis de la Capacidad Resistente del Puente sobre la cola del lago PARCON</b>			
CONTENIDO: <b>DETALLAMIENTO DE ESTRIBOS</b>			
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Especificos: Dist. Int. Carola Zavala M. Sc. Danilo Dávila Ph.D. Natividad García	Estudiante: Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Guillermo Muñoz		Lámina: 4/7	Escala: Indicada

# VIGA DOBLE TEE (VDT)



**PLANTA**  
Escala 1:25



**VISTA LONGITUDINAL**  
Escala 1:25

## MATERIALES

### HORMIGON

Elementos estructurales prefabricados  $f_c 45 \text{ MPa}$ ,  $f_{ci} 40 \text{ MPa}$ , A/C max 0.40  
Elementos estructurales fundidos en sitio  $f_c 28 \text{ MPa}$ , A/C max 0.40  
Replantillo (hormigon de limpieza)  $f_c 15 \text{ MPa}$

### ACERO DE REFUERZO EN VARILLAS

Elementos estructurales prefabricados  $f_y 420 \text{ MPa}$   
Elementos estructurales fundidos en sitio  $f_y 420 \text{ MPa}$

### ACERO PARA PREFUERZO

Cumplira la norma ASTM-416;  $f_{pu} 1900 \text{ MPa}$

### NEOPRENO

Dureza Shore 60

## NOTAS GENERALES

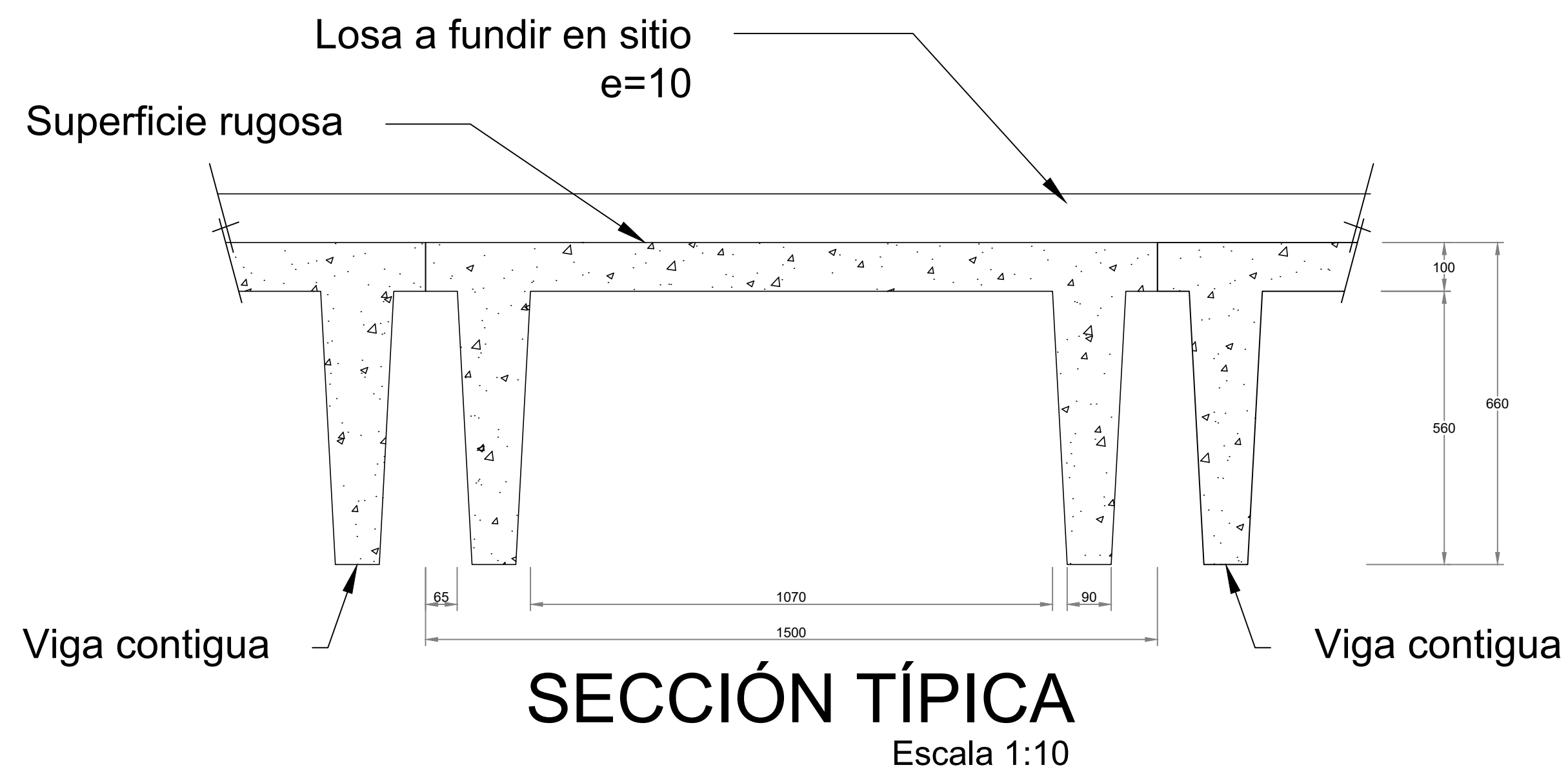
- Las dimensiones de los elementos estructurales estan en cm; diámetros de varillas en mm. Entre parentesis se indica las longitudes de las varillas de refuerzo (en cm). Cotas y niveles, en m.
- Previo a la ejecucion de los trabajos, el Contratista debera presentar para revision y aprobacion del Fiscalizador los planos de taller y la metodologia constructiva, en la que debera detallar y considerar todos los elementos de apuntalamiento y soporte temporal requeridos para la instalacion de los elementos prefabricados y para la fundicion en sitio.
- Se ejecutara ensayos de control de calidad conforme los requerimientos establecidos en las Especificaciones del Proyecto y/o en las normas MTOP-001-F 2002. Se aplicara procedimientos de ensayos segun INEN, ASTM, AASHTO, AASHTO-AWS.

## RESUMEN:

Gaviones galvanizados  
Geotextil No tejido  
Estribos prefabricados  $f_c 45 \text{ MPa}$ ,  $330 \times 316 \times 160$   
Placas de neopreno  $300 \times 120 \times 1$  (cm) dureza Shore 60  
Vigas Doble Tee prefabricadas  $f_c 45 \text{ MPa}$ ,  $L=10 \text{ m}$   
Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A,  $f_c 45 \text{ MPa}$ , para vigas  
Acero en varillas  $f_y 420 \text{ MPa}$ , para vigas  
Acero para prefuerzo (cables)  $f_{pu} 1900 \text{ MPa}$ , para vigas  
Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A,  $f_c 28 \text{ MPa}$ ,  
Acero en varillas  $f_y 420 \text{ MPa}$   
Barreras guardacamino, con postes metalicos  $c/3 \text{ m}$  max

IDENT.	$\phi$	CANTIDAD	LONGITUD			PESO		HORMIGON	OBSERVACIONES
			PARCIAL (cm)	PARCIAL (m)	TOTAL (m)	UNITARIO (kg)	TOTAL (kg)		
<b>VIGA DOBLE TEE VDT</b>									
VDT1	12.7	2(9)	1600	16.00	288.00	0.995	286.61		Cable para presfuerzo
VDT2	10	2(4)	1200+450	16.50	132.00	0.617	81.45		
VDT3	12	107	144	1.44	154.08	0.88	136.83		
VDT4	8	11	1200+450	16.50	181.5	0.395	71.7		
VDT5	8	107	144	1.44	154.08	0.395	60.87		
VDT6	10	2(2)	1200+450	16.50	66.00	0.617	40.73		
VDT7	6	9	600+600+600	18.00	162.00	0.222	35.99		
VDT8	8	70	200	2.00	140.00	0.395	55.3		
VDT9	10	2(3)	175	1.75	10.50	0.617	6.48		

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>Análisis de la Capacidad Resistente del Puente sobre la cola del lago PARCON</b>			
CONTENIDO: <b>DETALLAMIENTO DE VIGAS DOBLE TEE</b>			
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Especificos: Dist. Int. Carola Zavala M. Sc. Danilo Dávila Ph.D. Natividad García	Estudiante: Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Guillermo Muñoz		Lámina: 5/7	Escala: Indicada



**RESUMEN:**

- Gaviones galvanizados
- Geotextil No tejido
- Estribos prefabricados f'c 45MPa, 330x316x160
- Placas de neopreno 300x120x1 (cm) dureza Shore 60
- Vigas Doble Tee prefabricadas f'c 45 MPa, L=10m
  - Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A, f'c 45MPa, para vigas
  - Acero en varillas fy 420MPa, para vigas
  - Acero para prefuerzo (cables) fpu 1900 MPa, para vigas
- Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A, f'c 28MPa, Acero en varillas fy 420 MPa
- Barreras guardacamino, con postes metalicos c/3m max

IDENT.	φ	CANTIDAD	LONGITUD			PESO		HORMIGON (m3)	OBSERVACIONES
			PARCIAL (cm)	PARCIAL (m)	TOTAL (m)	UNITARIO (kg)	TOTAL (kg)		
<b>VIGA DOBLE TEE VDT</b>									
VDT1	12.7	2(9)	1600	16.00	288.00	0.995	286.61		Cable para prefuerzo
VDT2	10	2(4)	1200+450	16.50	132.00	0.617	81.45		
VDT3	12	107	144	1.44	154.08	0.88	136.83		
VDT4	8	11	1200+450	16.50	181.5	0.395	71.7		
VDT5	8	107	144	1.44	154.08	0.395	60.87		
VDT6	10	2(2)	1200+450	16.50	66.00	0.617	40.73		
VDT7	6	9	600+600+600	18.00	162.00	0.222	35.99		
VDT8	8	70	200	2.00	140.00	0.395	55.3		
VDT9	10	2(3)	175	1.75	10.50	0.617	6.48		

**MATERIALES**

**HORMIGON**

- Elementos estructurales prefabricados f'c45MPa, fci 40 MPa, A/C max 0.40
- Elementos estructurales fundidos en sitio f'c 28 MPa, A/C max 0.40
- Replantillo (hormigon de limpieza) f'c 15MPa

**ACERO DE REFUERZO EN VARILLAS**

- Elementos estructurales prefabricados fy 420 MPa
- Elementos estructurales fundidos en sitio fy 420 MPa

**ACERO PARA PREFUERZO**

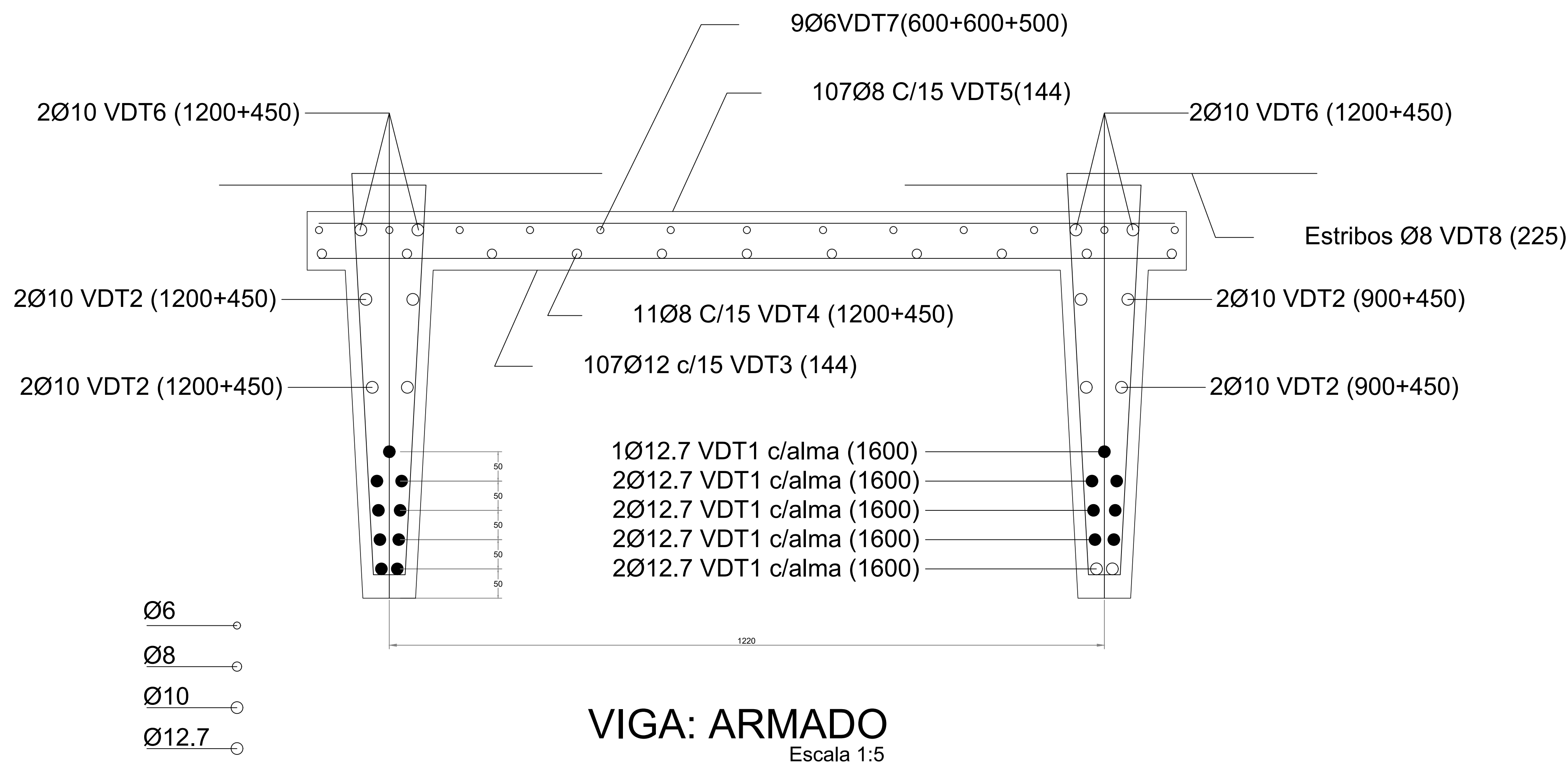
- Cumplira la norma ASTM-416; fpu 1900MPa

**NEOPRENO**

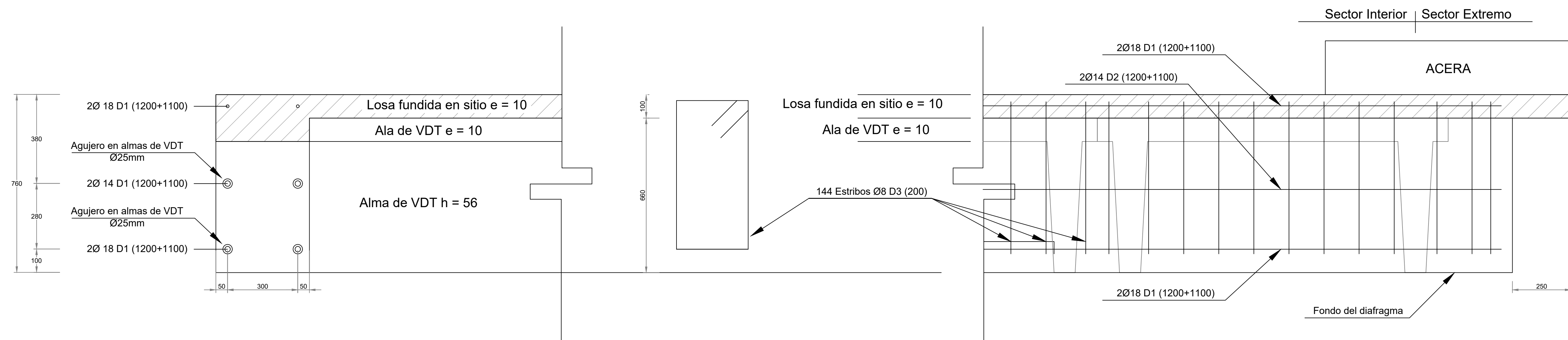
- Dureza Shore 60

**NOTAS GENERALES**

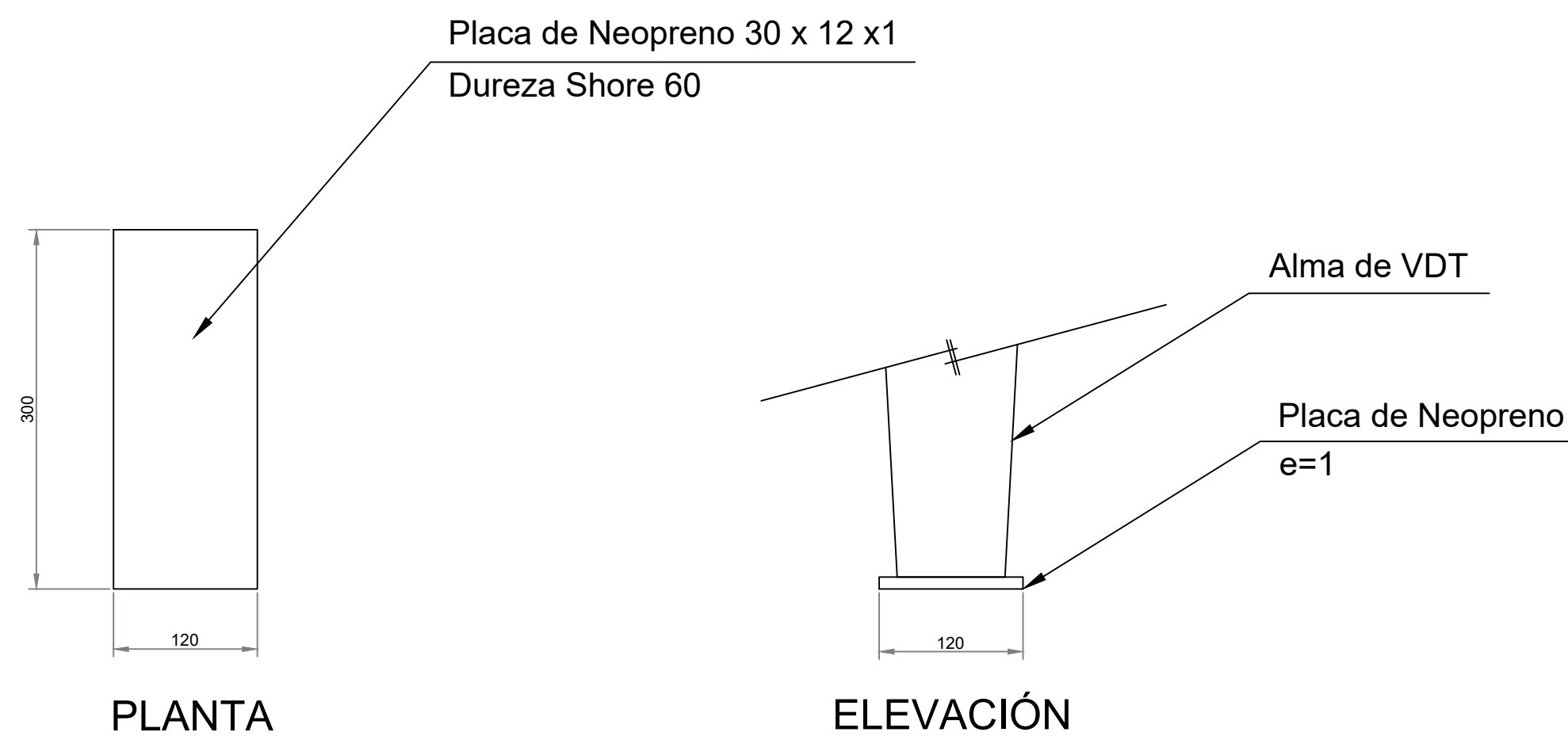
- Las dimensiones de los elementos estructurales estan en cm; diametros de varillas en mm. Entre parentesis se indica las longitudes de las varillas de refuerzo (en cm). Cotas y niveles, en m.
- Previo a la ejecucion de los trabajos, el Contratista debera presentar para revision y aprobacion del Fiscalizador los planos de taller y la metodologia constructiva, en la que debera detallar y considerar todos los elementos de apuntalamiento y soporte temporal requeridos para la instalacion de los elementos prefabricados y para la fundicion en sitio.
- Se ejecutara ensayos de control de calidad conforme los requerimientos establecidos en las Especificaciones del Proyecto y/o en las normas MTOP-001-F 2002. Se aplicara procedimientos de ensayos segun INEN, ASTM, AASHTO, AASHTO-AWS.



<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>Análisis de la Capacidad Resistente del Puente sobre la cola del lago PARCON</b>			
CONTENIDO: <b>SECCION TRANSVERSAL Y ARMADO DE VIGA I DOBLE TEE</b>			
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Especificos: Dist. Int. Carola Zavala M. Sc. Danilo Dávila Ph.D. Natividad García	Estudiante: Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Guillermo Muñoz		Lámina: 6/7	Escala: Indicada



**DIAFRAGMA**  
Escala 1:10



**PLACA DE APOYO**  
Escala 1:5

**RESUMEN:**

Gaviones galvanizados  
 Geotextil No tejido  
 Estribos prefabricados  $f_c$  45MPa, 330x316x160  
 Placas de neopreno 300x120x1 (cm) dureza Shore 60  
 Vigas Doble Tee prefabricadas  $f_c$  45 MPa, L=10m  
 Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A,  $f_c$  45MPa, para vigas  
 Acero en varillas  $f_y$  420MPa, para vigas  
 Acero para prefuerzo (cables)  $f_{pu}$  1900 MPa, para vigas  
 Hormigon estructural de Cemento Portland, clase A,  $f_c$  28MPa,  
 Acero en varillas  $f_y$  420 MPa  
 Barreras guardacamino, con postes metalicos c/3m max

IDENT.	φ	CANTIDAD	LONGITUD			PESO		HORMIGON (m <sup>3</sup> )	OBSERVACIONES
			PARCIAL (cm)	PARCIAL (m)	TOTAL (m)	UNITARIO (kg)	TOTAL (kg)		
<b>DIAFRAGMA</b>									
D1	18	2(2)	1200+1100	23.00	92.00	0.201	18.50		
D2	14	2	1200+1100	23.00	46.00	1.209	55.62		

**NOTAS GENERALES**

- Las dimensiones de los elementos estructurales estan en cm; diametros de varillas en mm. Entre parentesis se indica las longitudes de las varillas de refuerzo (en cm). Cotas y niveles, en m.
- Previo a la ejecucion de los trabajos, el Contratista debera presentar para revision y aprobacion del Fiscalizador los planos de taller y la metodologia constructiva, en la que debera detallar y considerar todos los elementos de apuntalamiento y soporte temporal requeridos para la instalacion de los elementos prefabricados y para la fundicion en sitio.
- Se ejecutara ensayos de control de calidad conforme los requerimientos establecidos en las Especificaciones del Proyecto y/o en las normas MTOP-001-F 2002. Se aplicara procedimientos de ensayos segun INEN, ASTM, AASHTO, AASHTO-AWS.

**MATERIALES**

**HORMIGON**  
 Elementos estructurales prefabricados  $f_c$ 45MPa,  $f_{ci}$  40 MPa, A/C max 0.40  
 Elementos estructurales fundidos en sitio  $f_c$  28 MPa, A/C max 0.40  
 Replantillo (hormigon de limpieza)  $f_c$  15MPa

**ACERO DE REFUERZO EN VARILLAS**  
 Elementos estructurales prefabricados  $f_y$  420 MPa  
 Elementos estructurales fundidos en sitio  $f_y$  420 MPa

**ACERO PARA PREFUERZO**  
 Cumplira la norma ASTM-416;  $f_{pu}$  1900MPa

**NEOPRENO**  
 Dureza Shore 60

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
PROYECTO: <b>Análisis de la Capacidad Resistente del Puente sobre la cola del lago PARCON</b>			
CONTENIDO: <b>DETALLAMIENTO DIAFRAGMA Y PLACA DE APOYO</b>			
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Andrés Velastegui	Tutores de Conocimientos Especificos: Dist. Int. Carola Zavala M. Sc. Danilo Dávila Ph.D. Natividad García	Estudiante: Cristhian Oswaldo Suárez Aspiazu	Fecha de Entrega: 11 de enero, 2022
Tutor de Área de Conocimiento: M.Sc. Guillermo Muñoz		Lámina: 7/7	Escala: Indicada