

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PUENTE  
COLLOCSY, DISTRITO DE PICSI, PROVINCIA DE CHICLAYO,  
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2018**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR  
RODOLFO ADRYANZELL IDROGO REGALADO**

**ASESOR  
JUAN IGNACIO LUNA MERA**

<https://orcid.org/0000-0003-0245-3137>

**Chiclayo, 2021**

**ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PUENTE  
COLLOCSY, DISTRITO DE PICSI, PROVINCIA DE  
CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2018**

PRESENTADA POR:  
**RODOLFO ADRYANZELL IDROGO REGALADO**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR:

Carlos Rafael Tafur Jiménez  
PRESIDENTE

Segundo Guillermo Carranza Cieza  
SECRETARIO

Juan Ignacio Luna Mera  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Dedicado a mi familia y amigos, por depositar su confianza en mí, pues son el motivo por el me mantengo firme en la culminación de esta investigación.

## **Agradecimientos**

A mi madre, mi padre y mis hermanos por estar en todo el proceso de estudiante.

A mis amigos por el apoyo incondicional.

A mis docentes por el tiempo dedicado.

# ÍNDICE

Resumen .....	9
Abstract .....	8
I. Introducción .....	11
II. Marco teórico. ....	15
2.1 Antecedentes.....	15
2.2 Bases teoricas .....	17
III. Metodología .....	19
IV. Resultados. ....	25
V. Discusión .....	107
VI. Conclusiones .....	115
VII. Recomendaciones. ....	117
VIII. Referencias .....	118
VIII. Anexos. ....	119

## Lista de tablas

Tabla 1 .....	25
Coordenadas de ubicación del puente .....	25
Tabla 2 .....	28
Puntos de poligonal .....	28
Tabla 3 .....	29
Estación meteorológica .....	29
Tabla 4 .....	30
Precipitaciones pluviales .....	30
Tabla 5 .....	32
Valores máximos de Riesgo Admisible para cada tipo de obra .....	32
Tabla 6 .....	32
Vida útil de cada tipo de obra .....	32
Tabla 7 .....	33
Valores de Periodo de Retorno T (años) .....	33
Tabla 8 .....	38
Precipitaciones (mm) de acuerdo a cada distribución y Periodo de retorno considerado(T) ...	38
Tabla 9 .....	39
Datos de precipitación para cada periodo de retorno con D. Gumbel .....	39
Tabla 10 .....	40
Precipitaciones (mm) en duraciones (min) .....	40
Tabla 11 .....	40
Intensidades de lluvia (mm/h), para cada periodo de retorno .....	40
Tabla 12 .....	43
Intensidades de lluvia (mm/h), para cada periodo de retorno .....	43
Tabla 13 .....	45
Caudales (m <sup>3</sup> /seg), para cada periodo de retorno .....	45
Tabla 14 .....	47
Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n .....	47
Tabla 15 .....	53
Parámetros Hidráulicos de la sección 240 .....	53
Tabla 16 .....	54
Sección estable del río – Método de Simon y Henderson .....	54
Tabla 17 .....	54
Sección estable del río – Método de Altunin - Manning .....	54
Tabla 18 .....	55
Sección estable del río – Método de Blench .....	55
Tabla 19 .....	56
Resumen de resultados .....	56
Tabla 20 .....	58
Clasificación según el tamaño de partículas según Lambe .....	58
Tabla 21 .....	58
Coeficiente $\beta$ .....	58
Tabla 22 .....	59

Factor de corrección del cauce $\mu$ .....	59
Tabla 23 .....	60
Coefficiente $x$ .....	60
Tabla 24 .....	64
Coordenadas UTM de Sondajes Eléctricos Verticales .....	64
Tabla 25 .....	72
Cálculo del IMDs – Resumen.....	72
Tabla 26.....	73
Cálculo del IMDa – Resumen .....	73
Tabla 27 .....	110
Parámetros Hidráulicos .....	110

## Lista de figuras

Figura 1 :.....	31
Distribución de valores de precipitación mensual en 24h .....	31
Figura 2.....	34
Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal .....	34
Figura 3.....	34
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Log Normal 2 parámetros .....	34
Figura 4.....	35
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Log Normal 3 parámetros .....	35
Figura 5.....	35
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Gamma 2 parámetros .....	35
Figura 6.....	36
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Gamma 3 parámetros .....	36
Figura 7.....	36
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Log Pearson tipo III .....	36
Figura 8.....	37
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Gumbel.....	37
Figura 9.....	37
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Log Gumbel .....	37
Figura 10.....	38
Curvas de precipitación máxima en 24 horas para cada distribución en periodos de retorno..	38
Figura 11.....	41
Curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF).....	41
Figura 12.....	41
Método de California Culverts .....	41
Figura 13.....	42
Intercepción del tc en las Curvas de IDF.....	42
Tabla 12.....	43
Intensidades de lluvia (mm/h), para cada periodo de retorno .....	43
Figura 14.....	44
Coefficiente de Escorrentía – Método Racional.....	44
Figura 15.....	45
Caudal máximo utilizando el método Racional.....	45
Figura 16.....	46
Topografía de la zona del puente.....	46
Figura 17.....	48
Coefficiente de Rugosidad Manning .....	48
Figura 18.....	49
Ingreso del Caudal.....	49
Figura 19.....	49
Condiciones de Contorno .....	49
Figura 20.....	50
Nuevo Plan en Steady Flow Analysis .....	50

Figura 21.....	51
Computations.....	51
Figura 22.....	52
Menu.....	52
Figura 23.....	52
Resultado del modelamiento Hidráulico .....	52
Figura 24.....	53
Sección de ubicación del puente.....	53
Figura 25.....	62
Muestras extraídas de Campo.....	62
Figura 26.....	64
Margen Izquierdo Río Lambayeque .....	64
Figura 27.....	65
Vista satelital de Sondajes Eléctricos Verticales (Google Earth).....	65
Figura 28.....	65
Principio de medida de la resistividad del suelo .....	65
Figura 29.....	66
Instrumentos .....	66
Figura 30.....	71
Resistividades reales y espesores .....	71

## **Resumen**

Este trabajo tiene como finalidad la elaboración del expediente técnico de un puente carrozable para el centro poblado Capote, puesto que esta permitirá una adecuada interacción socioeconómica debido a la carencia de medios adecuados para cruzar el Río Lambayeque.

Por lo antes expuesto se evaluó diferentes diseños de puentes escogiéndose el más adecuado para la situación problemática encontrada. Se inició con la recopilación de datos e información necesaria para el posterior diseño del nuevo puente, al finalizar se analizaron los resultados y se desarrollaron las conclusiones del proyecto. Para la evaluación y diseño del puente se tendrá como referencia la normativa nacional vigente contenida en el Manual De Diseño De Puentes propuesto por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**PALABRAS CLAVE:** Expediente técnico, Pnte, Evaluación, Diseño.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to prepare the technical file of a carriage bridge for the Capote town center, since this will allow an adequate socioeconomic interaction due to the lack of adequate means to cross the Lambayeque River.

For the aforementioned, different bridge designs were evaluated, choosing the most suitable for the problematic situation found. It began with the collection of data and information necessary for the subsequent design of the new bridge, at the end the results were analyzed and the conclusions of the project were developed. For the evaluation and design of the bridge, reference will be made to the current national regulations contained in the Bridge Design Manual proposed by the Ministry of Transport and Communications.

**KEYWORDS:** Technical File, Bridge, Evaluation, Design.

## I. INTRODUCCIÓN

El hombre en un comienzo, tuvo que trasladarse de un lugar a otro por diversas razones: Algunas para sobrevivir, otras para intercambiar con sus semejantes, algunas más por guerras. Encontró problemas para desplazarse, tales como: La presencia de ríos, hondonadas entre otras, por las cuales buscó la manera de sobreponerse a las adversidades en un inicio de manera rudimentaria y con el transcurso del tiempo, más perfeccionada. Algunas de estas soluciones fueron los puentes. [1]

En estas épocas, según (García, Ospina y Graciano, 2014) las vías terrestres son una herramienta importante para el avance económico de una región, así como el desarrollo comercial de la misma. Cuando en un proyecto vial, el puente falla, hace que se vea la interrupción total del tráfico, lo que resulta en daños importantes mientras se restablece un tráfico normal. [2]

En INEI informó que en el 2017 la producción de Lambayeque aumentó en 6.1%. Este resultado se Principalmente para reactivar el subsector agrícola aumentando la producción de arándanos, arroz húmedo y caña de azúcar. El sector de la construcción aumentó debido a los trabajos de construcción en la nueva ciudad de Olmos y los trabajos de carreteras urbanas, y el sector manufacturero aumentó debido a un mejor desempeño corporativo.<sup>1</sup>

El propósito de un puente es la superación de un obstáculo, de una incomunicación de una situación comprometida. Pero estas situaciones incómodas o indeseadas están bien definidas, poseen principio y fin, proporcionan apoyo para el arranque y recepción tras la superación. Puede no haber pilares o apoyos intermedios, pero empieza y termina, siempre hay estribos en un puente[3]

---

<sup>1</sup> GESTIÓN, (INEI), diciembre 2017.

Incluso teniendo en cuenta estas consideraciones, en el último fenómeno del Niño costero, un total de 549 puentes a nivel nacional quedaron afectados, de los cuáles 242 colapsaron dejando más de cien mil damnificados en todo el país.<sup>2</sup>

Según el reporte del COER y del Indeci Regional, en el departamento de Lambayeque hubo más de 28 mil damnificados a causa del fenómeno costero El Niño. (EL CORREO, marzo 2017)

En la provincia de Chiclayo, distrito de Picsi muchas personas quedaron afectadas a causa del fenómeno costero El Niño, que en su gran mayoría pertenecen al Centro Poblado “Capote”, los cuales se vieron perjudicados debido a que el Puente Collocsy quedará inoperativo, de este modo la población se vio en problemas al no poder realizar sus actividades productivas al haber quedado aislados de Chiclayo.

Según información de la Dirección de Caminos del Gobierno Regional de Lambayeque, de los puentes colapsados en el departamento se han evaluado ocho de los cuales ninguno ha tenido alguna clase de ejecución. (IMAGEN 4.1)

La zona en estudio, está cubierta por terrenos de vegetación natural y terrenos agrícolas. Estos tienen una producción por campaña agrícola de 232 toneladas de alfalfa, 16570 toneladas de arroz cáscara, 103 toneladas de camote, 5 toneladas de frijol caupi, 91 toneladas de maíz amarillo, 15 toneladas de taya, etc. Así mismo encontramos áreas sembradas de 800 hectáreas de caña de azúcar, 6 hectáreas de alfalfa, 16 hectáreas de algodón, 5 hectáreas de algarrobo, etc. Toda esta producción abastece a la provincia de Chiclayo y es parte fundamental en la economía de la región. Para su transporte y comercio se debe recorrer aproximadamente 15 min. desde el caserío Capote hasta la ciudad de Chiclayo, o desde sus respectivos lugares de cosecha y acopio en cada caserío o zona de cultivo, siendo uno de sus puntos de conexión fundamentales el cruce del Río Lambayeque con el caserío Capote. Tras quedar inoperativo el puente Collocsy a inicios del año 2017 a causa del fenómeno (TABLA 3.3)

---

<sup>2</sup> EL COMERCIO, “Reporte de daños por fenómeno costero El niño 2017”, CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA NACIONAL (COEN), abril 2017, 1.

En cuanto a las condiciones actuales en la zona del puente Collocsy se cataloga como una EMERGENCIA (Municipalidad Distrital de Pisci, 2017), debido a que el puente, no cumple las condiciones adecuadas para poder continuar el paso de vehículos que sirven de transporte de toda la agricultura de la zona. Pese a que se dio en su momento un reforzamiento al puente, ha vuelto a quedar inoperativo y puede caer en su totalidad en cualquier momento siendo un peligro latente para la población

Frente a la problemática antes mencionada, surge la necesidad de realizar el proyecto del “Diseño Estructural del puente Collocsy, Distrito de Pisci, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque”, con la intención de dar solución definitiva a la situación actual. El proyecto se encuentra justificable por los siguientes motivos:

El proyecto conectará de manera permanente a la provincia de Chiclayo con 14 caseríos que conforman el distrito de Pisci. Esto impulsará el desarrollo económico y comercial, pero sobre todo cambiará el contexto a un comercio estable con una vía de transporte que permanecerá inalterable independientemente de las condiciones climáticas. Esto permitirá un fluido constante en las actividades económicas de la región como son el comercio, agricultura, inversión privada, desarrollo de programas privados de inversión, construcción, investigación, etc.

El proyecto beneficiará a más de 8000 personas que conforman los 14 caseríos del distrito de Pisci. (INEI) En los aspectos de producción, salud e inclusión social tal y como se expusieron en la situación problemática. Mejorando de esta manera los estándares de calidad de vida en la población y estabilizando su conexión para interactuar con el resto de ciudades del departamento de Lambayeque.

El objetivo principal del proyecto es la elaboración del expediente técnico del puente “Collocsy”, realizando en primer lugar los estudios de Mecánica de Suelos, Topografía, Hidrología e Hidráulica para determinar los parámetros necesarios para el diseño de la estructura; posteriormente se determinará el tipo de estructura más

adecuado que cumpla las características del cual se procederá a realizar el diseño del puente.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del proyecto

Entre los diversos estudios e investigaciones relacionados con el presente proyecto tenemos:

**Elbio Fernando, Felipe Matías. 2016. “SOCAVACIÓN PRODUCIDA POR EL RÍO HUALLAGA AL PUENTE COLPA ALTA EN LA PROVINCIA DE HUÁNUCO, UTILIZANDO LOS MÉTODOS DE ARTAMANOV, STRAUB Y MAZA, EN EL HEC-RAS”. Tesis de maestría, Universidad de Piura.**

Este trabajo nos presenta la aplicación distintos métodos para calcular la socavación producida por los ríos en la provincia de Huánuco haciendo uso de los parámetros hidráulicos obtenidos en el programa HEC-RAS.

**John García, Jaime Ospina y Edir Graciano. 2014. “LA INFRAESTRUCTURA DE PUENTES EN LAS VÍAS SECUNDARIAS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA”. Revista EIA (julio-diciembre)**

Este artículo habla acerca de la principal herramienta para el desarrollo comercial y económico de una región, las cuales son las vías terrestres, cuyos puntos de articulación vitales son los puentes. Habla acerca del contexto en la ciudad de Antioquía (Colombia), sus vías y su gran porcentaje de puentes que no han recibido un mantenimiento adecuado desde su concepción.

**Seminario Manrique, Ernesto. 2004. “GUÍA PARA EL DISEÑO DE PUENTES CON VIGAS Y LOSA”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de Piura.**

Esta tesis tiene como principal objetivo proveer los lineamientos generales del diseño de puentes con vigas y losa con respecto a la vigente normativa. Es decir, el “Manual de Diseño de Puentes” del MTC – DGCF que está basado en “Standard Specifications for Highway Bridges” de AASHTO.

**Aguiló, Miguel. 2008. FORMA Y TIPO EN EL ARTE DE CONSTRUIR PUENTES. España: ABADA EDITORES.**

El siguiente trabajo hace un estudio en la manera de diseñar los puentes, su historia, su estética, su finalidad, su funcionalidad y su forma como producto de

cálculo. Un estudio profundo en la historia del desarrollo de los puentes y sus distintos tipos de diseño, evaluados en una línea de tiempo, haciendo énfasis en los diseños que crearon tendencia y mayor trascendencia. También analiza las distintas consideraciones estructurales que se tendrán que tomar en cuenta en función de la luz, el diseño, el tipo de cargas y en general todo tipo de acciones externas a las que se verá sometido el puente.

**Sono Huarcaya, Roberto, 2017. DISEÑO Y EL [4]ABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PUENTE CARROZABLE PARA EL CASERÍO DE PUCHACA BAJO, INCAHUASI. Tesis profesional Universidad Santo Toribio de Mogrovejo. Lambayeque – Perú.**

El trabajo ha analizado, estudiado y revisado, ya sean los estudios de suelos, hidrológicos e hidráulicos como el modelamiento hidráulico del río La Leche realizados en HEC- RAS y Q con *Bridge*.

**Monleón, Salvador. 1997. INGENIERÍA DE PUENTES, análisis estructural. España: Editorial UPV.**

Este texto nos brinda información respecto al cálculo estructural de los puentes en función de los materiales que se usan, ordenados bajo ciertas tipologías bajo el efecto de determinadas acciones. En general, aporta todos los criterios para un correcto análisis estructural en función de todas las solicitaciones que actuarán sobre una estructura tipo puente. Para ello los modelos de idealización entre más rigurosos sean, más se aproximarán a lo real.

**Vargas Márquez. Enrique Arturo. 2015. “ELECCIÓN Y DISEÑO DE ALTERNATIVA DE PUENTE SOBRE EL RÍO CHILLOROYA (CUSCO) PARA ACCESO A LA PLANTA DE PROCESOS DEL PROYECTO CONSTANCIA”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.**

La presente tesis nos trata de alcanzar una solución para el cruce vehicular y poder transitar sobre el río Chilloroya, que sustituya al puente existente. Se desarrolla el problema, se plantean cuatro alternativas, se las compara usando una metodología de toma de decisiones y se elige una de ellas.

## 2.2 Bases teóricas

### **LEY GENERAL DEL AMBIENTE (LEY N°28611)**

Aquí se establecen los lineamientos y normativas básicas que nos brindan el correcto y objetivo ejercicio del del derecho constitucional para el desarrollo de nuestra vida.

### **Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. 2012**

Señala todas las consideraciones para el estudio Hidrológico, Hidráulico y Drenaje ASSHTO-LRFD 2012. Así mismo detalla todas las consideraciones a considerar en la concepción de un puente.

### **Manuel de diseño de puentes AASHTO. 2010**

Señala todas las consideraciones para el diseño de puentes con ASSHTO-LRFD 2010. Así mismo detalla todas las consideraciones a considerar en la concepción de un puente. Incluye los estudios de ingeniería básica, diseño, cálculo estructural y planos.

### **MANUAL DE PUENTES. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016.**

El presente manual contiene las normas, guías y procedimientos para el diseño y cálculo estructural de puentes. Incluye los estudios de ingeniería básica y planos tipo.

### **Reglamento Nacional de Edificaciones. 2014. Norma E.020: Cargas. Lima.**

Acá se establecen las cargas mínimas necesarias para poder diseñar, teniendo en cuenta las cargas mínimas. Además, se consideran distintas cargas y presiones ejercidas sobre la tierra. Encontramos combinaciones para distintas cargas como algunos principios de rigidez y estabilidad.

### **Reglamento Nacional de Edificaciones. 2014. Norma E.030: Diseño Sismo resistente. (Actualización por DECRETO SUPREMO N°003-2016VIVIENDA). Lima**

En esta normativa vemos las condiciones requeridas minimas para diseñar edificaciones según el comportamiento de los sismos.

### **Reglamento Nacional de Edificaciones. 2014. Norma E050: Suelos y Cimentaciones. Lima**

Esta norma establece algunas pautas para los estudios de mecánica de suelos que se realizarán con el fin de alguna cimentación de edificaciones.

**Reglamento Nacional de Edificaciones. 2014. Norma E060: Concreto Armado.  
Lima**

Esta norma establece algunas exigencias y requisitos mínimos para poder realizar el diseño y análisis de la construcción, el control y la supervisión de concreto armado, simple y preesforzado.

### III. Metodología

#### 3.1 Tipo y nivel de investigación

Según el diseño de investigación: Aplicativa, debido a que se sustenta en los resultados investigados y a partir de ellos se aplica para obtener los objetivos planteados.

De acuerdo al fin que se persigue: Descriptiva, debido a que necesita de una descripción y comprensión detallada de las condiciones actuales, mediante la recolección de datos.

#### 3.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Observación:** se registrará visualmente mediante visitas al área de trabajo.

**Entrevista:** Se considera tener una comunicación directa con la población que hará uso del puente, así como también una reunión con el ingeniero a cargo de la Comisión de Usuarios de Capote para obtener la información que ayudará con el desarrollo del proyecto.

**Medición de la velocidad de flujo aproximada:** Se realizará dicha medición teniendo en cuenta los instrumentos: Una hoja, un cronómetro y una wincha. Con esto podremos obtener una aproximación experimental de la velocidad del flujo del agua que se encuentra en el río.

**Levantamiento topográfico:** Se un levantamiento topográfico de la zona afectada, donde se propone el puente Collocsy. Se utilizará: Estación total, prismas y mira.

**Estudio de tráfico:** Según este estudio se tendrá una idea de la clase de vehículos de diseño que transitarán por el puente definitivo Collocsy.

**Estudio de suelos:** Se realizarán los estudios de acuerdo a lo presentado en normativa, respetando sus condiciones.

**Estudios Geoeléctricos:** Los estudios geoeléctricos representan un método de análisis de los materiales en términos de sus propiedades eléctricas, evaluando las

características del suelo en estudio y arrojando información de calidad. Permite conocer la forma del terreno y la variación del relieve a lo largo de la zona de estudio.

**Contenido de agentes químicos en el suelo de fundación:** Contenido de sales, cloruros u otros agentes químicos agresivos en el suelo de fundación.

**Estudios Geoeléctricos:** Los estudios geoeléctricos representan un método de análisis de los materiales en términos de sus propiedades eléctricas, evaluando las características del suelo en estudio y arrojando información de calidad. Permite conocer la forma del terreno y la variación del relieve a lo largo de la zona de estudio.

**Contenido de agentes químicos en el suelo de fundación:** Contenido de sales, cloruros u otros agentes químicos agresivos en el suelo de fundación.

**Estudios Geoeléctricos:** Los estudios geoeléctricos representan un método de análisis de los materiales en términos de sus propiedades eléctricas, evaluando las características del suelo en estudio y arrojando información de calidad. Permite conocer la forma del terreno y la variación del relieve a lo largo de la zona de estudio.

**Contenido de agentes químicos en el suelo de fundación:** Contenido de sales, cloruros u otros agentes químicos agresivos en el suelo de fundación.

**Estudios Geoeléctricos:** Los estudios geoeléctricos representan un método de análisis de los materiales en términos de sus propiedades eléctricas, evaluando las características del suelo en estudio y arrojando información de calidad. Permite conocer la forma del terreno y la variación del relieve a lo largo de la zona de estudio.

**Contenido de agentes químicos en el suelo de fundación:** Contenido de sales, cloruros u otros agentes químicos agresivos en el suelo de fundación.

### 3.3 Procedimientos

En el desarrollo del presente proyecto se aplicó la siguiente metodología:

- Solicitud de los permisos respectivos del área a estudiar, lo que comprende: coordinaciones con las autoridades de la Municipalidad Distrital de Picsi, autoridades de la Junta de Usuarios de Chancay – Lambayeque, autoridades de la Comisión de Usuarios de Capote, director de la Gerencia Regional de

Agricultura – Lambayeque y el director de la Dirección de Caminos del Gobierno Regional de Lambayeque.

- Visita directa a la zona del puente.
- Comienzo de los estudios de topografía mediante el uso de estación total y los estudios de mecánica de suelos.
- Ejecución de una prospección geo eléctrica en la ubicación de los estribos para poder apreciar la capa de los estratos y su composición.
- Obtención de muestras de terreno para la realización de ensayos de laboratorio. Obteniendo el contenido de humedad, contenido de sales, granulometría, límite líquido y límite plástico, de este modo se procedió a clasificar el suelo según SUCS, AASHTO y determinar la capacidad portante del terreno.
- Posteriormente se procedió a trabajar con el software HEC – RAS con el cual se modelaron los caudales de retorno de la cuenca de estudio, quienes permiten saber cuáles son las características físicas del puente. Con los ensayos realizados se comenzó a realizar el diseño de las estructuras, realizando el pre dimensionamiento de los elementos estructurales, determinando las cargas actuantes según los requerimientos del manual de puentes y realizando el modelamiento con el software *CSi Bridge*. Finalmente se elaboró los cálculos de losa, Viga, estribos y demás elementos que forman parte de la estructura.
- Posteriormente se procedió a trabajar con el software HEC – RAS con el cual se modelaron los caudales de retorno de la cuenca de estudio, quienes permiten saber cuáles son las características físicas del puente. Con los ensayos realizados se comenzó a realizar el diseño de las estructuras, realizando el pre dimensionamiento de los elementos estructurales, determinando las cargas actuantes según los requerimientos del manual de puentes y realizando el modelamiento con el software *CSi Bridge*. Finalmente se elaboró los cálculos de losa, Viga, estribos y demás elementos que forman parte de la estructura.
- 

### 3.3.1 Estudio Topográfico

#### a) Antecedentes

Las consideraciones básicas que deberían de comprender los estudios topográficos son:

Planos a escala entre 1:500 y 1:2000 con curvas de nivel a intervalos de 1m y comprendiendo por lo menos 100 m a cada lado del puente.

#### **b) Objetivos**

Ejecutar los trabajos que correspondan a campo para que nos permitan elaborar los planos topográficos

Brindar información para los estudios de hidrología e hidráulica, geología, geotecnia e impacto en el ambiente.

Realizar una definición de la ubicación precisa al igual que de los elementos estructurales en cuanto a sus dimensiones

Crear puntos de referencia para el replanteo durante la construcción.

#### **c) Importancia**

La importancia radica en elaborar los planos tanto de diseño geométrico de accesos como de ubicación de obras de protección.

#### **d) Ubicación del área de estudio**

- Departamento / Región : Lambayeque
- Provincia : Chiclayo
- Distrito : Pisci
- Ruta : Red Vial Vecinal PI -938
- Zona :17 S
- Coordenadas Norte : 9255113.5 m
- Coordenadas Este : 631300.8m
- Altitud : 35 m.s.n.m.

#### **e) Recopilación de Información**

Para la elaboración del estudio, se ha obtenido la siguiente información:

Imágenes satelitales (Google Earth)

Carta Nacional 1/100,000 (IGN)

#### **f) Equipos Utilizados**

Estación Total. Marca: Topcon

02 prismas.

Entre otros accesorios como trípode, baterías, gps, wincha, yeso, estacas, etc.

### **3.3.2 Estudio Hidrológico e Hidráulico**

#### **a) Introducción**

Los estudios Hidrológico e Hidráulico para el Diseño del Puente Collocsy, tiene como objeto determinar los parámetros Hidráulicos de diseño para el puente.

Para la determinación de estas características en primer lugar se determinó los caudales para diferentes periodos de retorno (5,10, 25, 50, 100, 140, 200 y 500 años) haciendo uso de la metodología del Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje,

#### **b) Objetivos**

Determinar el caudal máximo de diseño.

Encontrar los niveles de agua máximos para los períodos de retorno estudiados.

Analizar el transporte de sedimentos.

Determinar la profundidad de socavación general y local que se produce en los estribos del puente.

#### **c) Importancia**

La importancia arraiga en la necesidad de proyectar las dimensiones del puente necesarias para máximas avenidas.

#### **d) Ubicación del área de estudio**

La cuenca de estudio, cuenta con un área de 8.98 km<sup>2</sup>, en cuanto a sus límites podemos indicar:

Norte: Centro Poblado Capote

Sur: Distrito Leonardo Ortiz

En el área de estudio se encuentra el Río Lambayeque, el cual cumple una función de riego para toda la zona agrícola del centro poblado Capote.

#### **e) Recopilación de Información**

Se realizaron los estudios en las siguientes etapas:

Captura y procesamiento de imágenes de Google Earth, las cuales fueron evaluadas y desarrolladas.

Datos pluviométricos de la estación de Lambayeque.

Trabajo de campo: Consistió en un recorrido de la zona de estudio para identificar los puntos críticos, para así evaluarlos y definir las características más importantes como el relieve, una pendiente aproximada, tipo de suelo, vegetación. Esta etapa se desarrolló de la siguiente manera:

Verificación de los niveles máximos de agua existentes.

Fase de gabinete: Se realizó el procesamiento, análisis y determinación de los parámetros de diseño.

### **3.3.3 Estudio de Mecánica de Suelos**

Las muestras del material del cauce serán tomadas de acuerdo a los que se indica en norma para estudios correspondiente.

### **3.3.4 Diseño estructural**

Al finalizar con todos los estudios previos se comenzó a realizar el diseño de las estructuras, realizando el pre dimensionamiento de los elementos estructurales, determinando las cargas actuantes según los requerimientos del manual de puentes y realizando el modelamiento con el software CSi Bridge. Finalmente se elaboró los cálculos de losa, Viga, estribos y demás elementos que forman parte de la estructura.

### **3.3.5 Evaluación de Impacto ambiental**

Se realizará una evaluación de impacto ambiental a lo largo del proyecto, y se analizará el impacto que genere en cada etapa.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Estudio Topográfico

#### 4.1.1 Ubicación del puente

La ubicación del puente la tenemos gracias a tres puntos importantes: la hidráulica, el diseño vial y el tema geotécnico. Con respecto a la hidráulica debe encontrarse la mejor sección hidráulica del puente donde no encontremos socavación o algún fenómeno que ocurra por el flujo del río, en cuanto al diseño vial se debe respetar si existe alguna red vial existente.

Los criterios asignados para la ubicación final del puente son los siguientes:

- El puente “Collocsy” se encuentra ubicado en una zona recta donde el puente no se encontrará sesgado respecto al flujo ( $\theta = 90^\circ$ ), donde evitará la tendencia a la erosión, lo cual afectaría su estabilidad.
- La ubicación elegida del puente se ve relacionada directamente con la continuidad del camino existente, es decir que obedezca al comportamiento del tránsito existe en la zona.
- La sección transversal del puente según la topografía de la zona es muy favorable debido a que el tirante de agua encontrado, el ancho promedio y la velocidad de flujo aproximada son muy estables y no producirán cambios morfológicos bruscos al curso natural. Las coordenadas de la ubicación elegida para el puente son las siguientes:

**Tabla 1**

*Coordenadas de ubicación del puente*

N° SEV	NORTE	ESTE
01 – Margen Izquierda	9255100	631310
02 – Margen Derecha	9255127	631295

#### 4.1.2. Trabajo de Campo

Con apoyo de:

01 topógrafo a cargo de la estación total.

02 personas encargadas del prisma wincha y estacas.

**a) Reconocimiento de campo**

Para tener una expectativa general del terreno se hizo el reconocimiento por medio de Google Earth, posteriormente se trabajó in situ estableciendo los puntos de acuerdo a levantamiento topográfico.

**b) Punto de control topográfico**

Después de haber reconocido el campo, se establecieron 6 estaciones; las cuales serán útiles para el replanteo. El punto principal se ubicó a 3 m del río, la cual fue la “Est3”. En este punto se pudo definir de manera detallada la topografía directamente en la sección donde estará el puente.

**c) Levantamiento topográfico**

Para realizar la topografía se delimitó el área requerida tomando en cuenta los siguientes puntos: 150 metros en la margen izquierda y 80 metros en la margen derecha respectivamente (eje de la carretera). 250 metros aguas arriba y 250 metros aguas abajo del puente proyectado. A continuación, enumeraremos el procedimiento que se realizó para poder ejecutar el levantamiento topográfico:

Nos estacionamos en la “E1” señalada en el plano. Este punto sirvió de partida para poder a ver el levantamiento con detalle de la sección de la carretera que llega hasta la sección donde se encontraría ubicado el puente.

A partir de esta estación se ha comenzado a mover de estación E1 a E2, como se indica y detalla en el plano, hasta llegar a la estación 3 en la cual se podrá hacer el levantamiento del cauce del río en sí. Posteriormente, por la curvatura en algunas zonas y vegetación existente se decidió tener nuevos puntos de estación para poder levantar lo que corresponde al resto del cauce del río (E4, E5 Y E6)

Nos estacionamos en la “E1” señalada en el plano. Este punto sirvió de partida para poder a ver el levantamiento con detalle de la sección de la carretera que llega hasta la sección donde se encontraría ubicado el puente.

A partir de esta estación se ha comenzado a mover de estación E1 a E2, como se indica y detalla en el plano, hasta llegar a la estación 3 en la cual se podrá hacer el levantamiento del cauce del río en sí. Posteriormente, por la curvatura en algunas

zonas y vegetación existente se decidió tener nuevos puntos de estación para poder levantar lo que corresponde al resto del cauce del río (E4, E5 Y E6)

Para realizar la topografía se delimitó el área requerida tomando en cuenta los siguientes puntos: 150 metros en la margen izquierda y 80 metros en la margen derecha respectivamente (eje de la carretera). 250 metros aguas arriba y 250 metros aguas abajo del puente proyectado. A continuación, enumeraremos el procedimiento que se realizó para poder ejecutar el levantamiento topográfico:

Nos estacionamos en la “E1” señalada en el plano. Este punto sirvió de partida para poder a ver el levantamiento con detalle de la sección de la carretera que llega hasta la sección donde se encontraría ubicado el puente.

A partir de esta estación se ha comenzado a mover de estación E1 a E2, como se indica y detalla en el plano, hasta llegar a la estación 3 en la cual se podrá hacer el levantamiento del cauce del río en sí. Posteriormente, por la curvatura en algunas zonas y vegetación existente se decidió tener nuevos puntos de estación para poder levantar lo que corresponde al resto del cauce del río (E4, E5 Y E6)

Nos estacionamos en la “E1” señalada en el plano. Este punto sirvió de partida para poder a ver el levantamiento con detalle de la sección de la carretera que llega hasta la sección donde se encontraría ubicado el puente.

A partir de esta estación se ha comenzado a mover de estación E1 a E2, como se indica y detalla en el plano, hasta llegar a la estación 3 en la cual se podrá hacer el levantamiento del cauce del río en sí. Posteriormente, por la curvatura en algunas zonas y vegetación existente se decidió tener nuevos puntos de estación para poder levantar lo que corresponde al resto del cauce del río (E4, E5 Y E6)

Teniendo como base los puntos anteriormente mencionados se procedió a levantar un total de 202 puntos en gabinete.

Se levantaron en total 8.78 hectáreas de terreno.

Los planos realizados se encuentran en Anexos – Topografía 1.

Los puntos de la poligonal se encuentran referenciados según el siguiente cuadro:

**Tabla 2**  
*Puntos de poligonal*

ESTACIÓN	REFERENCIA DE LA EST. EN CAMPO
1	Ubicada en la trocha a 115m del cauce
2	Ubicada en la trocha a 50m del cauce
3	Ubicada en el centro del cauce
4	Ubicada a 120m del eje de la trocha
5	Ubicada a 88m del eje de la trocha
6	Ubicada a 130m del eje de la trocha

## 4.2 Estudios Hidrológicos

### 4.2.1 Introducción

La cuenca a estudiar es una microcuenca formada y delimitada por canales de riego existentes en la zona; esta microcuenca forma parte de la Cuenca Chancay - Lambayeque del río Lambayeque. El estudio de la cuenca se realizó a partir del lugar donde se construirá el puente.

### 4.2.2 Características de la cuenca

#### a) Área de la Cuenca

Área (km<sup>2</sup>): 8.98

#### b) Perímetro de la Cuenca

Perímetro(km): 13.91

#### c) Ancho medio de la Cuenca

$$W = \frac{A}{L}$$

$$W = 8.98/2.85 = 3.15 \text{ km}$$

#### d) Coeficiente de Compacidad

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}} \quad Kc = \frac{13.91}{2\sqrt{\pi * 8.98}}$$

$$Kc = 1.31$$

De acuerdo a:

Intervalo	Forma
1.00 - 1.25	Redonda
1.25 - 1.50	Ovalada
1.50 - 1.75	Oblonga

Este resultado nos indica que la cuenca presenta una forma ovalada.

#### e) Factor de Forma

$$Ff = \frac{W}{L^2} = \frac{3.15}{2.85^2}$$

$$Ff = 0.39$$

#### f) Pendiente del Curso principal

Se determina a partir del desnivel existente entre la cota más alta del río y la más baja dividida por la longitud de dicho tramo.

$$s = \frac{C1 - C2}{L} = \frac{12.15}{2.85}$$

$$S = 4.26$$

### 4.2.3 Precipitaciones Máximas

Se solicitó información pluviométrica al SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), los datos adquiridos son de 25 años de registro de Precipitación máxima en 24 horas de la estación Lambayeque; esta estación cuenta con un periodo de registros aceptables estadísticamente y se encuentra cerca de la cuenca de estudio.

### ESTACIÓN METEOROLÓGICA

**Tabla 3**

*Estación meteorológica*

Estación	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m)
Lambayeque	Meteorológica	6° 43' 53.5"	79° 54' 35.41"	18

En el siguiente cuadro se muestran las precipitaciones máximas en la estación Lambayeque de 1989 – 2018

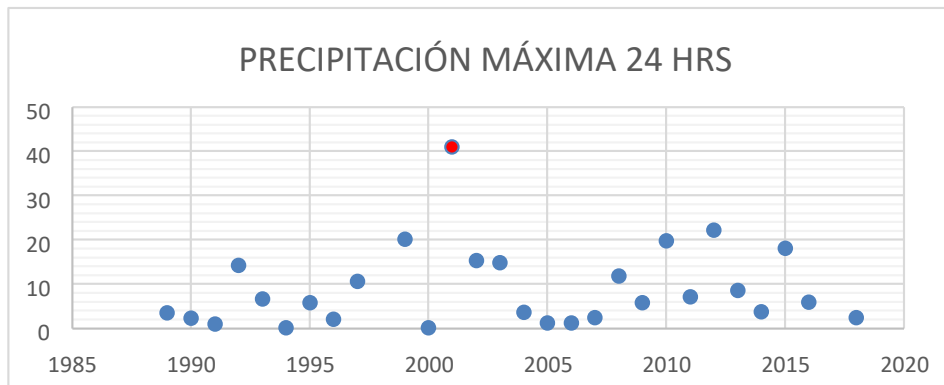
Tabla N°1: Precipitación máxima 24 horas, estación Lambayeque – Elaboración propia.

#### ESTACION LAMBAYEQUE

**Tabla 4**  
*Precipitaciones pluviales*

<b>AÑO</b>	<b>Máx Prec.en 24 Hrs.</b>
1989	3.4
1990	2.2
1991	0.9
1992	14.2
1993	6.6
1994	0.1
1995	5.7
1996	2
1997	10.5
1999	20.1
2000	0.1
2001	40.8
2002	15.2
2003	14.7
2004	3.6
2005	1.2
2006	1.2
2007	2.4
2008	11.7
2009	5.7
2010	19.7
2011	7.1
2012	22.1
2013	8.5
2014	3.7
2015	18
2016	5.8
2018	2.4

Fuente: SENAMHI

**Figura 1 :***Distribución de valores de precipitación mensual en 24h*Fuente: **Propia**

En el Figura 1, se muestra la distribución de los datos de precipitación en el tiempo. Antes de aplicar las distribuciones probabilísticas que establece la metodología del MTC, evaluamos los datos gráficamente. Vemos que, en el año 2001, un dato está muy por encima de lo que se ve como tendencia. Este tipo de dato extraordinario se llama outliers (valor atípico), es un dato proveniente de observaciones extraordinarias. En estos casos lo mejor es continuar el análisis sin dichos valores, con el fin de evitar una influencia sobre los resultados. Antes de aplicar las distribuciones probabilísticas que establece la metodología del MTC, evaluamos los datos gráficamente. Vemos que, en el año 2001, un dato está muy por encima de lo que se ve como tendencia. Este tipo de dato extraordinario se llama outliers (valor atípico), es un dato proveniente de observaciones extraordinarias. En estos casos lo mejor es continuar el análisis sin dichos valores, con el fin de evitar una influencia sobre los resultados. Antes de aplicar las distribuciones probabilísticas que establece la metodología del MTC, evaluamos los datos gráficamente. Vemos que, en el año 2001, un dato está muy por encima de lo que se ve como tendencia. Este tipo de dato extraordinario se llama outliers (valor atípico), es un dato proveniente de observaciones extraordinarias. En estos casos lo mejor es continuar el análisis sin dichos valores, con el fin de evitar una influencia sobre los resultados.

#### **a) Periodo de Retorno**

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde:

R: Riesgo de falla admisible

T: Periodo de retorno

n: Vida útil de la obra

Para obtener estos datos usaremos las siguientes tablas:

**Tabla 5**

*Valores máximos de Riesgo Admisible para cada tipo de obra*

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMINSIBLE (%)
Puentes	25
Alcantarillas	30
Alcantarillas de paso de quebradas menos y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma	40
Subdrenes	40
Defensas ribereñas	25

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC.

**Tabla 6**

*Vida útil de cada tipo de obra*

TIPO DE OBRA	VIDA ÚTIL (años)
PUNTES Y DEFENSAS RIBEREÑAS	40
ALCANTARILLAS DE QUEBRADAS IMPORTANTES	25
ALCANTARILLAS DE QUEBRADAS MENORES	15
DRENAJE DE PLATAFORMA Y SUB-DRENES	15

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC.

**Tabla 7**Valores de Periodo de Retorno  $T$  (años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC.

Según las consideraciones anteriores, extraídas del Manual del MTC se procedió a calcular el periodo de retorno interpolando el valor de riesgo admisible (0.25) con la vida útil de las obras (25-50) para 40 años de vida útil para puentes.

De este modo obtenemos como resultado un Periodo de Retorno ( $T$ ) = 139.5 años, teniendo como resultado aproximado 140 años.

### b) Análisis estadístico de datos hidrológicos

En nuestro estudio se ha optado por evaluar ocho diferentes técnicas de distribución, las cuales se compararán y se elegirá a la de mejor comportamiento. Las distribuciones teóricas utilizadas para precipitaciones máximas en 24 horas fueron analizadas estadísticamente por los métodos que veremos a continuación.

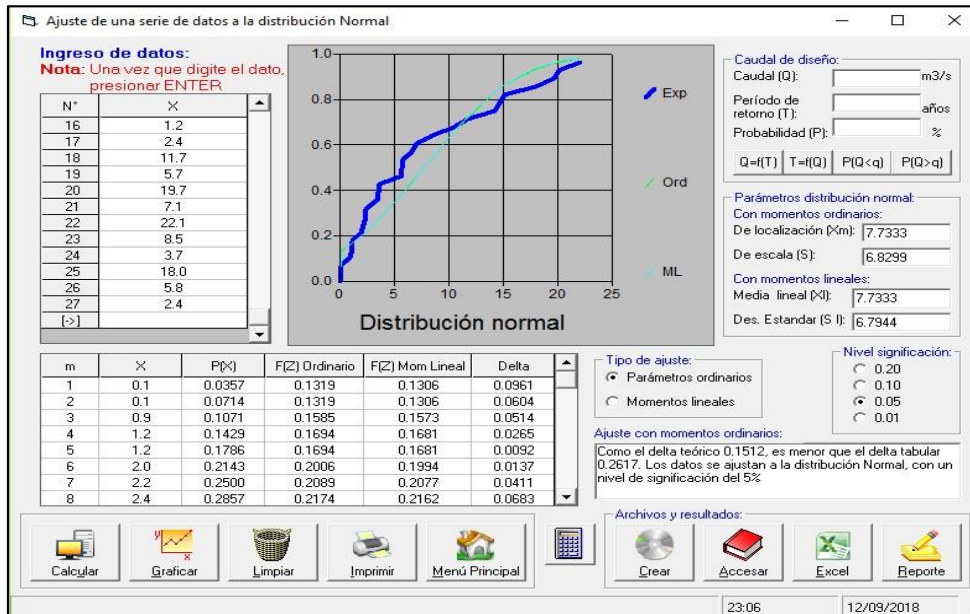
#### b.1 HidroEsta

Se ingresarán los datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación Lambayeque al programa HidroEsta, el cual cuenta con las ocho modelos de distribución que sugiere el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) en su metodología (MTC, 2014), y ajusta todas las probabilidades por la prueba de bondad de ajuste del método Smirnov-Kolmorov. La distribución que no cumpla  $D < d$ , no será considerada en posterior análisis. El criterio a considerar para elegir una distribución aceptable es la curva que en el gráfico represente valores promedios aceptables de la información analizada.

### b.1.1 Distribución Normal

Figura 2

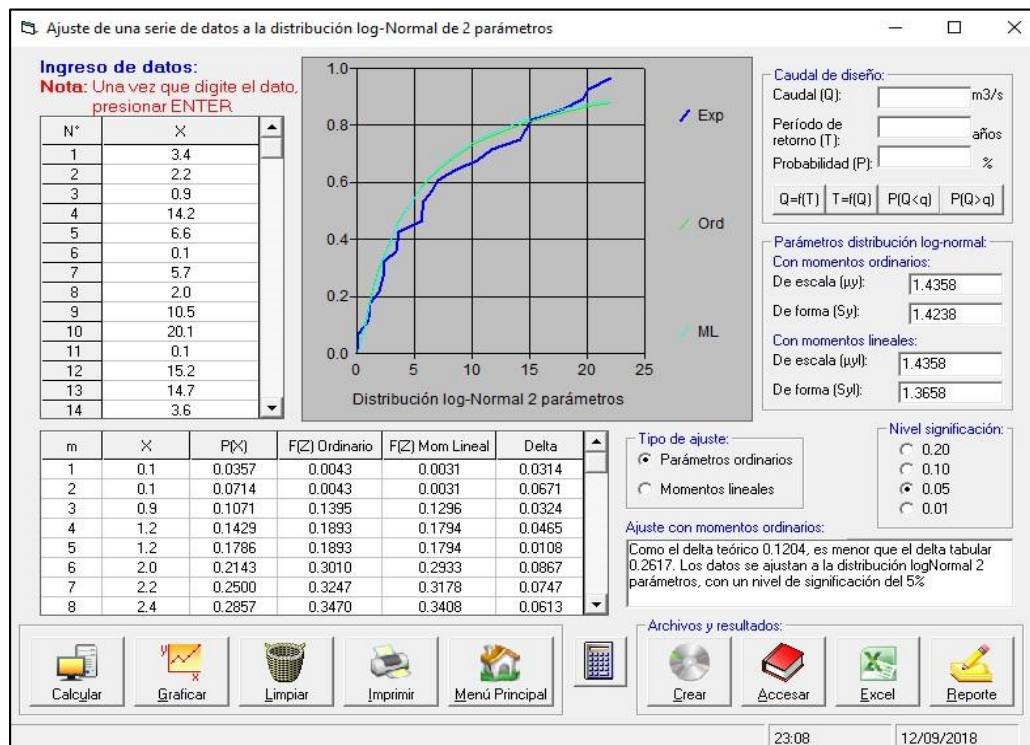
Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal



### b.1.2 Distribución Log Normal 2 parámetros

Figura 3

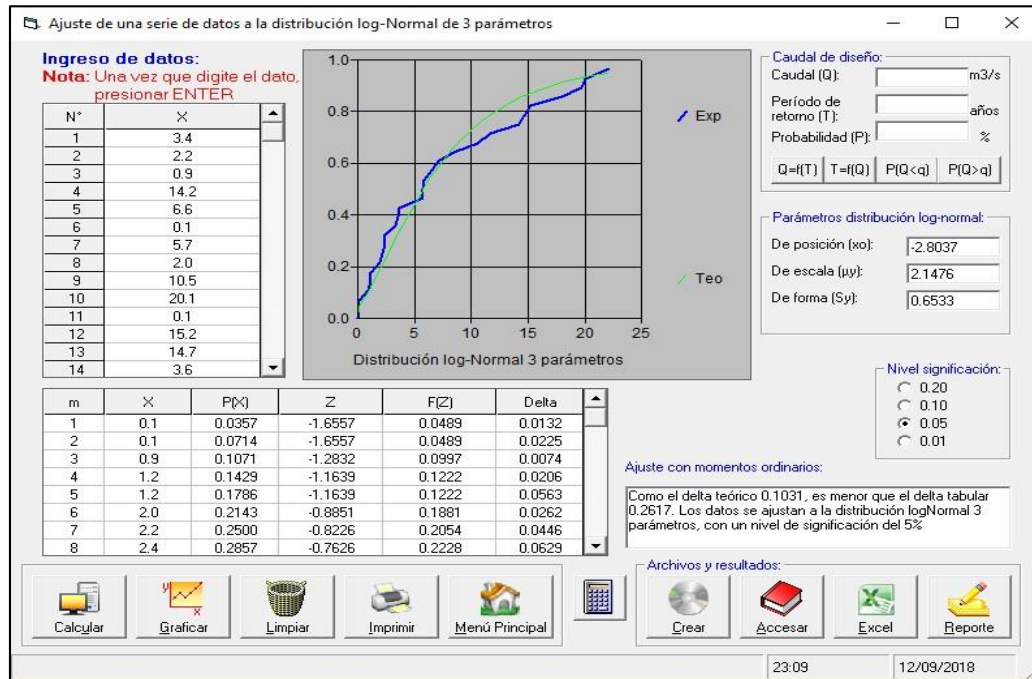
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Log Normal 2 parámetros



### b.1.3 Distribución Log Normal 3 parámetros

Figura 4

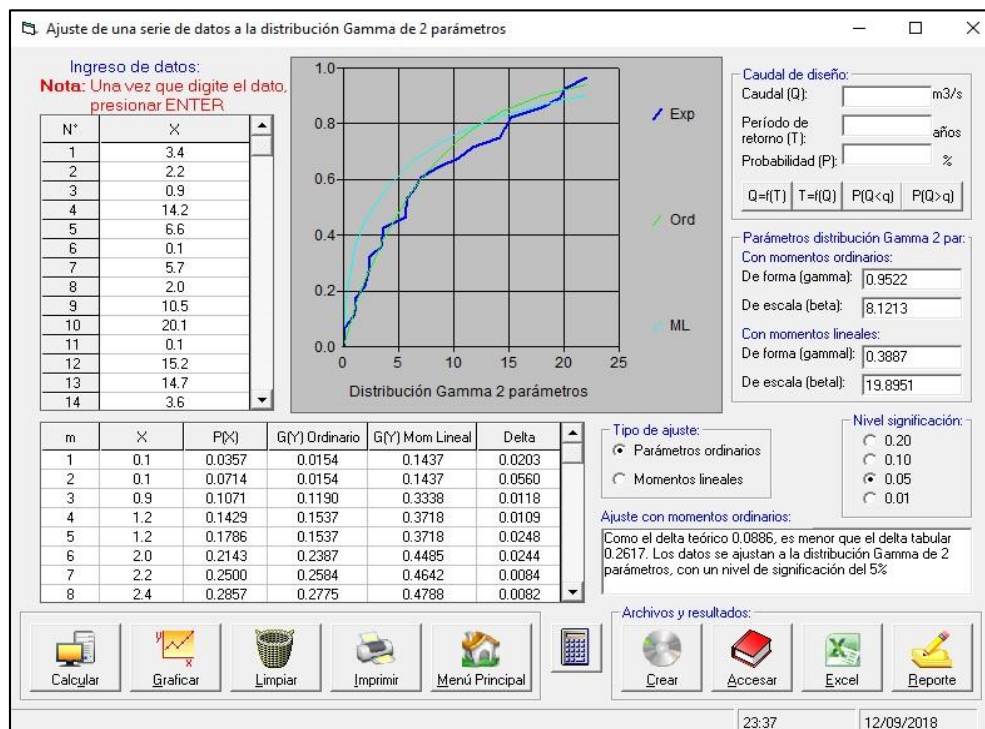
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Log Normal 3 parámetros



### b.1.4 Distribución Gamma 2 parámetros

Figura 5

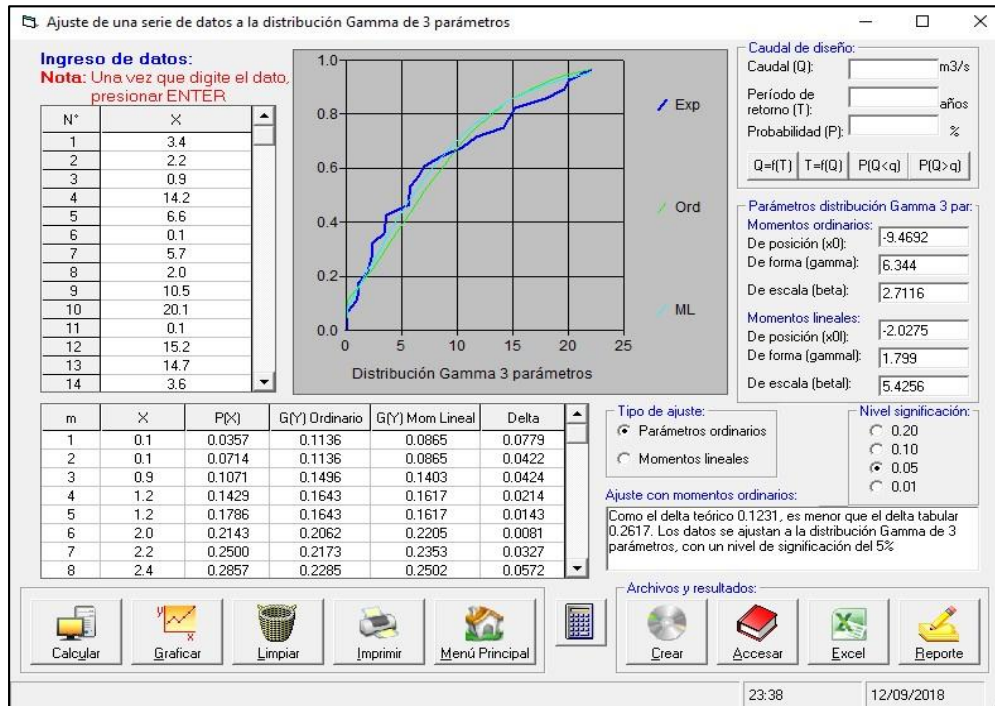
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Gamma 2 parámetros



### b.1.5 Distribución Gamma 3 parámetros

Figura 6

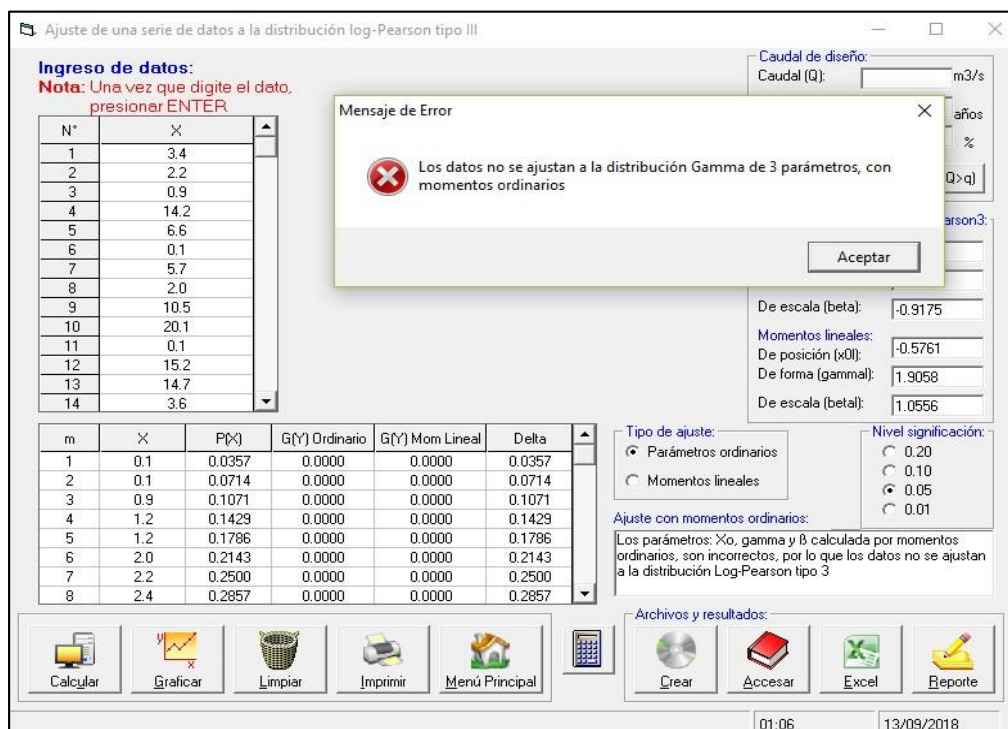
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Gamma 3 parámetros



### b.1.6 Distribución Log Pearson tipo III

Figura 7

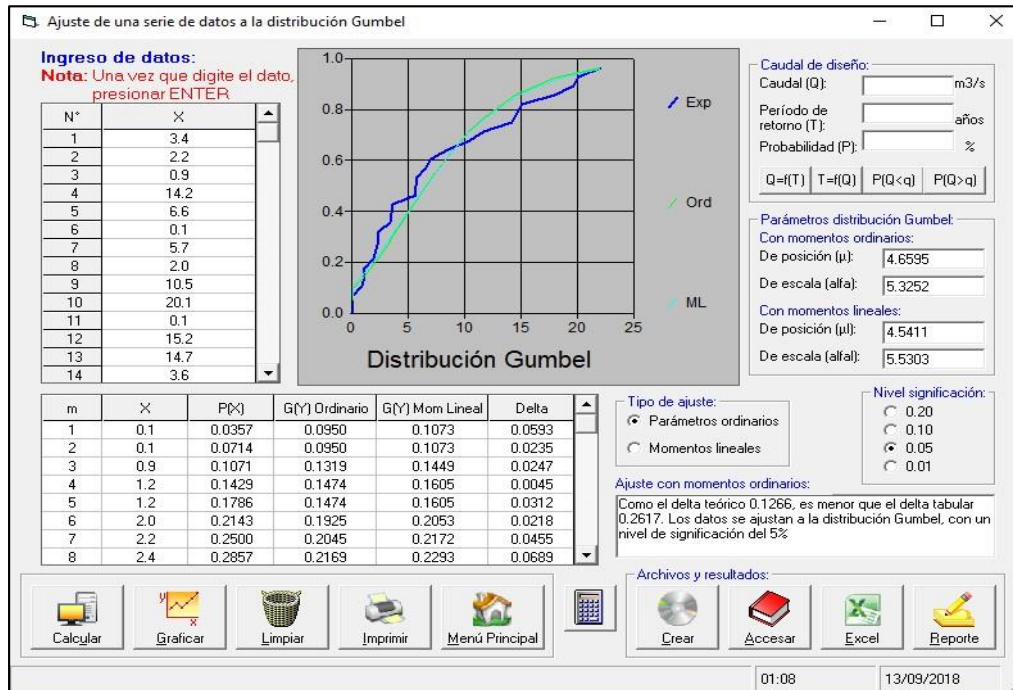
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Log Pearson tipo III



### b.1.7 Distribución Gumbel

Figura 8

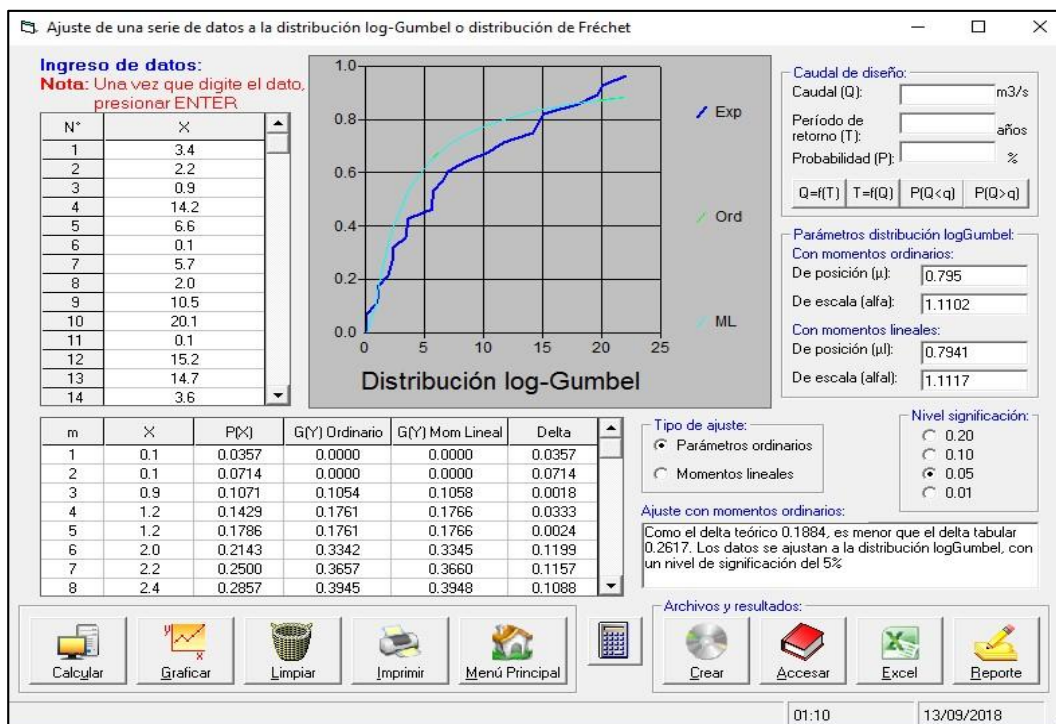
Ajuste de una serie de datos a la Distribución Gumbel



### b.1.8 Distribución Log Gumbel

Figura 9

Ajuste de una serie de datos a la Distribución Log Gumbel



Se proseguirá con la evaluación de las ocho distribuciones, y se escogerá una de ellas siguiendo el principio que se argumenta, el de tomar una curva promedio.

**Tabla 8**

*Precipitaciones (mm) de acuerdo a cada distribución y Periodo de retorno considerado(T)*

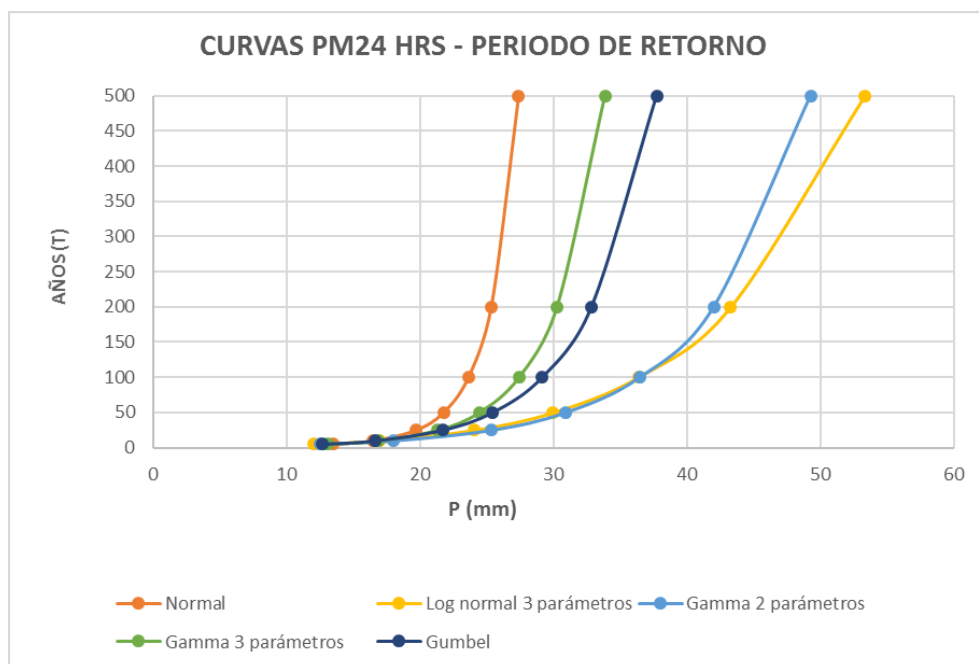
T	Normal	Log normal 2	Log normal 3 parámetros	Gamma 2 parámetros	Gamma 3 parámetros	Log Pearson Tipo 3	Gumbel	Log Gumbel
500	27.39	253.24	53.35	49.28	33.88	NSA	37.75	2193.27
200	25.33	164.67	43.28	42.01	30.28	NSA	32.86	791.74
100	23.62	115.44	36.35	36.47	27.43	NSA	29.16	365.74
50	21.76	78.31	29.97	30.91	24.46	NSA	25.44	168.48
25	19.69	50.86	24.08	25.35	21.33	NSA	21.69	77.16
10	16.49	26.07	16.98	18.02	16.86	NSA	16.64	26.93
5	13.48	13.93	12.04	12.49	13.06	NSA	12.65	11.71

Fuente: Elaboración propia, utilizando el programa HidroEsta.

De las precipitaciones analizadas, la distribución de Log Pearson Tipo 3 no paso el ajuste de Smimoy- Kolmorov. Por lo que se realizará la evaluación entre siete distribuciones, y elegiremos la más representativa del siguiente gráfico:

**Figura 10**

*Curvas de precipitación máxima en 24 horas para cada distribución en periodos de retorno*



Fuente: Elaboración propia.

De las distribuciones que pasan el ajuste, se han tomado 5 curvas que representan la precipitación máxima 24 hrs por cada distribución de retorno, debido a que se encuentran en una posición promedio y más representativa. De éstas 5 elegimos la Distribución Gumbel, dado que su curva se halla en una posición que representa valores medios de los periodos de retorno evaluados.

**Tabla 9**

Datos de precipitación para cada periodo de retorno con D. Gumbel

DATOS DE DISTRIBUCIÓN GUMBEL	
500	37.75
200	32.86
100	29.16
50	25.44
25	21.69
10	16.64
5	12.65

Fuente: Elaboración propia, datos de precipitación para cada periodo de retorno usando la distribución Gumbel.

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

Pd= Precipitación total (mm)

D= Duración en minutos

P24h= Precipitación máxima en 24 horas (mm)

**Tabla 10**

Precipitaciones (mm) en duraciones (min)

T (años)	P (mm)	5	10	30	60	120	140	240	480	720
<b>500</b>	37.75	9.16	10.90	14.34	17.06	20.28	21.08	24.12	28.68	31.74
<b>200</b>	32.86	7.98	9.49	12.48	14.85	17.66	18.35	21.00	24.97	27.63
<b>140</b>	30.96	7.52	8.94	11.76	13.99	16.63	17.29	19.78	23.52	26.03
<b>100</b>	29.16	7.08	8.42	11.08	13.17	15.67	16.28	18.63	22.16	24.52
<b>50</b>	25.44	6.18	7.34	9.67	11.49	13.67	14.21	16.25	19.33	21.39
<b>25</b>	21.69	5.27	6.26	8.24	9.80	11.65	12.11	13.86	16.48	18.24
<b>10</b>	16.64	4.04	4.80	6.32	7.52	8.94	9.29	10.63	12.64	13.99
<b>5</b>	12.65	3.07	3.65	4.81	5.72	6.80	7.06	8.08	9.61	10.64

Fuente: Elaboración propia.

**c) Intensidades**

$$i = \left( \frac{P}{T_d} \right)$$

Donde:

P: Profundidad de lluvia (mm)

Td: Duración (horas)

**Tabla 11**

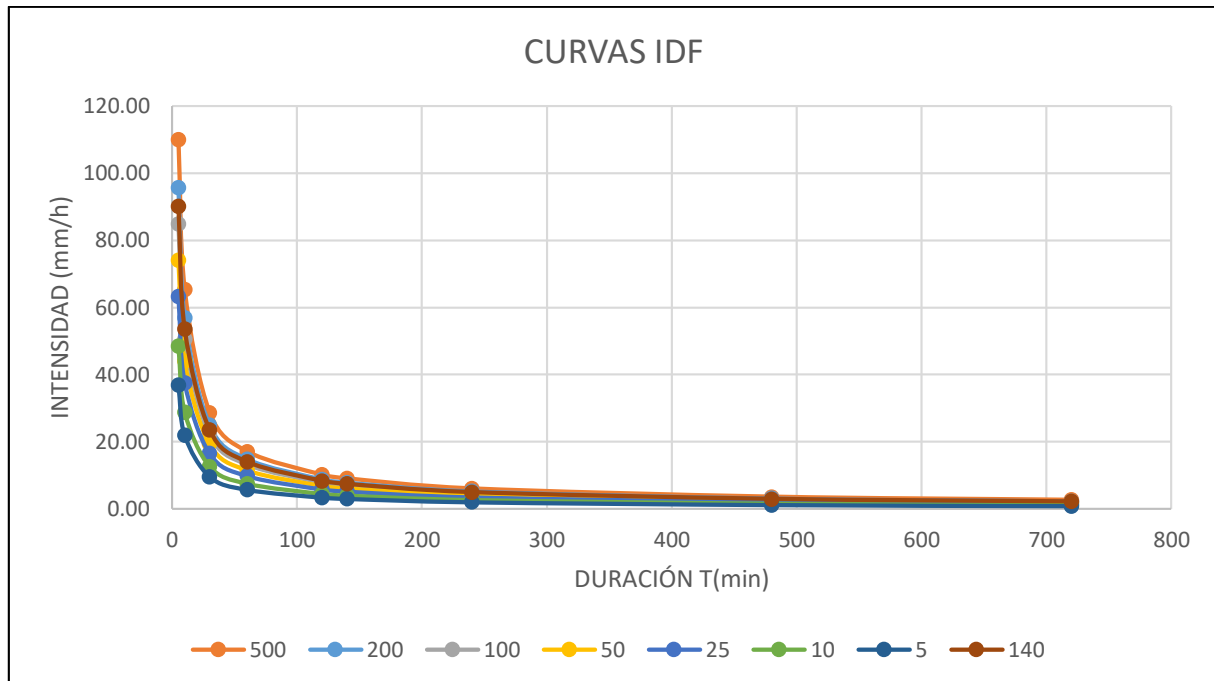
Intensidades de lluvia (mm/h), para cada periodo de retorno

T (años)	P (mm)	5	10	30	60	120	140	240	480	720
<b>500</b>	37.75	109.96	65.38	28.68	17.06	10.14	9.03	6.03	3.59	2.65
<b>200</b>	32.86	95.72	56.92	24.97	14.85	8.83	7.86	5.25	3.12	2.30
<b>140</b>	30.96	90.18	53.62	23.52	13.99	8.32	7.41	4.95	2.94	2.17
<b>100</b>	29.16	84.94	50.51	22.16	13.17	7.83	6.98	4.66	2.77	2.04
<b>50</b>	25.44	74.11	44.06	19.33	11.49	6.83	6.09	4.06	2.42	1.78
<b>25</b>	21.69	63.18	37.57	16.48	9.80	5.83	5.19	3.46	2.06	1.52
<b>10</b>	16.64	48.47	28.82	12.64	7.52	4.47	3.98	2.66	1.58	1.17
<b>5</b>	12.65	36.85	21.91	9.61	5.72	3.40	3.03	2.02	1.20	0.89

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 11**

Curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF)



Fuente: Elaboración propia.

**d) Tiempo de Concentración (tc)**

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca. Para el tiempo de concentración se hallará usando la fórmula de California Culverts que establece el Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje Para cuencas pequeñas.

**Figura 12**

Método de California Culverts

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA $t_c$ (minutos)	OBSERVACIONES
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC.

L= 2850 metros

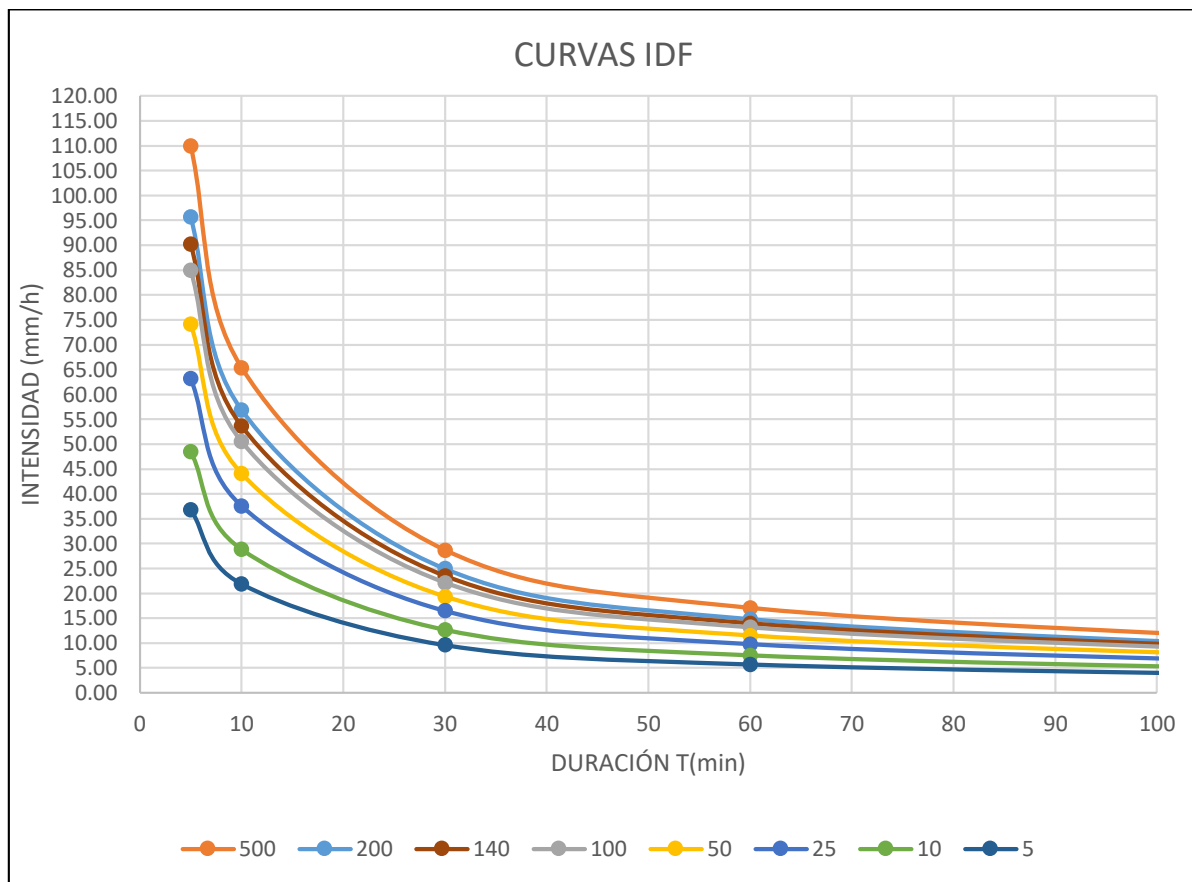
$H= 5.5$  metros  $t_c= 98.9$ min.

Por lo que usaremos un  $t_c = 100$  min.

Posteriormente interceptamos las curvas de frecuencia para el tiempo de concentración estimado, obteniendo las siguientes intensidades para cada periodo retorno respectivamente:

**Figura 13**

Intercepción del  $t_c$  en las Curvas de IDF



Fuente: Propia

Interceptando las curvas de frecuencia para el tiempo de concentración estimado, obtenemos las siguientes intensidades para cada periodo retorno respectivamente:

**Tabla 12**

Intensidades de lluvia (mm/h), para cada periodo de retorno

<b>P.Retorno (años)</b>	<b>Intensidad mm/h</b>
<b>500</b>	12.45
<b>200</b>	10.83
<b>140</b>	10.21
<b>100</b>	9.61
<b>50</b>	8.38
<b>25</b>	7.15
<b>10</b>	5.79
<b>5</b>	4.17

Fuente: Propia.

**e) Caudal de Diseño**

$$Q = 0.278 CIA$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escorrentía (Ver Imagen N.º 10) I:

Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

**Figura 14**

Coeficiente de Escorrentía – Método Racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC.

Reemplazando datos:

$$C = 0.45$$

$$I = 10.21 \text{ mm/h}$$

$$A = 8.98 \text{ km}^2$$

$$Q = \mathbf{11.47 \text{ m}^3/\text{s.}} \text{ (Periodo de Retorno para 140 años)}$$

**Tabla 13**Caudales (m<sup>3</sup>/seg), para cada periodo de retorno

P. RETORNO (años)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
500	13.99
200	12.17
140	11.47
100	10.80
50	9.41
25	8.03
10	6.50
5	4.68

Fuente: Propia.

**Figura 15**

Caudal máximo utilizando el método Racional

Fuente: Propia – Software HidroEsta

### 4.3 Estudios Hidráulicos

Con los caudales obtenidos por simulación hidrológica obtenida para periodos de retorno de 5,10, 25, 50, 100, 140, 200 y 500 años, se aplica el modelo hidráulico de simulación del flujo HEC-RAS.

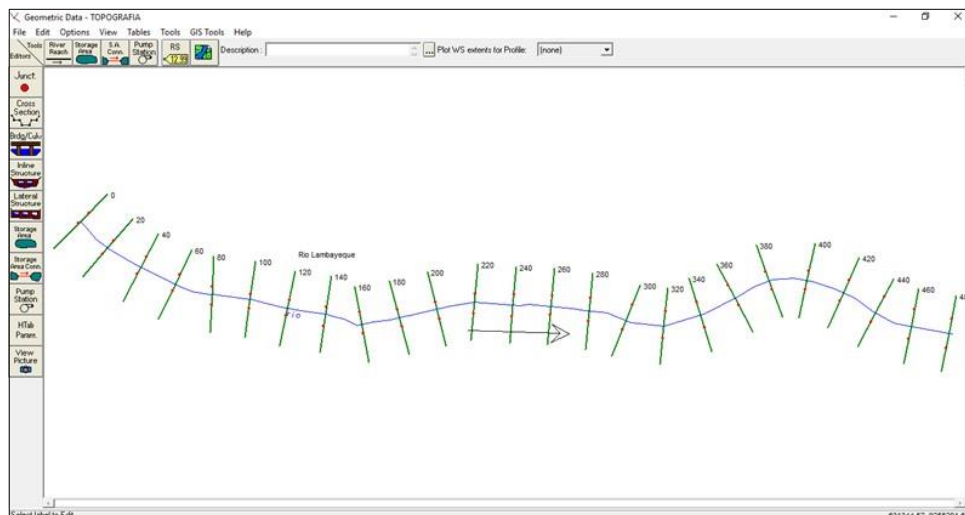
#### 4.3.1 Esquema para el análisis hidráulico

Para comenzar con el cálculo hidráulico se siguieron los siguientes pasos:

- Se modeló la topografía de la zona del puente y sus características hidráulicas (secciones transversales y alineamientos)

**Figura 16**

Topografía de la zona del puente



Fuente: Propia – Programa HEC-RAS

- Se calculó el coeficiente de Rugosidad - Manning (“n”) con que se trabajaría. En este estudio emplearemos el método Cowan porque se ajusta muy bien al tipo de datos disponibles producto de la visita de campo realizada:

$$n = m_5(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

**Tabla 14**

Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente

n

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material Involucrado	Tierra	n <sub>0</sub>	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n <sub>1</sub>	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n <sub>2</sub>	0.000
	Ocasionalmente Alternante		0.050
	Frecuentemente Alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n <sub>3</sub>	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n <sub>4</sub>	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los Efectos por Meandro	Menor	m <sub>5</sub>	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC.

Con estos valores señalados:  $n = 1*(0.02+0.005+0.01+0.01+0.025) = 0.07$

Adoptamos un coeficiente de rugosidad de 0.035 para el cauce principal.

c) Con el cálculo del coeficiente de rugosidad encontrado, editamos los valores:

**Figura 17**

Coefficiente de Rugosidad Manning

Edit Manning's n or k Values

River:   Edit Interpolated XS's

Reach:

Channel n Values have a light green background

Selected Area Edit Options

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	480	n	0.07	0.035	0.07
2	460	n	0.07	0.035	0.07
3	440	n	0.07	0.035	0.07
4	420	n	0.07	0.035	0.07
5	400	n	0.07	0.035	0.07
6	380	n	0.07	0.035	0.07
7	360	n	0.07	0.035	0.07
8	340	n	0.07	0.035	0.07
9	320	n	0.07	0.035	0.07
10	300	n	0.07	0.035	0.07
11	280	n	0.07	0.035	0.07
12	260	n	0.07	0.035	0.07
13	240	n	0.07	0.035	0.07
14	220	n	0.07	0.035	0.07
15	200	n	0.07	0.035	0.07
16	180	n	0.07	0.035	0.07
17	160	n	0.07	0.035	0.07
18	140	n	0.07	0.035	0.07

Fuente: Propia – Programa HEC-RAS

d) Ingresamos los caudales encontrados en el cálculo Hidrológico para cada periodo de retorno respectivamente:

Ingreso del Caudal

**Figura 18**

Ingreso del Caudal

Steady Flow Data - CAUDAL

File Options Help

Enter/Edit Number of Profiles (25000 max):  Reach Boundary Conditions ... Apply Data

Locations of Flow Data Changes

River:  Add Multiple...

Reach:  River Sta.:  Add A Flow Change Location

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	T= 140 AÑOS	T= 500 AÑOS
1	rio	Rio Lambayeque	480	11.47 13.99

Edit Steady flow data for the profiles (m3/s)

Fuente: Propia – Programa HEC-RAS

e) Agregamos las condiciones de contorno para una Normal Depth.

**Figura 19**

Condiciones de Contorno

Steady Flow Boundary Conditions

Set boundary for all profiles  Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

Known W.S. Critical Depth Normal Depth Rating Curve Delete

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
rio	Rio Lambayeque	all		Normal Depth S = 0.004

Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ... OK Cancel Help

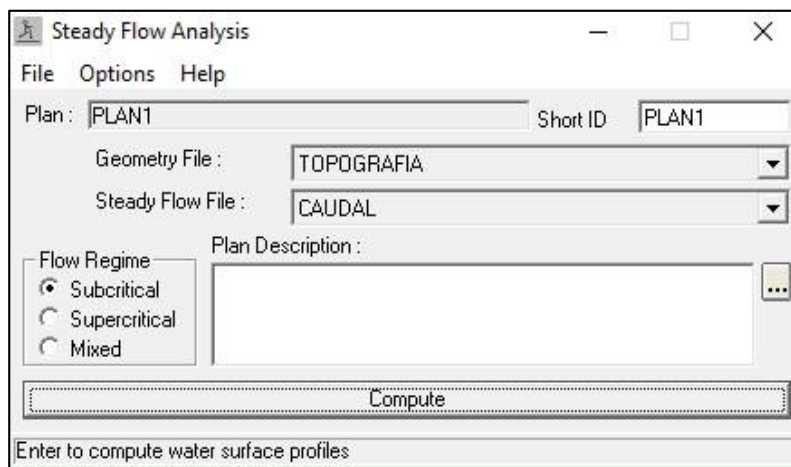
Enter to accept data changes.

Fuente: Propia – Programa HEC-RAS

f) Creamos un nuevo Plan.

**Figura 20**

*Nuevo Plan en Steady Flow Analysis*

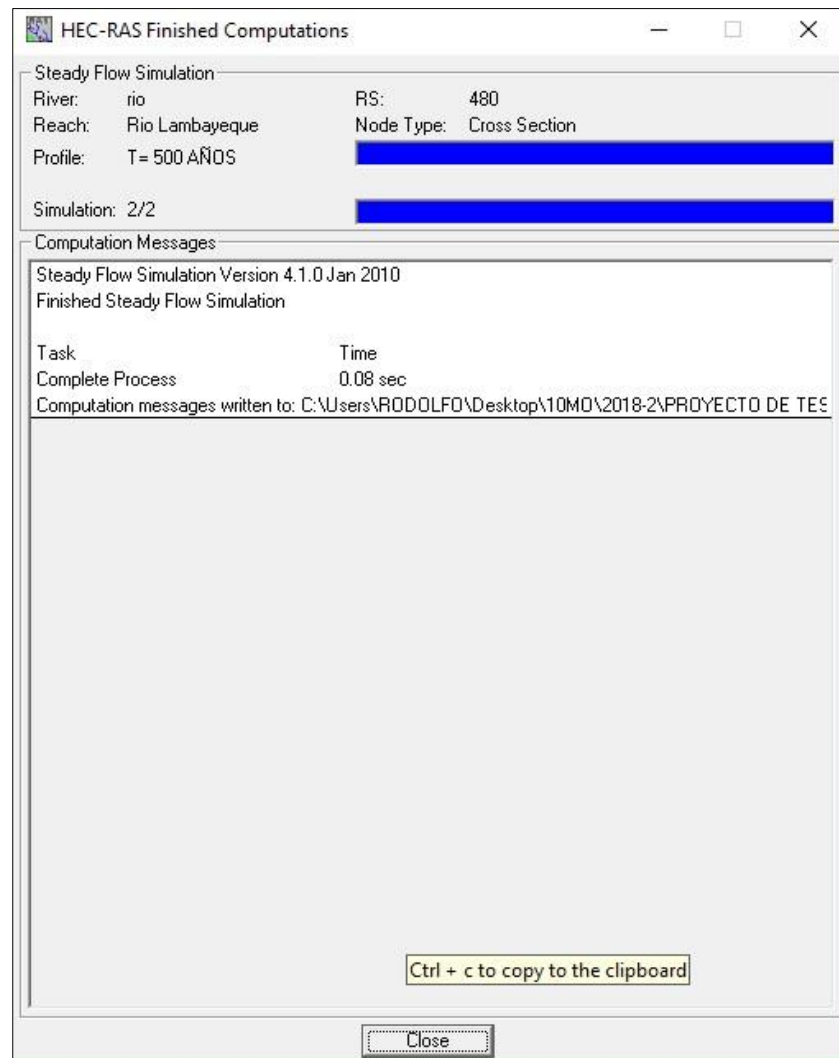


Fuente: Propia – Programa HEC-RAS

g) Clic en Compute para iniciar el análisis.

## Figura 21

### Computations

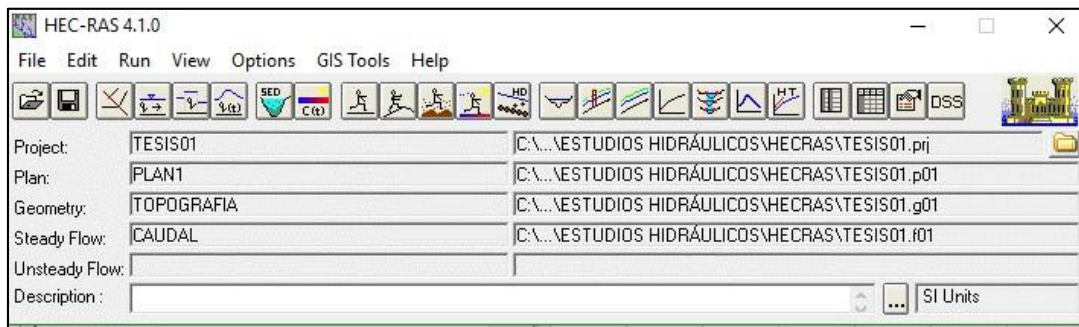


Fuente: Propia – Programa HEC-RAS

h) Finalmente tenemos todas las opciones disponibles para analizar.

### Figura 22

Menu

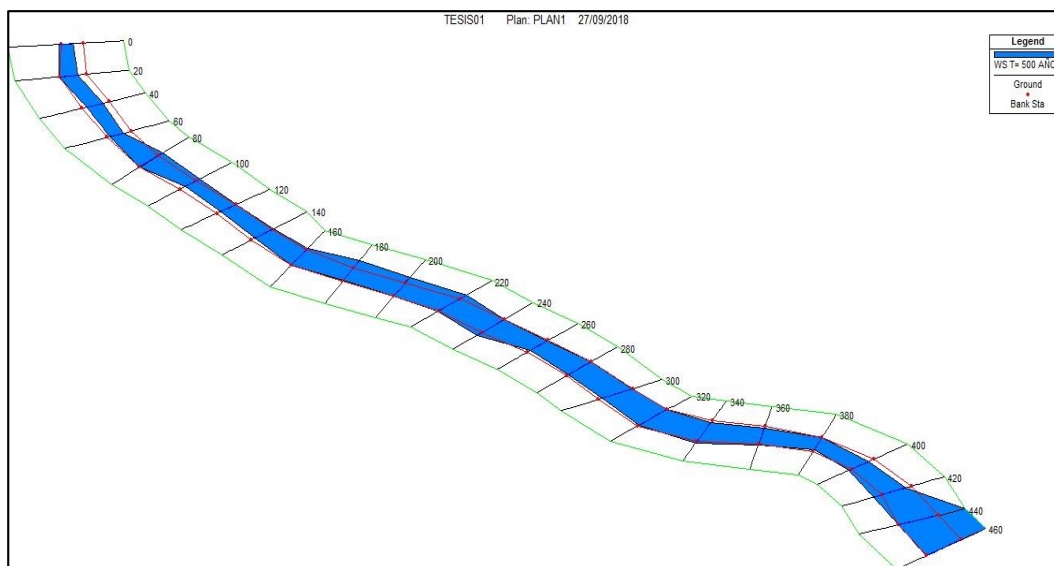


Fuente: Propia \_ Programa HEC-RAS

## 4.3.2 Resultado Modelamiento Hidráulico

### Figura 23

Resultado del modelamiento Hidráulico

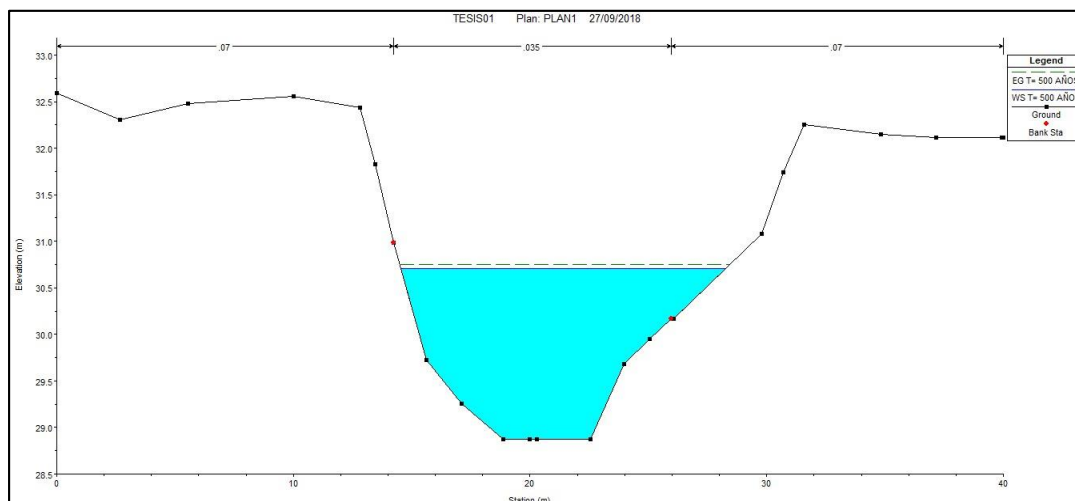


Fuente: Propia \_ Programa HEC-RAS

## 4.3.3 Características de la sección de Interés

**Figura 24**

Sección de ubicación del puente



Fuente: Propia – Programa HEC-RAS

**Tabla 15**

Parámetros Hidráulicos de la sección 240

PARÁMETROS HIDRÁULICOS	VALOR	UND
Cota de Línea de Energía	30.75	m
Carga de Velocidad	0.05	m
Cota de Nivel de agua	30.07	m
Pendiente de la L.E	0.000891	m/m
Q total	13.99	m <sup>3</sup> /seg
Ancho Superficial	20	m
Velocidad Total	0.92	m/seg
Tirante máximo	1.63	m
Cota máx	30.7	m
Cota fondo	28.87	m

Fuente: Propia – HEC-RAS

**4.3.4 Sección estable del cauce****a) Método de Simons y Henderson**

Se emplea la fórmula:

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

El valor K1 se obtiene en función de las características del suelo del río Lambayeque:

**Tabla 16**

Sección estable del río – Método de Simon y Henderson

Condiciones de Fondo de Río	K1
Fondo arena y orillas de material cohesivo	4.2
Fondo y orillas de material cohesivo	3.6
Fondo y orillas de grava	2.9
Fondo de arena y orillas material no cohesivo	2.8

Fuente: Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación - PERPEC de la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales - ANA

El valor de Q es 13.99 m<sup>3</sup>/s de acuerdo al estudio hidrológico. La sección estable por este método es igual a 10.47m.

**b) Método de Altunin – Manning**

$$B = \left( \frac{Q^{1/2}}{S^{1/5}} \right) (nK^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

La pendiente S se obtuvo del estudio topográfico, adoptándose un valor promedio igual a 0.03. El coeficiente n se estableció anteriormente durante el modelamiento de la inundación adoptándose 0.070. El coeficiente K es un valor que depende del material del cauce:

**Tabla 17**

Sección estable del río – Método de Altunin - Manning

Descripción	K
Material de cauce muy resistente = 3 a 4	3
Material fácilmente erosionable = 16 a 20	16

Material aluvial	12
Valor práctico = 10	10

Fuente: Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación - PERPEC de la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales - ANA

**c) Método de Blench**

Se emplea la fórmula:

$$B = 1.81 \left( Q \frac{F_b}{F_s} \right)^{1/2}$$

El factor de fondo  $F_b$  y el factor de orilla  $F_s$  se obtienen de la tabla siguiente:

**Tabla 18**

Sección estable del río – Método de Blench

Factor de Fondo	Fb
Material Fino	0.8
Material Grueso	1.2
Factor de Orilla	Fs
Materiales sueltos	0.1
Materiales ligeramntne cohesivos	0.2
Materiales cohesivos	0.3

Fuente: Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación - PERPEC de la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales - ANA

La sección estable por este método es igual a 19.15 m.

**d) Método de Pettis**

Se emplea la fórmula:

$$B = 4.44 Q^{0.5}$$

La sección estable para este método es 16.60 m.

**e) Resumen de resultados**

**Tabla 19**

Resumen de resultados

MÉTODO	B(m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	10.47
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	12.99
MÉTODO DE BLENCH	19.15
MÉTODO DE PETTIS	16.61

Para este caso escogeremos el valor más crítico que es el del método de Blench, que registra un ancho estable de 19.15 m. Adoptamos con fines de diseño, un ancho estable de 20m.

#### 4.3.5 Estimación de Socavaciones

##### a) Socavación General

Para el cálculo se ha empleado la fórmula de LL. Van Levediev. [5]

Para suelos no cohesivos : [6]

$$H_s = \left[ \frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \phi D_m^{0.28}} \right]^{1/X}$$

Donde:

H<sub>s</sub>-h: Profundidad de socavación (m) h:

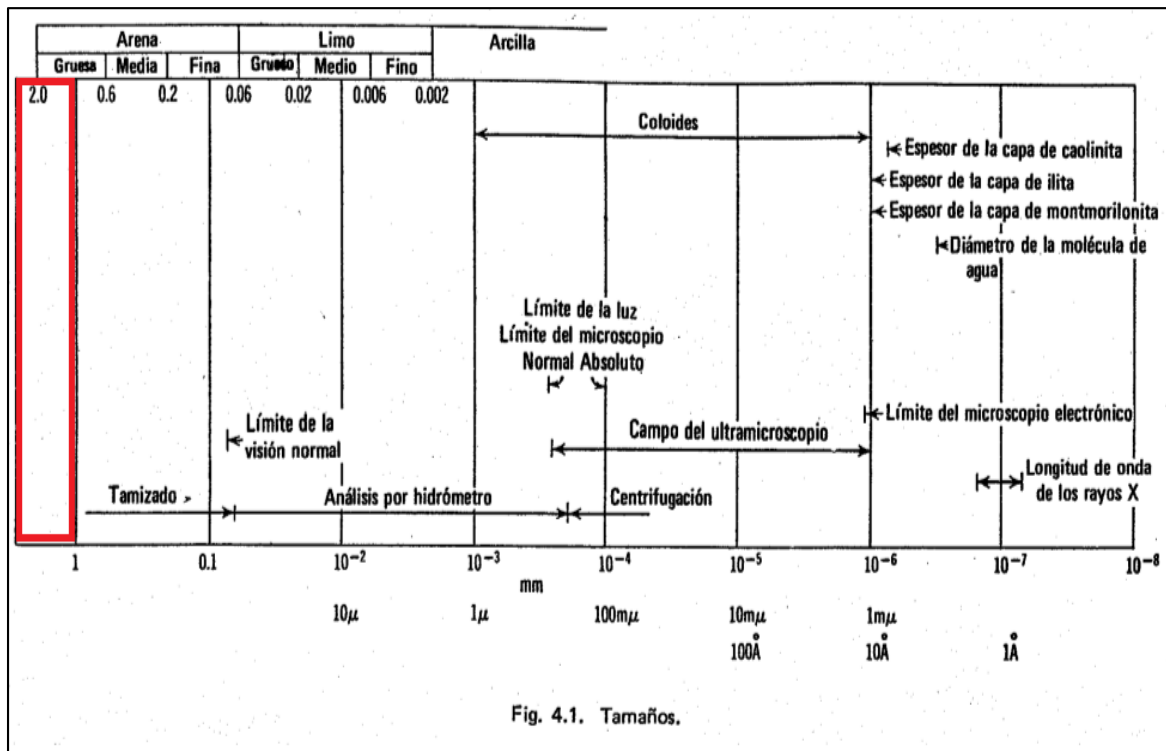
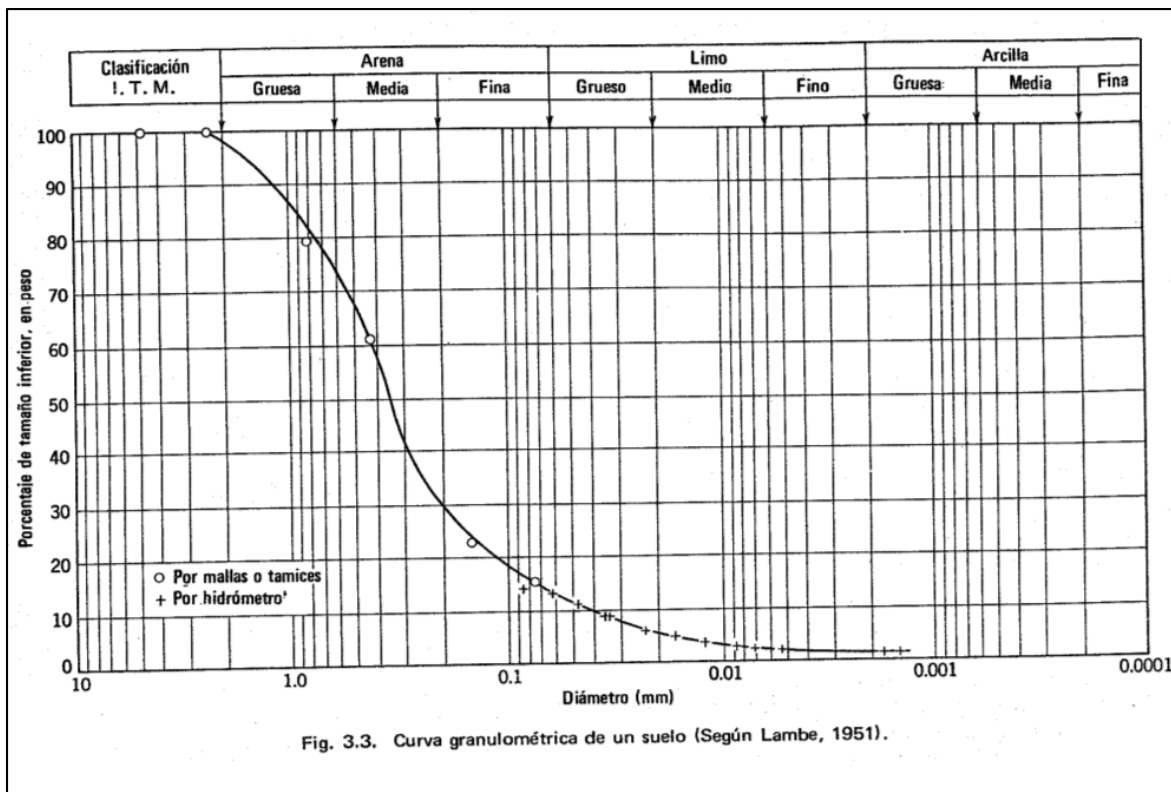
Tirante de agua (m)

D<sub>m</sub>: Diámetro característico del lecho (mm) β:

Coficiente de frecuencia. μ: Factor de corrección por contracción del cauce. φ: Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

El coeficiente α se obtiene de la relación siguiente:

$$\alpha = \frac{Q}{t_m^{5/3} B}$$



**Tabla 20**

Clasificación según el tamaño de partículas según Lambe

TAMAÑO (mm)	TIPO DE MATERIAL
>0.002	Arcilla fina
>0.002	Arcilla media
>0.002	Arcilla gruesa
0.002	Limo fino
0.006-0.002	Limo medio
0.002-0.06	Limo grueso
0.06-0.2	Arena fina
0.2-0.6	Arena media
<b>2</b>	<b>Arena muy gruesa</b>

Elaboración Propia.

El tipo de material predominante en todo el ámbito de estudio que fue obtenida mediante una prospección geoelectrica es “Arena muy gruesa”; al hacer uso de la tabla de correlación obtenemos un diámetro medio de partícula igual a:  $D_m = 2\text{mm}$ .

El coeficiente  $\beta$  está en función del periodo y de la probabilidad de retorno adoptados, y lo determinamos según la siguiente tabla:

**Tabla 21**Coeficiente  $\beta$ 

Periodo de retorno (Años)	Probabilidad de retorno (%)	$\beta$
2	50	0.82
5	20	0.86
10	10	0.9
20	5	0.94
50	2	0.97
100	1	1
300	0.33	1.03
<b>500</b>	<b>0.2</b>	<b>1.05</b>
1000	0.1	1.07

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC.

Se tiene un valor de  $\beta = 1.05$

En la siguiente tabla se muestra el factor de corrección por contracción del cauce  $\mu$ .

**Tabla 22**

Factor de corrección del cauce  $\mu$

V (m/s)	Luz libre (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
>4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC.

Como tenemos una Velocidad media de 0.95 tomaremos el valor  $\mu=1$  Para el valor de  $\phi$ , tenemos para agua clara: si T/m<sup>3</sup> (agua clara)  $\phi = 1.0$

El valor de "x" y de "1(x+1)" se obtiene en función de la siguiente tabla:

**Tabla 23**

Coeficiente x

D (mm)	X	$\frac{1}{(x+1)}$
0.05	0.43	0.70
0.15	0.42	0.70
0.50	0.41	0.71
1.00	0.40	0.71
<b>1.50</b>	<b>0.39</b>	<b>0.72</b>
<b>2.50</b>	<b>0.38</b>	<b>0.72</b>
4.00	0.37	0.73
6.00	0.36	0.74
8.00	0.35	0.74
10.00	0.34	0.75
15.00	0.33	0.75
20.00	0.32	0.76
25.00	0.31	0.76

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC.

Para un  $D_m$  de de 2mm tenemos un valor de  $1/(x+1) = 0.72$

La profundidad de socavación  $H_s-h$ : es la diferencia entre el tirante de la socavación y el tirante normal determinado en el cálculo hidráulico:

$$H_s = 1.72m \quad h =$$

$$1.63m$$

Tenemos un Profundidad de socavación de  $H_s - h = 0.090$  m, por lo tanto, tenemos una socavación general de 9 cm; debido a tener caudales y velocidades relativamente pequeños. Del mismo modo saber que para cimentaciones superficiales, la profundidad de cimentación como mínimo será de 1m por debajo de la profundidad de socavación calculada. Tenemos un Profundidad de socavación de  $H_s - h = 0.090$  m, por lo tanto, tenemos una socavación general de 9 cm; debido a tener caudales y velocidades relativamente pequeños.

Del mismo modo saber que para cimentaciones superficiales, la profundidad de cimentación como mínimo será de 1m por debajo de la profundidad de socavación calculada.

#### **b) Socavación Local en Estribos**

No se tiene socavación local debido a que anteriormente se ha hecho el cálculo de “Sección Estable del Cauce”, de este modo se ha aumentado el ancho estable, para que así el ancho del puente sea mayor que el ancho del río; por lo que el estribo no sufrirá socavación.

### **4.4 Estudio de Mecánica de Suelos**

#### **4.4.1 Objetivos de Estudio**

El presente estudio tiene por objeto determinar las características mecánicas del suelo donde se desarrollará el presente proyecto de tesis.

#### **4.4.2 Características del Proyecto**

La cuenca trabajada tiene pendientes que van de 0,1% a 5% %, donde predominan cultivos agrícolas como caña de azúcar, arroz y camote. La infraestructura corresponderá a un puente con un respectivo diseño.

#### **4.4.3 Condiciones Climáticas**

La provincia de Chiclayo posee un clima cálido húmedo tropical y semi seco tropical.

#### **4.4.4 Análisis Geotécnico de los materiales**

Para obtener las características del suelo, se realizó una correlación de datos que estipula Lambe y Whitman en su libro Mecánica de Suelos [6]; la correlación se da entre el tipo de material obtenido en la prospección geoelectrica y una serie de tablas que determinan las características que presenta los estratos. Para obtener las características del suelo, se realizó una correlación de datos que estipula Lambe y Whitman en su libro Mecánica de Suelos [6]; la correlación se da entre el tipo de material obtenido en la prospección geoelectrica y una serie de tablas que determinan las características que presenta los estratos. Para obtener las características del suelo, se realizó una correlación de datos que estipula Lambe y

Whitman en su libro Mecánica de Suelos [6]; la correlación se da entre el tipo de material obtenido en la prospección geoelectrica y una serie de tablas que determinan las características que presenta los estratos.

### Figura 25

Muestras extraídas de Campo



Fuente: Propia

#### a) Estribo Izquierdo, hacia Chiclayo (C-1)

Este perfil está conformado principalmente por Arenas y Gravas con presencia de arcillas saturadas.

Nivel 01 (0.30m-1.00m): Arcillas con presencia de arena y humedad

Nivel 02 (1.00m-3.00m): Arenas y gravas con presencia de arcillas saturadas.

#### b) Estribo Derecho, hacia Capote (C-2)

Este perfil está conformado principalmente por Arenas y Gravas con presencia de arcillas saturadas.

Nivel 01 (0.50m-1.50m): Arcillas con presencia de arena y humedad

Nivel 02 (1.50m-3.00m): Arenas y gravas con presencia de arcillas saturadas.

### c) Cauce de Río

Debido a la presencia constante de agua en el cauce, no se realizó una calicata y en su lugar se hizo un agujero de aproximadamente un metro de profundidad del cual se pudo extraer muestra.

Nivel 01 (0.00m-1.00m): Arena pobremente graduada.

### a) Estribo Izquierdo, hacia Chiclayo (C-1)

Este perfil está conformado principalmente por Arenas y Gravas con presencia de arcillas saturadas.

Nivel 01 (0.30m-1.00m): Arcillas con presencia de arena y humedad

Nivel 02 (1.00m-3.00m): Arenas y gravas con presencia de arcillas saturadas.

### b) Estribo Derecho, hacia Capote (C-2)

Este perfil está conformado principalmente por Arenas y Gravas con presencia de arcillas saturadas.

Nivel 01 (0.50m-1.50m): Arcillas con presencia de arena y humedad

Nivel 02 (1.50m-3.00m): Arenas y gravas con presencia de arcillas saturadas.

### c) Cauce de Río

Debido a la presencia constante de agua en el cauce, no se realizó una calicata y en su lugar se hizo un agujero de aproximadamente un metro de profundidad del cual se pudo extraer muestra.

Nivel 01 (0.00m-1.00m): Arena pobremente graduada.

## 4.5 Estudio Geoeléctricos

### 4.5.1 Antecedentes

Se llevó a cabo en el mes de Setiembre del presente año un estudio de Prospección

Geoeléctrica utilizando la metodología de Sondajes Eléctricos Verticales (SEV's), los mismo que fueron ejecutados en 02 puntos pre establecidos por el solicitante, en las márgenes del río Lambayeque – Distrito de Picsi – Departamento de Lambayeque.

**Figura 26**

Margen Izquierdo Río Lambayeque



Fuente: Propia

**4.5.2 Ubicación de la zona****Tabla 24**

Coordenadas UTM de Sondajes Eléctricos Verticales

N° SEV	NORTE	ESTE
01 - Margen Izquierda	9255100	631310
02 - Margen Derecha	9255127	631295

**Figura 27**

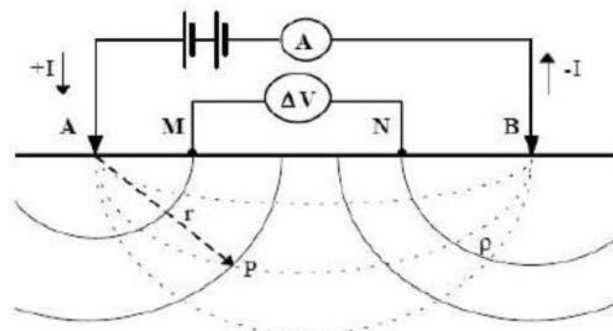
Vista satelital de Sondajes Eléctricos Verticales (Google Earth)



#### 4.5.3 Método de la Prospección Geoeléctrica

**Figura 28**

Principio de medida de la resistividad del suelo



**Figura 29**

Instrumentos



#### 4.5.4 Conclusiones y resultados

##### Conclusiones

- Se realizaron 02 Sondajes Eléctricos Verticales (SEV's), en ambas márgenes del río Lambayeque, puntos predefinidos por el solicitante del ensayo.
- Se utilizó el dispositivo o configuración electrónica Schlumberger.
- Se alcanzó una extensión máxima de línea de corriente de 293.60 m, 146.8m por lado, identificado como separación AB.
- La profundidad de exploración alcanzada es aproximadamente 65 metros, cumpliéndose la relación teórica: longitud de línea de corriente dividido entre 3 igual a la profundidad máxima de exploración.
- Los datos de campo se analizaron con el Software IPI2WIN, con el cual se generaron curvas de resistividad del terreno estudiado y se obtuvo un modelo geoelectrico.
- El error para el cálculo del modelo geoelectrico se mantuvo entre 1% y 5%, que es lo recomendado por los programadores del Software IPI2WIN (Universidad Estatal de Moscú).
- En los resultados de los modelos geoelectricos podemos observar estratos generados en base a las variaciones de resistividad del suelo, así como su espesor correspondiente.

- Basados en los resultados de los modelos geoeléctricos se establecieron perfiles litológicos, las cuales son representaciones gráficas que buscan una aproximación referencial de los estratos del área de estudio.
- En los perfiles litológicos la simbología “∞” (infinito) delimita una profundidad máxima de exploración alcanzada, además muestra el inicio de estratos con valores de resistividad muy elevados, los mismos que son indicios de materia compacto compuesto de roca (techo del basamento rocoso).
- La profundidad de exploración alcanzada es aproximadamente 65 metros, cumpliéndose la relación teórica: longitud de línea de corriente dividido entre 3 igual a la profundidad máxima de exploración.
- Los datos de campo se analizaron con el Software IPI2WIN, con el cual se generaron curvas de resistividad del terreno estudiado y se obtuvo un modelo geoeléctrico.
- El error para el cálculo del modelo geoeléctrico se mantuvo entre 1% y 5%, que es lo recomendado por los programadores del Software IPI2WIN (Universidad Estatal de Moscú).
- En los resultados de los modelos geoeléctricos podemos observar estratos generados en base a las variaciones de resistividad del suelo, así como su espesor correspondiente.
- Basados en los resultados de los modelos geoeléctricos se establecieron perfiles litológicos, las cuales son representaciones gráficas que buscan una aproximación referencial de los estratos del área de estudio.
- En los perfiles litológicos la simbología “∞” (infinito) delimita una profundidad máxima de exploración alcanzada, además muestra el inicio de estratos con valores de resistividad muy elevados, los mismos que son indicios de materia compacto compuesto de roca (techo del basamento rocoso).
- Se realizaron 02 Sondajes Eléctricos Verticales (SEV's), en ambas márgenes del río Lambayeque, puntos predefinidos por el solicitante del ensayo.
- Se utilizó el dispositivo o configuración electrónica Schlumberger.
- Se alcanzó una extensión máxima de línea de corriente de 293.60 m, 146.8m por lado, identificado como separación AB.
- La profundidad de exploración alcanzada es aproximadamente 65 metros, cumpliéndose la relación teórica: longitud de línea de corriente dividido entre 3 igual a la profundidad máxima de exploración.

- Los datos de campo se analizaron con el Software IPI2WIN, con el cual se generaron curvas de resistividad del terreno estudiado y se obtuvo un modelo geoelectrico.
- El error para el cálculo del modelo geoelectrico se mantuvo entre 1% y 5%, que es lo recomendado por los programadores del Software IPI2WIN (Universidad Estatal de Moscú).
- En los resultados de los modelos geoelectricos podemos observar estratos generados en base a las variaciones de resistividad del suelo, así como su espesor correspondiente.
- Basados en los resultados de los modelos geoelectricos se establecieron perfiles litológicos, las cuales son representaciones gráficas que buscan una aproximación referencial de los estratos del área de estudio.
- En los perfiles litológicos la simbología “∞” (infinito) delimita una profundidad máxima de exploración alcanzada, además muestra el inicio de estratos con valores de resistividad muy elevados, los mismos que son indicios de materia compacto compuesto de roca (techo del basamento rocoso).
- La profundidad de exploración alcanzada es aproximadamente 65 metros, cumpliéndose la relación teórica: longitud de línea de corriente dividido entre 3 igual a la profundidad máxima de exploración.
- Los datos de campo se analizaron con el Software IPI2WIN, con el cual se generaron curvas de resistividad del terreno estudiado y se obtuvo un modelo geoelectrico.
- El error para el cálculo del modelo geoelectrico se mantuvo entre 1% y 5%, que es lo recomendado por los programadores del Software IPI2WIN (Universidad Estatal de Moscú).
- En los resultados de los modelos geoelectricos podemos observar estratos generados en base a las variaciones de resistividad del suelo, así como su espesor correspondiente.
- Basados en los resultados de los modelos geoelectricos se establecieron perfiles litológicos, las cuales son representaciones gráficas que buscan una aproximación referencial de los estratos del área de estudio.
- En los perfiles litológicos la simbología “∞” (infinito) delimita una profundidad máxima de exploración alcanzada, además muestra el inicio de estratos con

valores de resistividad muy elevados, los mismos que son indicios de materia compacto compuesto de roca (techo del basamento rocoso).

- La profundidad de exploración alcanzada es aproximadamente 65 metros, cumpliéndose la relación teórica: longitud de línea de corriente dividido entre 3 igual a la profundidad máxima de exploración.
- Los datos de campo se analizaron con el Software IPI2WIN, con el cual se generaron curvas de resistividad del terreno estudiado y se obtuvo un modelo geoelectrico.
- El error para el cálculo del modelo geoelectrico se mantuvo entre 1% y 5%, que es lo recomendado por los programadores del Software IPI2WIN (Universidad Estatal de Moscú).
- En los resultados de los modelos geoelectricos podemos observar estratos generados en base a las variaciones de resistividad del suelo, así como su espesor correspondiente.
- Basados en los resultados de los modelos geoelectricos se establecieron perfiles litológicos, las cuales son representaciones gráficas que buscan una aproximación referencial de los estratos del área de estudio.
- En los perfiles litológicos la simbología “∞” (infinito) delimita una profundidad máxima de exploración alcanzada, además muestra el inicio de estratos con valores de resistividad muy elevados, los mismos que son indicios de materia compacto compuesto de roca (techo del basamento rocoso).
- Se realizaron 02 Sondajes Eléctricos Verticales (SEV's), en ambas márgenes del río Lambayeque, puntos predefinidos por el solicitante del ensayo.
- Se utilizó el dispositivo o configuración electrónica Schlumberger.
- Se alcanzó una extensión máxima de línea de corriente de 293.60 m, 146.8m por lado, identificado como separación AB.
- La profundidad de exploración alcanzada es aproximadamente 65 metros, cumpliéndose la relación teórica: longitud de línea de corriente dividido entre 3 igual a la profundidad máxima de exploración.
- Los datos de campo se analizaron con el Software IPI2WIN, con el cual se generaron curvas de resistividad del terreno estudiado y se obtuvo un modelo geoelectrico.

- El error para el cálculo del modelo geoelectrico se mantuvo entre 1% y 5%, que es lo recomendado por los programadores del Software IPI2WIN (Universidad Estatal de Moscú).
- En los resultados de los modelos geoelectricos podemos observar estratos generados en base a las variaciones de resistividad del suelo, así como su espesor correspondiente.
- Basados en los resultados de los modelos geoelectricos se establecieron perfiles litológicos, las cuales son representaciones gráficas que buscan una aproximación referencial de los estratos del área de estudio.
- En los perfiles litológicos la simbología “∞” (infinito) delimita una profundidad máxima de exploración alcanzada, además muestra el inicio de estratos con valores de resistividad muy elevados, los mismos que son indicios de materia compacto compuesto de roca (techo del basamento rocoso).
- La profundidad de exploración alcanzada es aproximadamente 65 metros, cumpliéndose la relación teórica: longitud de línea de corriente dividido entre 3 igual a la profundidad máxima de exploración.
- Los datos de campo se analizaron con el Software IPI2WIN, con el cual se generaron curvas de resistividad del terreno estudiado y se obtuvo un modelo geoelectrico.
- El error para el cálculo del modelo geoelectrico se mantuvo entre 1% y 5%, que es lo recomendado por los programadores del Software IPI2WIN (Universidad Estatal de Moscú).
- En los resultados de los modelos geoelectricos podemos observar estratos generados en base a las variaciones de resistividad del suelo, así como su espesor correspondiente.
- Basados en los resultados de los modelos geoelectricos se establecieron perfiles litológicos, las cuales son representaciones gráficas que buscan una aproximación referencial de los estratos del área de estudio.
- En los perfiles litológicos la simbología “∞” (infinito) delimita una profundidad máxima de exploración alcanzada, además muestra el inicio de estratos con valores de resistividad muy elevados, los mismos que son indicios de materia compacto compuesto de roca (techo del basamento rocoso).
-

## Resultados

**Figura 30**

Resistividades reales y espesores

CAPAS		SEV 01	SEV 02
1	$\rho$	27.90	26.10
	$h$	0.47	0.50
	$d$	0.47	0.50
2	$\rho$	10.00	9.92
	$h$	0.33	0.69
	$d$	0.80	1.19
3	$\rho$	14.80	14.80
	$h$	5.10	5.59
	$d$	5.90	6.78
4	$\rho$	75.40	63.30
	$h$	4.33	5.84
	$d$	10.23	12.62
5	$\rho$	8.92	9.28
	$h$	53.10	6.24
	$d$	63.33	18.86
6	$\rho$	$\infty$	4.21
	$H$	-	46.60
	$D$	-	65.46

Donde:

**SEV:** Sondaje Eléctrico Vertical

$\rho$  : Resistividad Real, ohm-m

$h$  : Espesor de capa, m

$d$  : Profundidad de pie del estrato, m

## 4.6 Estudio de Tráfico

### 4.6.1 Objetivos

Es necesario efectuar los estudios de tráfico correspondiente a volumen y clasificación de tránsito en puntos establecidos para encontrar las características de infraestructura vial.

### 4.6.2 Metodología

La metodología a seguir será la siguiente:

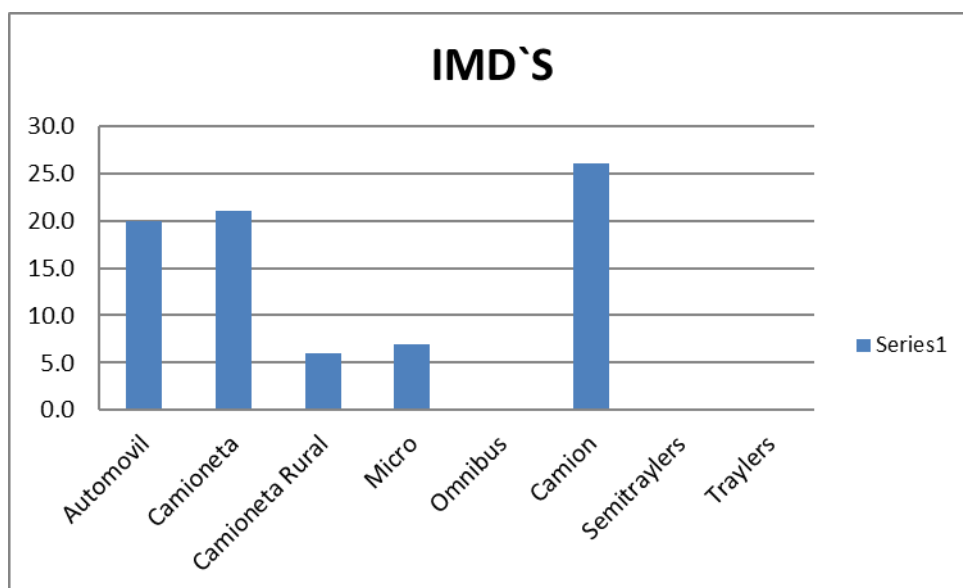
- Conteo de Tráfico
- Clasificación y Tabulación de la Información
- Análisis y consistencia de la información
- Tráfico actual

### 4.6.3 Cálculo del IMDs

**Tabla 25**

Cálculo del IMDs – Resumen

TIPO DE VEHICULO		IMDs	%
Automovil		20.0	25.0
Camioneta		21.0	26.3
Camioneta Rural		6.0	7.5
Micro		7.0	8.8
Omnibus	2E	0.0	0.0
	3E	0.0	0.0
Camion	2E	13.0	16.3
	3E	13.0	16.3
	4E	0.0	0.0
Semitraylers	2S2	0.0	0.0
	2S3	0.0	0.0
	3S2	0.0	0.0
	>=3S3	0.0	0.0
Traylers	2S2	0.0	0.0
	2S3	0.0	0.0
	3S2	0.0	0.0
	>=3S3	0.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>80</b>	<b>100</b>

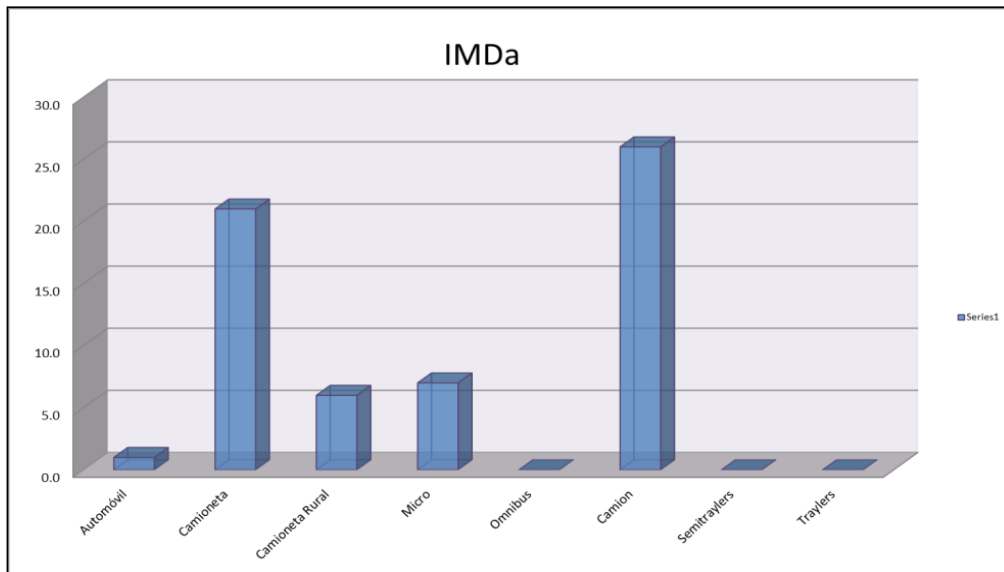


## 4.6.4 Cálculo del IMDa

Tabla 26

Cálculo del IMDa – Resumen

TIPO DE VEHICULO		IMDa	%
Automovil		20.0	25.0
Camioneta		21.0	26.3
Camioneta Rural		6.0	7.5
Micro		7.0	8.8
Omnibus	2E	0.0	0.0
	3E	0.0	0.0
Camion	2E	13.0	16.3
	3E	13.0	16.3
	4E	0.0	0.0
Semitraylers	2S2	0.0	0.0
	2S3	0.0	0.0
	3S2	0.0	0.0
	>=3S3	0.0	0.0
Traylers	2S2	0.0	0.0
	2S3	0.0	0.0
	3S2	0.0	0.0
	>=3S3	0.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>80</b>	<b>100</b>



## 4.7 Diseño estructural

### 4.7.1 Luz y tipo de Estructura

Como ya se eligió la ubicación del puente en el apartado 4.1.1; ahora será necesario tener en cuenta las características del terreno y el comportamiento del río para poder elegir la luz y el tipo de estructura del puente; el cual debe adecuarse a los parámetros que hemos obtenido con anterioridad con los estudios topográficos, hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y de tránsito.

#### a) Luz de la estructura

Para elegir la luz de la estructura nos basaremos en la sección hidráulica y sus parámetros en la que se encuentra ubicado el puente.

El principal factor a tener en cuenta para la obtención de la luz es el ancho del río. Para esto en el apartado 4.3.4 se calculó la “Sección estables del cauce” con diferentes métodos, en la cual se optó por elegir el valor más crítico para el ancho estable, debido que de este modo nos alejaríamos un poco del cauce del río y de este modo evitaríamos la socavación local en los estribos, el valor del ancho estable fue de 19.15 m, pero por fines de diseño optamos un ancho estable de 20m.

Por lo tanto, la luz que elegimos para el puente es de 20m.

## b) Tipo de estructura

Como ya tenemos la luz del puente, ahora debemos elegir el tipo de sistema estructural que se empleará. Para esto debemos tener claro los siguientes parámetros:

- Como el puente se encuentra ubicado en vías vehiculares debe preverse futuras aplicaciones de vía.
- Se debe tener en cuenta el gálibo, que en caso de puentes sobre cursos de agua se debe considerar como mínimo una altura libre de 1.50m sobre el nivel máximo de las aguas. n
- Se debe tener en cuenta el proceso constructivo que se llevaría a cabo para la ejecución de algún tipo de sistema estructural; no se debe encontrar dificultades en la zona del proyecto.
- Se tiene que tener en cuenta los parámetros de la sección transversal en la cual se construirá el puente.

Una vez analizados los parámetros, optamos por diseñar un puente “Losa – Viga” que es recomendado para luces de puentes que se encuentran entre 12 – 25 metros. En este caso las condiciones nos lo permiten, ya que contamos con una luz de 20 metros, un gálibo libre que supera el 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas.

La elección del puente “Losa – Viga” es ideal para la luz que se desea cubrir, así como también es más económico con respecto a otro tipo de puente de la misma luz; cumplirá con un correcto funcionamiento para el cual va a ser diseñado.

- Se debe tener en cuenta el proceso constructivo que se llevaría a cabo para la ejecución de algún tipo de sistema estructural; no se debe encontrar dificultades en la zona del proyecto.
- Se tiene que tener en cuenta los parámetros de la sección transversal en la cual se construirá el puente.

Una vez analizados los parámetros, optamos por diseñar un puente “Losa – Viga” que es recomendado para luces de puentes que se encuentran entre 12 – 25 metros. En este caso las condiciones nos lo permiten, ya que contamos con una luz de 20 metros, un gálibo libre que supera el 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas.

La elección del puente “Losa – Viga” es ideal para la luz que se desea cubrir, así como también es más económico con respecto a otro tipo de puente de la misma luz; cumplirá con un correcto funcionamiento para el cual va a ser diseñado.

- Se debe tener en cuenta el proceso constructivo que se llevaría a cabo para la ejecución de algún tipo de sistema estructural; no se debe encontrar dificultades en la zona del proyecto.
- Se tiene que tener en cuenta los parámetros de la sección transversal en la cual se construirá el puente.

Una vez analizados los parámetros, optamos por diseñar un puente “Losa – Viga” que es recomendado para luces de puentes que se encuentran entre 12 – 25 metros. En este caso las condiciones nos lo permiten, ya que contamos con una luz de 20 metros, un gálibo libre que supera el 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas.

La elección del puente “Losa – Viga” es ideal para la luz que se desea cubrir, así como también es más económico con respecto a otro tipo de puente de la misma luz; cumplirá con un correcto funcionamiento para el cual va a ser diseñado.

#### **4.7.2 Diseño de la estructura**

El diseño estructural dio los siguientes resultados:

- La luz libre del puente es de 20 m (distancia entre entros de luz de los apoyos)
- La losa tendrá un espesor de 20 cm de concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  y contará con un refuerzo de acero según se indique en anexos.
- Se contará con dos carriles para diseño, por lo que el ancho de calzada será de 7.20m.
- El número de vigas principales será de 4 vigas separadas  $s = 2.1\text{m}$ ; con un peralte de 1.40m y una base de 0.50m.
- El peralte de las vigas diafragma será de 1.0 m, la longitud de su base de 0.30m y cumplirán con las disposiciones de los cálculos.
- Para el diseño de las barreras del puente, se propone un modelo de barrera de concreto con perfil basado en la barrera de New Jersey.
- Los estribos contarán con una altura de 7m; que a su vez contarán con apoyos que transmitirán la carga de la superestructura a éstos.

- El diseño de los elementos de la superestructura y subestructura se encontrará detallada en el anexo N°02 Cálculos.

**a) Luz de la estructura**

Para elegir la luz de la estructura nos basaremos en la sección hidráulica y sus parámetros en la que se encuentra ubicado el puente.

El principal factor a tener en cuenta para la obtención de la luz es el ancho del río. Para esto en el apartado 4.3.4 se calculó la “Sección estables del cauce” con diferentes métodos, en la cual se optó por elegir el valor más crítico para el ancho estable, debido que de este modo nos alejaríamos un poco del cauce del río y de este modo evitaríamos la socavación local en los estribos, el valor del ancho estable fue de 19.15 m, pero por fines de diseño optamos un ancho estable de 20m.

Por lo tanto, la luz que elegimos para el puente es de 20m.

**b) Tipo de estructura**

Como ya tenemos la luz del puente, ahora debemos elegir el tipo de sistema estructural que se empleará. Para esto debemos tener claro los siguientes parámetros:

- Como el puente se encuentra ubicado en vías vehiculares debe preverse futuras aplicaciones de vía.
- Se debe tener en cuenta el proceso constructivo que se llevaría a cabo para la ejecución de algún tipo de sistema estructural; no se debe encontrar dificultades en la zona del proyecto.
- Se tiene que tener en cuenta los parámetros de la sección transversal en la cual se construirá el puente.

Una vez analizados los parámetros, optamos por diseñar un puente “Losa – Viga” que es recomendado para luces de puentes que se encuentran entre 12 – 25 metros. En este caso las condiciones nos lo permiten, ya que contamos con una luz de 20 metros, un gálibo libre que supera el 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas.

La elección del puente “Losa – Viga” es ideal para la luz que se desea cubrir, así como también es más económico con respecto a otro tipo de puente de la misma luz; cumplirá con un correcto funcionamiento para el cual va a ser diseñado.

**a) Luz de la estructura**

Para elegir la luz de la estructura nos basaremos en la sección hidráulica y sus parámetros en la que se encuentra ubicado el puente.

El principal factor a tener en cuenta para la obtención de la luz es el ancho del río. Para esto en el apartado 4.3.4 se calculó la “Sección estable del cauce” con diferentes métodos, en la cual se optó por elegir el valor más crítico para el ancho estable, debido que de este modo nos alejaríamos un poco del cauce del río y de este modo evitaríamos la socavación local en los estribos, el valor del ancho estable fue de 19.15 m, pero por fines de diseño optamos un ancho estable de 20m.

Por lo tanto, la luz que elegimos para el puente es de 20m.

**b) Tipo de estructura**

Como ya tenemos la luz del puente, ahora debemos elegir el tipo de sistema estructural que se empleará. Para esto debemos tener claro los siguientes parámetros:

- Como el puente se encuentra ubicado en vías vehiculares debe preverse futuras aplicaciones de vía.
- Se debe tener en cuenta el proceso constructivo que se llevaría a cabo para la ejecución de algún tipo de sistema estructural; no se debe encontrar dificultades en la zona del proyecto.
- Se tiene que tener en cuenta los parámetros de la sección transversal en la cual se construirá el puente.

Una vez analizados los parámetros, optamos por diseñar un puente “Losa – Viga” que es recomendado para luces de puentes que se encuentran entre 12 – 25 metros. En este caso las condiciones nos lo permiten, ya que contamos con una luz de 20 metros, un gálibo libre que supera el 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas.

La elección del puente “Losa – Viga” es ideal para la luz que se desea cubrir, así como también es más económico con respecto a otro tipo de puente de la misma luz; cumplirá con un correcto funcionamiento para el cual va a ser diseñado.

**a) Luz de la estructura**

Para elegir la luz de la estructura nos basaremos en la sección hidráulica y sus parámetros en la que se encuentra ubicado el puente.

El principal factor a tener en cuenta para la obtención de la luz es el ancho del río. Para esto en el apartado 4.3.4 se calculó la “Sección estable del cauce” con diferentes métodos, en la cual se optó por elegir el valor más crítico para el ancho estable, debido que de este modo nos alejaríamos un poco del cauce del río y de este modo evitaríamos la socavación local en los estribos, el valor del ancho estable fue de 19.15 m, pero por fines de diseño optamos un ancho estable de 20m.

Por lo tanto, la luz que elegimos para el puente es de 20m.

**b) Tipo de estructura**

Como ya tenemos la luz del puente, ahora debemos elegir el tipo de sistema estructural que se empleará. Para esto debemos tener claro los siguientes parámetros:

- Como el puente se encuentra ubicado en vías vehiculares debe preverse futuras aplicaciones de vía.
- Se debe tener en cuenta el proceso constructivo que se llevaría a cabo para la ejecución de algún tipo de sistema estructural; no se debe encontrar dificultades en la zona del proyecto.
- Se tiene que tener en cuenta los parámetros de la sección transversal en la cual se construirá el puente.

Una vez analizados los parámetros, optamos por diseñar un puente “Losa – Viga” que es recomendado para luces de puentes que se encuentran entre 12 – 25 metros. En este caso las condiciones nos lo permiten, ya que contamos con una luz de 20 metros, un gálibo libre que supera el 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas.

La elección del puente “Losa – Viga” es ideal para la luz que se desea cubrir, así como también es más económico con respecto a otro tipo de puente de la misma luz; cumplirá con un correcto funcionamiento para el cual va a ser diseñado.

#### 4.7.2 Diseño de la estructura

El diseño estructural dio los siguientes resultados:

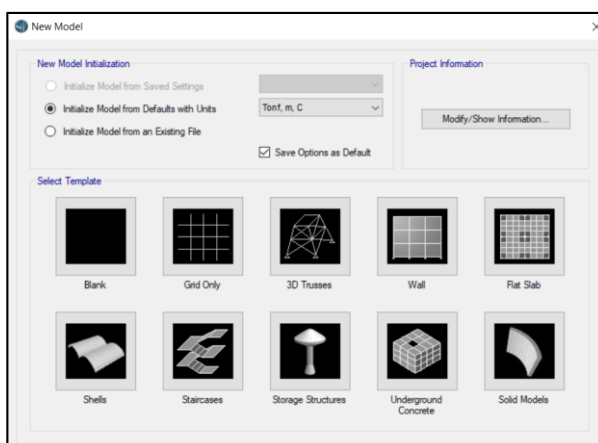
- La luz libre del puente es de 20 m (distancia entre entro de luz de los apoyos)
- La losa tendrá un espesor de 20 cm de concreto  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  y contará con un refuerzo de acero según se indique en anexos.
- Se contará con dos carriles para diseño, por lo que el ancho de calzada será de 7.20m.
- El número de vigas principales será de 4 vigas separadas  $s=2.1\text{m}$ ; con un peralte de 1.40m y una base de 0.50m.
- El peralte de las vigas diafragma será de 1.0 m, la longitud de su base de 0.30m y cumplirán con las disposiciones de los cálculos.
- Los estribos contarán con una altura de 7m; que a su vez contarán con apoyos que transmitirán la carga de la superestructura a éstos.

#### 4.7.3 Modelación del puente Collocsy – Software CSi Bridge

##### MODELAMIENTO DEL PUENTE “COLLOCSY” CON EL SOFTWARE CSIBRIDGE.

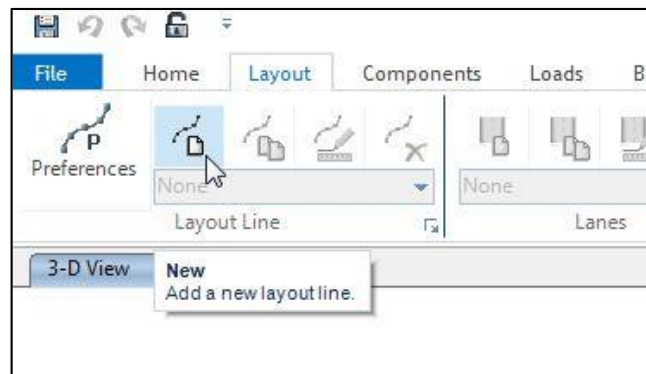
Se modeló el puente Losa – Viga con la ayuda del software CSiBridge; teniendo en cuenta el código de diseño: AASHTO LRFD 2014 y teniendo como referencia

1. Primero nos aseguramos de ver las unidades con las que se está trabajando, en este caso: Tonf,m.
2. Seleccionamos el tipo de estructura que trabajaremos: En la pestaña File seleccionar New, aparece la ventana mostrada. Continuar con More a la
3. siguiente ventana. En ella señalar Blank.



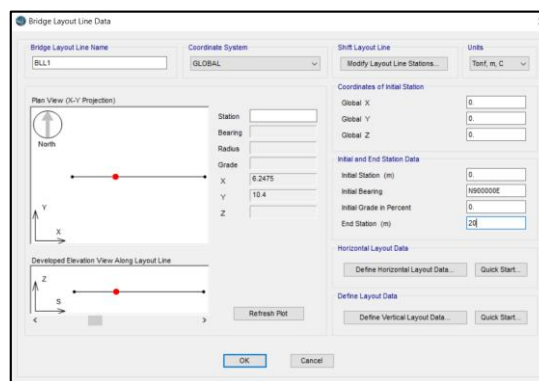
Fuente: Propia

4. Se definió una Línea base: En la pestaña Layout presionamos en New (layout line), para que aparezca la ventana Bridge Layout Line Data.



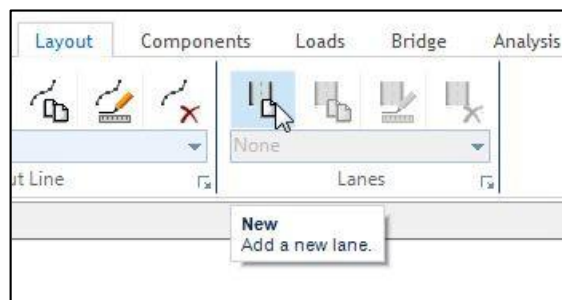
Fuente: Propia

5. Ingresamos la luz del puente Collocsy: En la ventana Bridge Layout Line Data ingresar en End Station: 20m. luego hacer clic en OK.



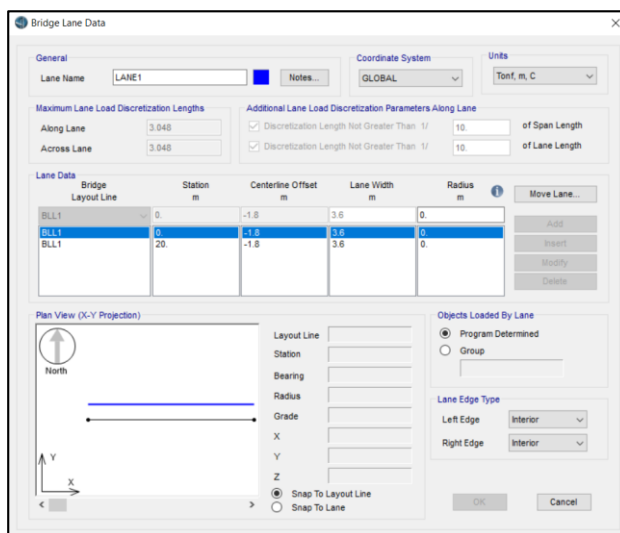
Fuente: Propia

6. Definimos las longitudes del carril: En la pestaña Layout, ingresar a New (lane). Aparecerá la ventana Bridge Lane Data.



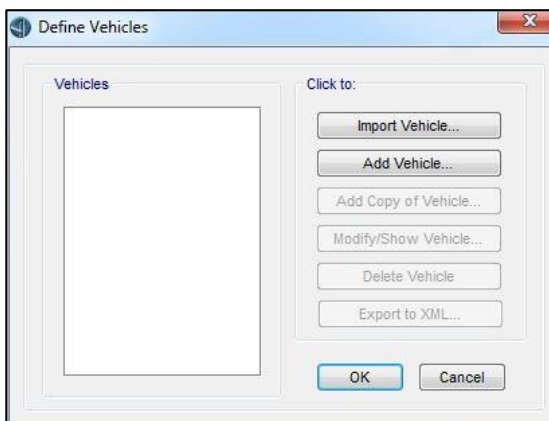
Fuente: Propia

7. En la ventana Bridge Lane Data ingresar los valores de Station, Centerline Offset, y Lane
8. Width (0,-1.8,3.6 y luego 20,-1.8,3.6) que definen nuestra vía de circulación a crear,
9. LANE1. Proceder de modo similar para crear la LANE2: ingresar los valores de Station, Centerline Offset, y Lane Width (0,1.8,3.6 y luego 20,1.8,3.6) que definen esta vía de circulación.



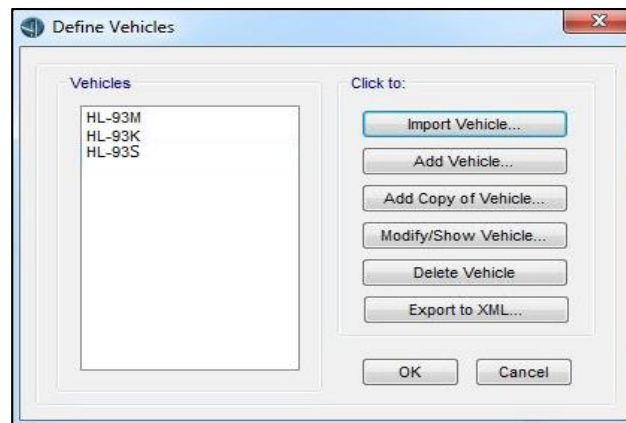
Fuente: Propia

10. Definimos el vehículo de diseño: En la pestaña Loads seleccionar en el primer ícono de la izquierda Type, seleccionar Vehicles. Luego desplegar inmediatamente a la derecha Vehicles, se mostrará la ventana Define Vehicles. Presionar Import Vehicle.



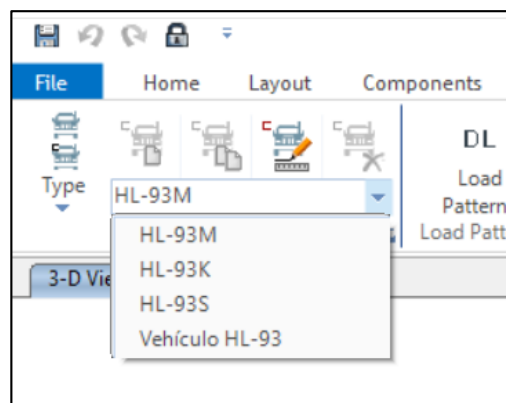
Fuente: Propia

11. En la ventana emergente, seleccionar las cargas: HL-93M, HL-93K y HL-93S como se muestra. luego hacer clic en OK.



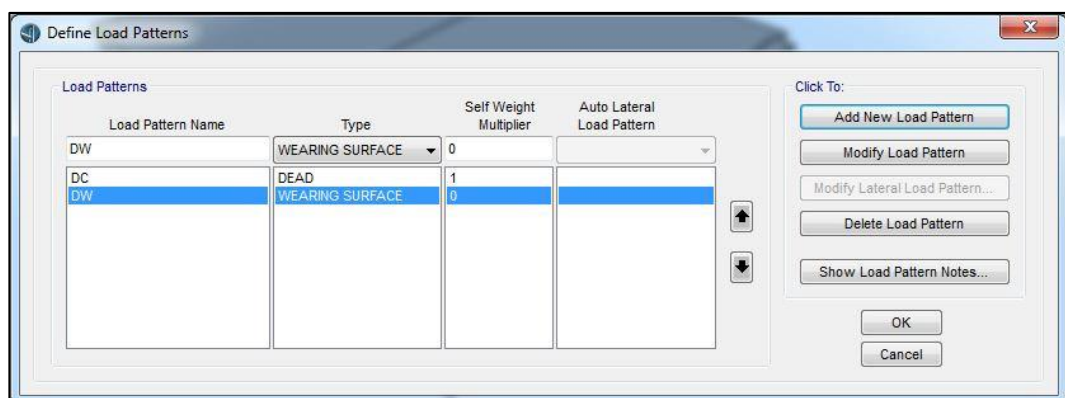
Fuente: Propia

12. Definimos las clases: En la pestaña Loads nuevamente acceder al primer ícono Type y en la ventana desplegada indicar Vehicle Classes. Seleccionar las cargas: HL-93M y HL-93K para conformar la clase Carga HL-93. Del mismo modo seleccionar la carga HL-93F para conformar la clase Fatiga. luego hacer clic en OK.



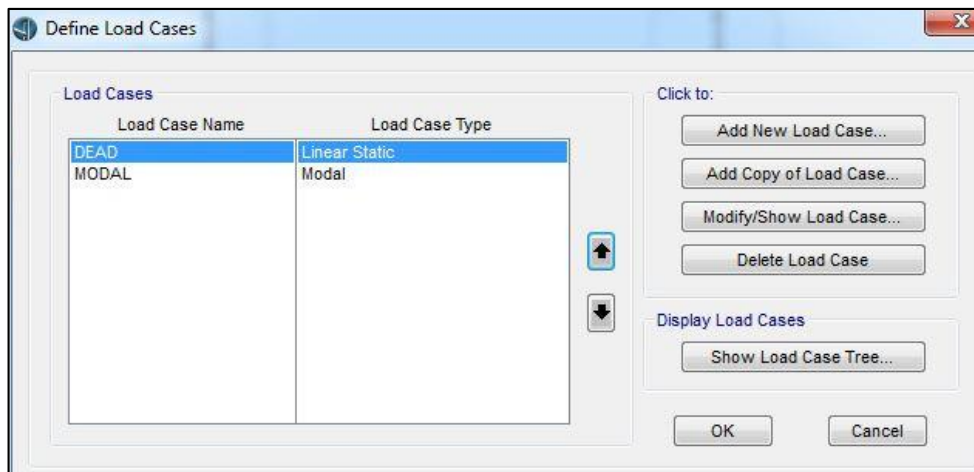
Fuente: Propia

13. Indicamos Load Patterns: En la pestaña Load presionar en el ícono DL Load Pattern. En la ventana emergente seleccionar la carga muerta DC y la de superficie de rodadura DW, como se muestra:



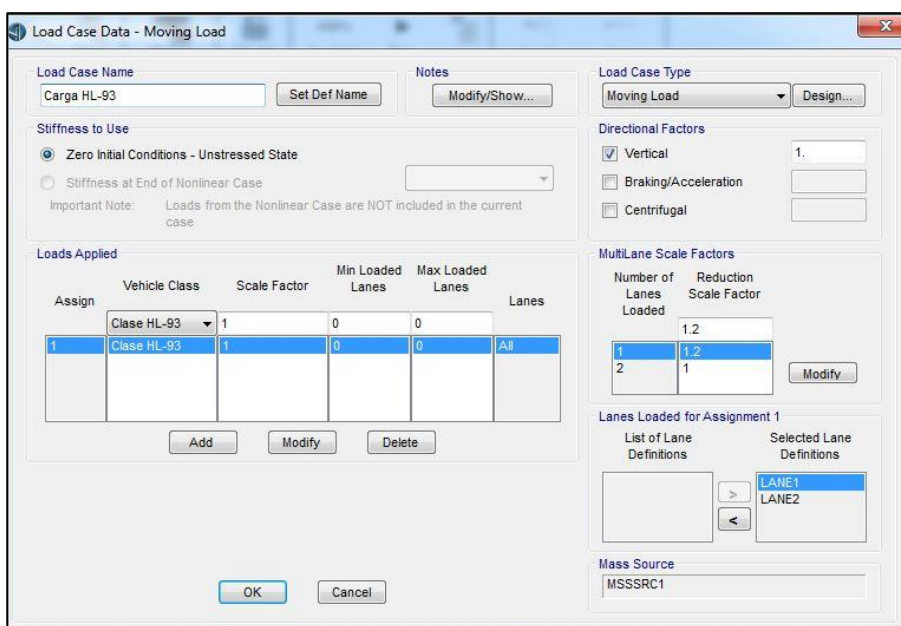
Fuente: Propia

14. Ingresar ahora en la pestaña Analysis. Hacer click en la flecha que se ubica debajo de
15. Show Tree. Aparecerá la ventana mostrada. Eliminar el caso MODAL con Delete Load Case. Luego ingresar a Add New Load Case.



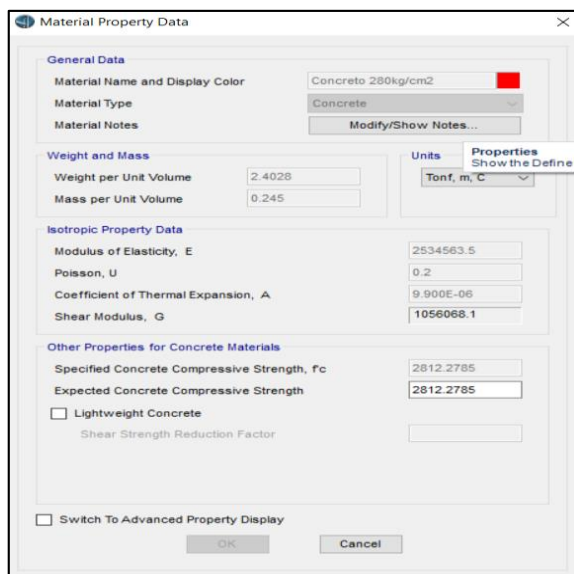
Fuente: Propia

16. En la ventana que se despliega, escoger en Load Case Type (parte superior derecha):
17. Moving Load. Se desplegará la ventana: Load Case Data - Moving Load. Consideraremos dos casos de carga móvil a resolver. Por ello ingresaremos cada una de las dos clases: Clase HL-93 y Clase Servicio, con los nombres Carga HL-93 y Fatiga, respectivamente tal como se muestra en cada una de las ventanas. Consideraremos para la Carga HL-93 el factor de presencia múltiple (Multilane Scale Factors)  $m=1.2$  en el caso de una vía cargada. No se aplica en el caso de Fatiga. luego hacer clic en OK.



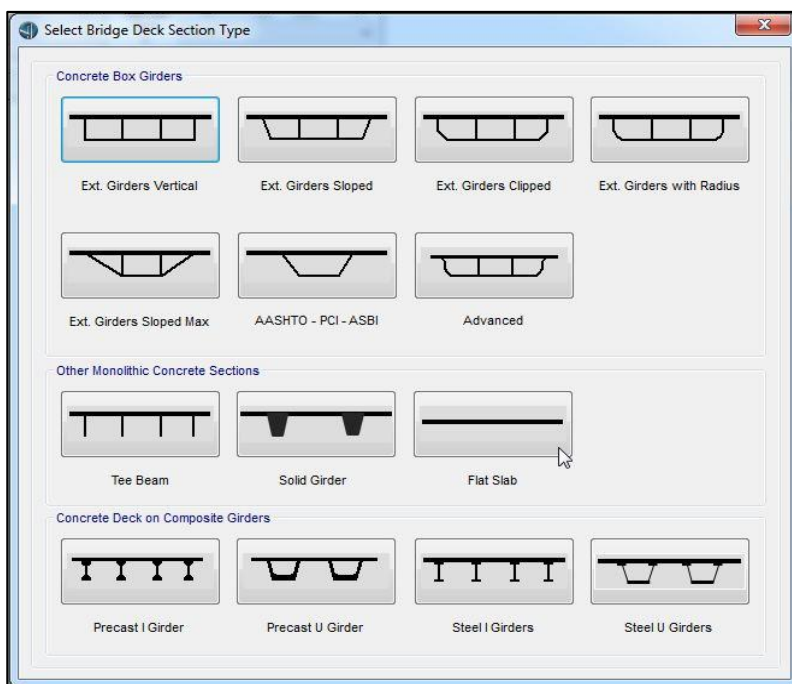
Fuente: Propia

18. Seleccionamos los materiales: En la pestaña Components en el ícono Type seleccionamos Material Properties y luego desplegamos Properties – Material como se aprecia. Se desplegará la ventana Define Materials. En la ventana Define Materials constatamos que por defecto se encuentra seleccionado un concreto de calidad  $280\text{kg/cm}^2$  (4000psi), que será usado.



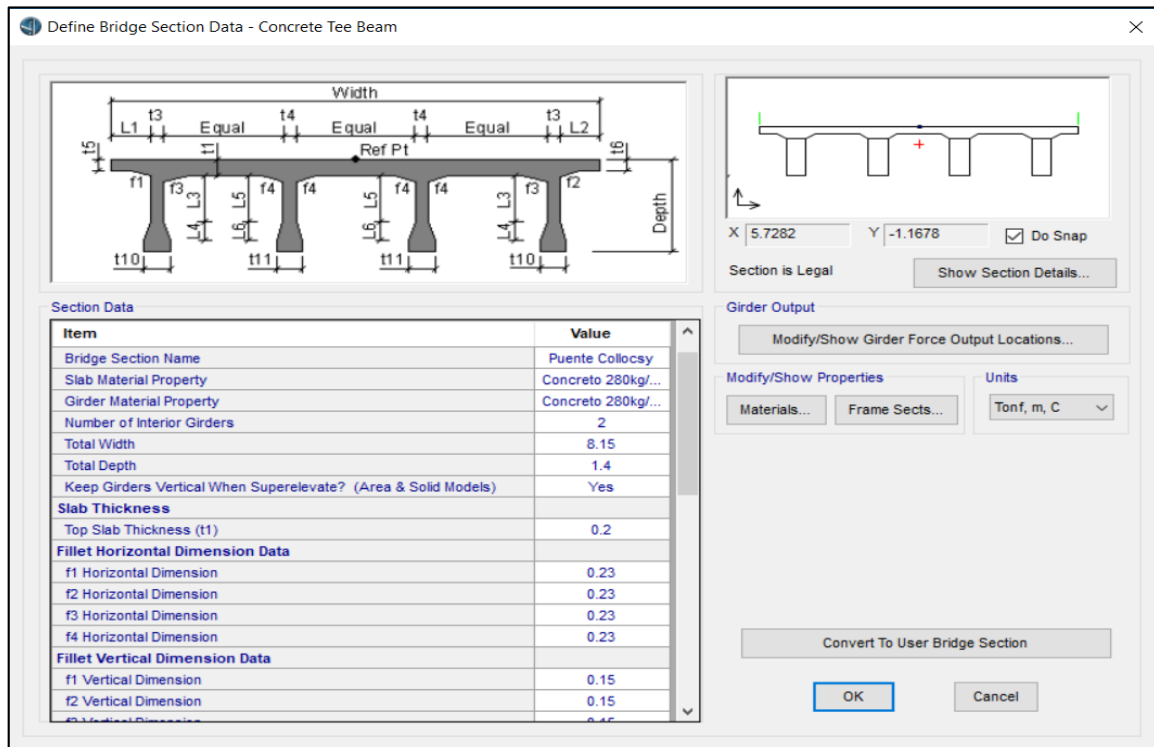
Fuente: Propia

19. Seleccionamos una sección para la superestructura: En la pestaña Components presionamos en el ícono New, aparecerá la ventana Select Bridge Deck Section Type. Entonces seleccionamos Tee Beam.



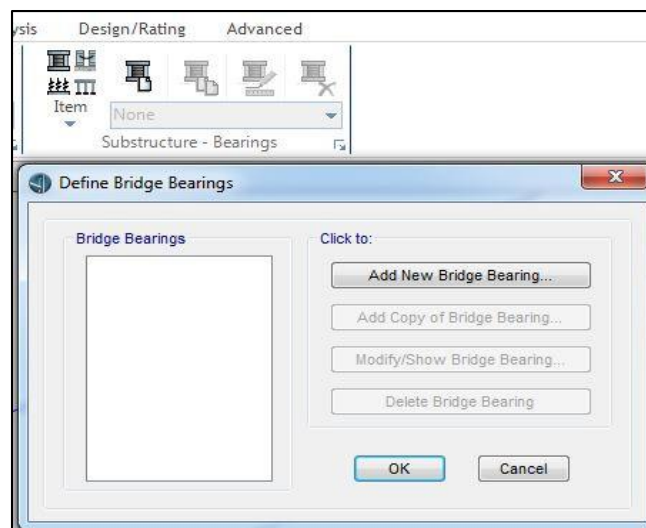
Fuente: Propia

20. Al seleccionar el tipo de sección con la que trabajaremos nos aparece una ventana en la que debemos proporcionar los datos que se muestran de acuerdo al puente Collocsy.



Fuente: Propia

21. En la pestaña Components en el ícono Item seleccionar Bearing para definir los apoyos extremos de la losa. Ingresamos presionando el botón Add a New Bearing. Creamos los Apoyos 1 (fijo) y 2 (móvil) según los cuadros adjuntos. Luego hacer clic en OK.



**Bridge Bearing Name** Apoyo 1 Units  
Tonf, m, C

Bridge Bearing Is Defined By:

Link/Support Property +

User Definition

User Bearing Properties

DOF/Direction	Release Type	Stiffness
Translation Vertical (U1)	Fixed	
Translation Normal to Layout Line (U2)	Free	
Translation Along Layout Line (U3)	Fixed	
Rotation About Vertical (R1)	Free	
Rotation About Normal to Layout Line (R2)	Free	
Rotation About Layout Line (R3)	Free	

OK Cancel

**Bridge Bearing Name** Apoyo 2 Units  
Tonf, m, C

Bridge Bearing Is Defined By:

Link/Support Property +

User Definition

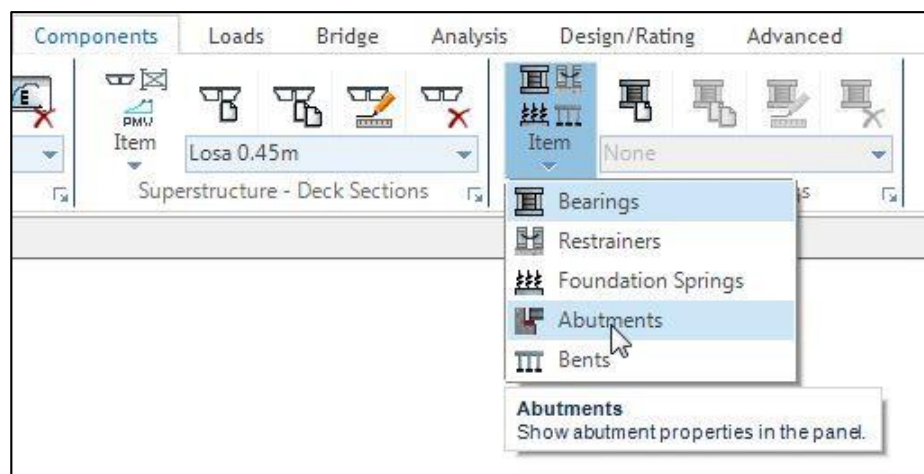
User Bearing Properties

DOF/Direction	Release Type	Stiffness
Translation Vertical (U1)	Fixed	
Translation Normal to Layout Line (U2)	Free	
Translation Along Layout Line (U3)	Free	
Rotation About Vertical (R1)	Free	
Rotation About Normal to Layout Line (R2)	Free	
Rotation About Layout Line (R3)	Free	

OK Cancel

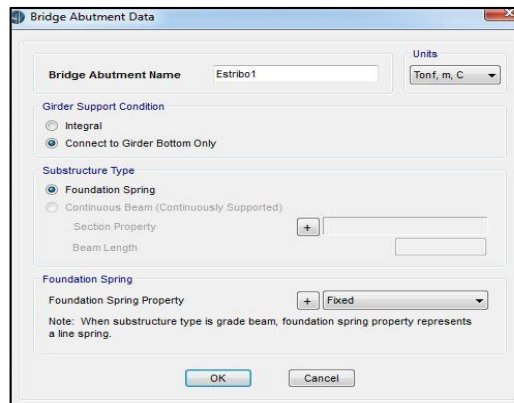
Fuente: Propia

22. En la pestaña Components en el ícono Item seleccionar ahora Abutments para definir los estribos extremos en el puente viga.



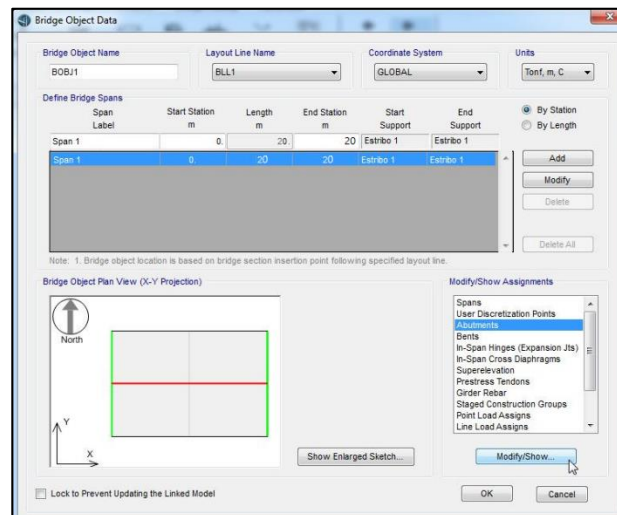
Fuente: Propia

23. A continuación, ingresamos el Estribo 1. Luego hacer clic en OK:



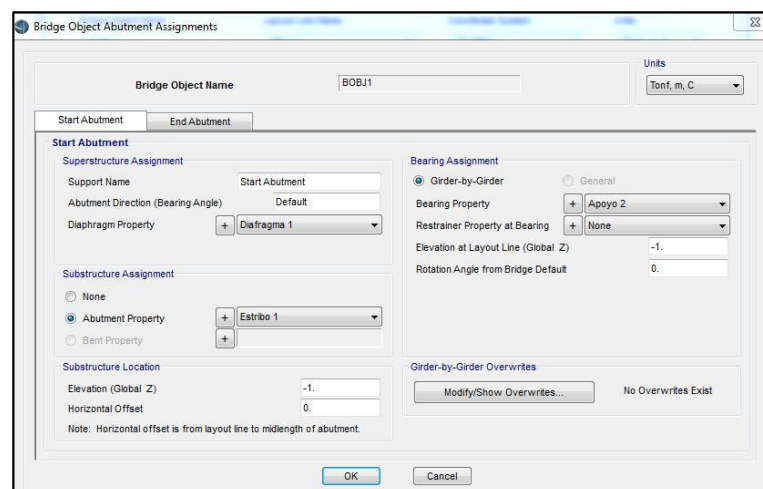
Fuente: Propia

24. Creamos el puente: En la pestaña Bridge, ingresar al ícono New, para crear el objeto puente y así asignarle sus elementos:



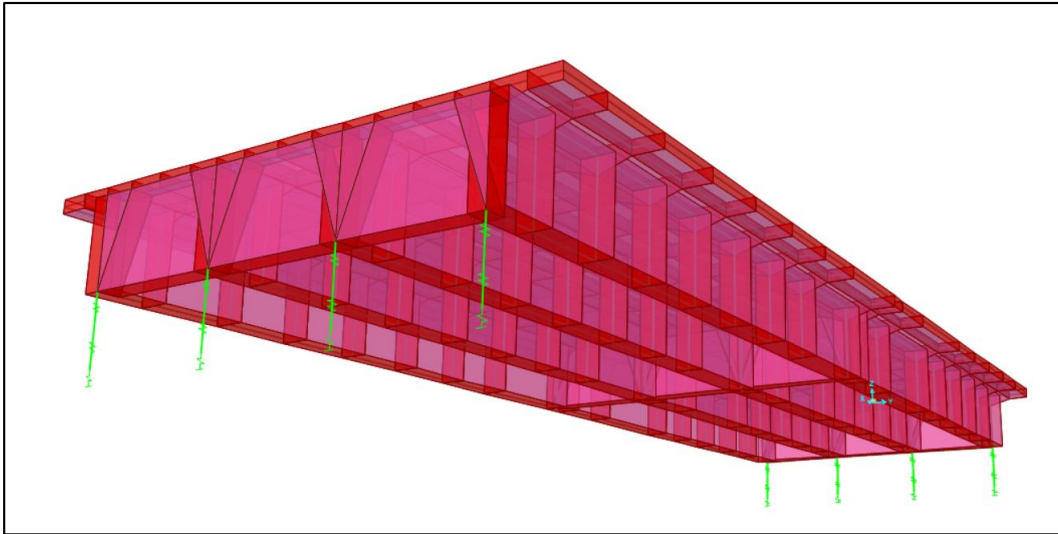
Fuente: Propia

25. Ingresamos los diafragmas de 0.30m X 1.00m:



Fuente: Propia

26. Al finalizar podemos ver el puente viga – losa:



Fuente: Propia

27. Ingresamos la carga de las barreras:

A screenshot of a software dialog box titled "Bridge Line Load Distribution Definition Data". The dialog box contains several input fields and dropdown menus. The "Load Name" field is set to "Barrera 1". The "Units" dropdown is set to "Tonf, m, C". Under "Load Direction", the "Load Type" is "Force", the "Coordinate System" is "GLOBAL", and the "Direction" is "Gravity". The "Load Value" field is set to "0.487". Under "Load Transverse Location", the "Reference Location" is "Left Edge of Deck" and the "Load Distance from Reference Location" is "0.13". Under "Load Vertical Location", there is a checkbox labeled "Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion" which is checked. At the bottom of the dialog box are "OK" and "Cancel" buttons.

Fuente: Propia

28. Ingresamos la carga de asfalto:

Fuente: Propia

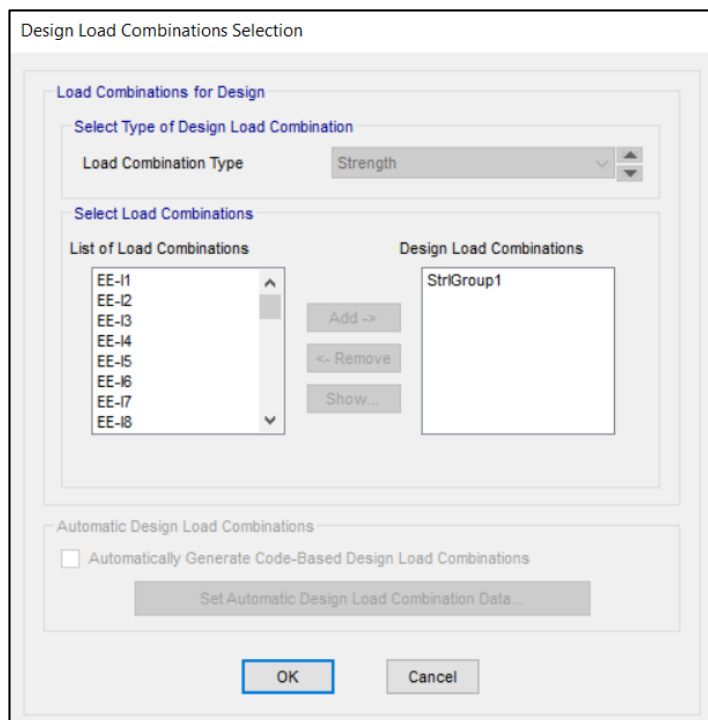
29. En la pestaña Design/Rating hacer click en el ícono D+L+Add Defaults para que el programa automáticamente elija las combinaciones de acuerdo al código seleccionado. Presionar Add Defaults Design Combos. Aparece la ventana emergente que se muestra. Presionar el botón Set Load Combination Data para chequear las combinaciones seleccionadas. En las ventanas emergentes disponer los casos de carga Strength I y Fatiga I según se muestra. Luego hacer OK.

Fuente: Propia

30. Para el cálculo del acero: Advanced @Concrete@View/Revise Preferences.

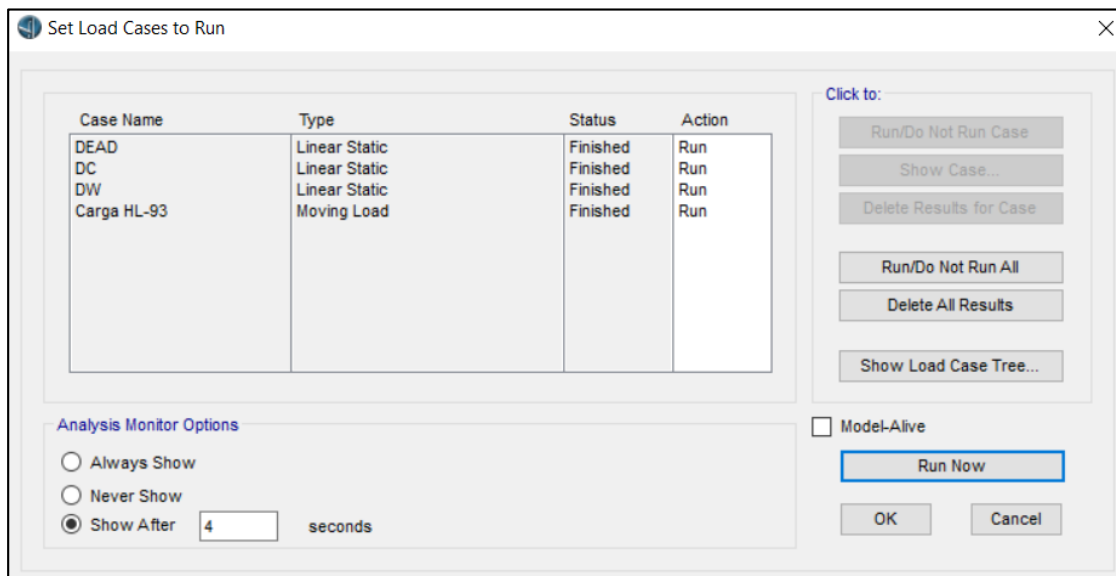
31. Seleccionamos en Design Code: AASHTO LRFD 2014. Hacer clic en OK.

32. Repetir el proceso anterior y en Select Design Combos pasar a la ventana derecha StrlGroup1, que es la envolvente del estado límite de Resistencia I. Luego hacer clic en OK.



Fuente: Propia

33. Ahora en la pestaña Analysis, hacer click en el ícono Run Analysis para correr el programa. En la ventana emergente constatar los estados que resolverá. Luego presionar el botón Run Now.



Fuente: Propia

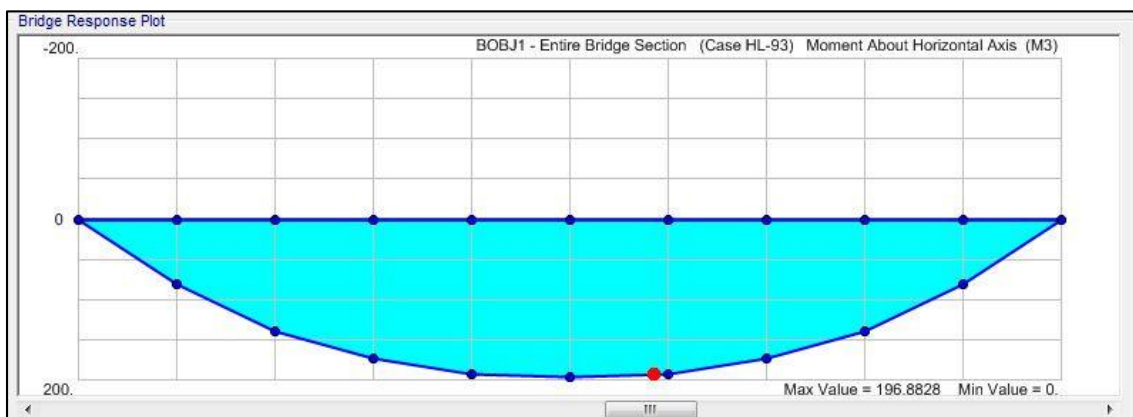
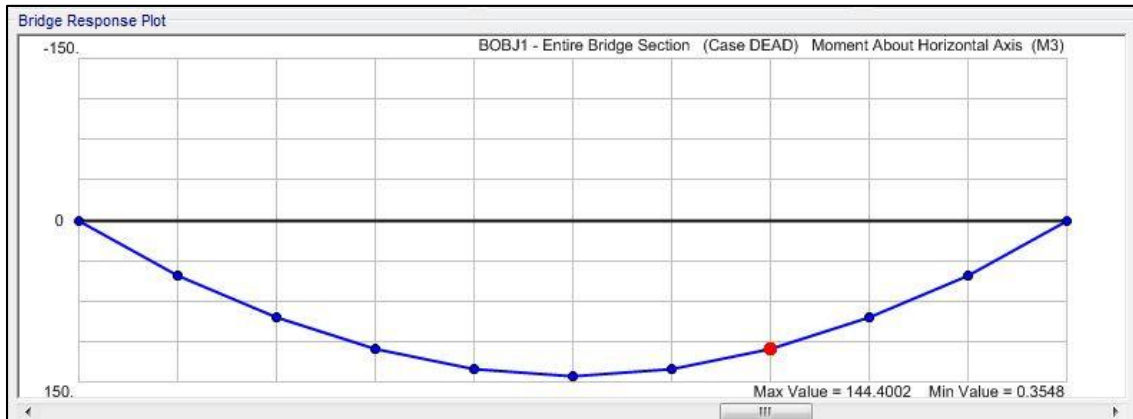
34. Terminando la modelación podremos obtener lo siguiente:

a) Diagramas de esfuerzos con F10

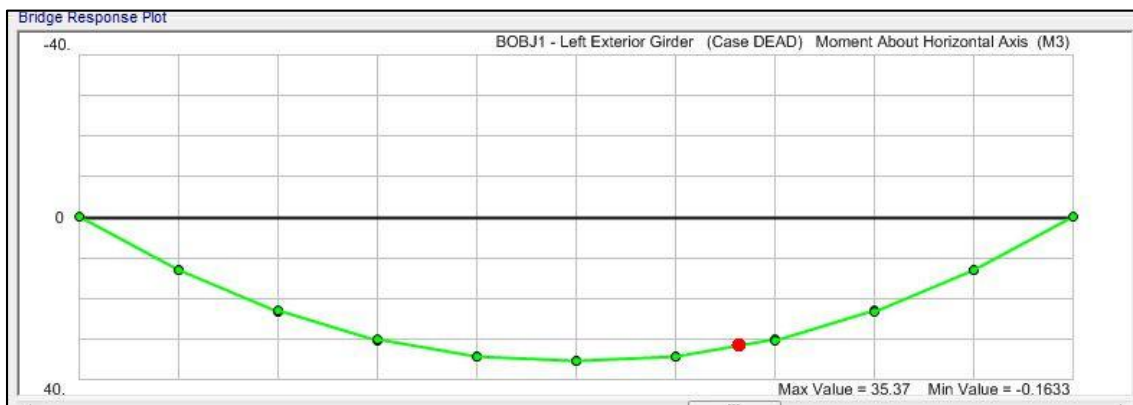
b) Acero con Shift F7: Revisar M11, Ast1, etc.

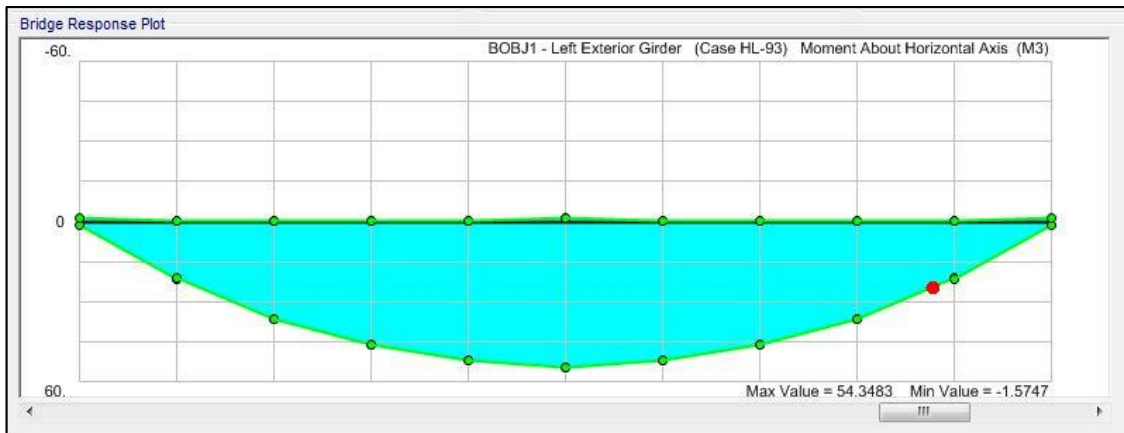
35. Obteniendo los siguientes resultados:

Puente completo:

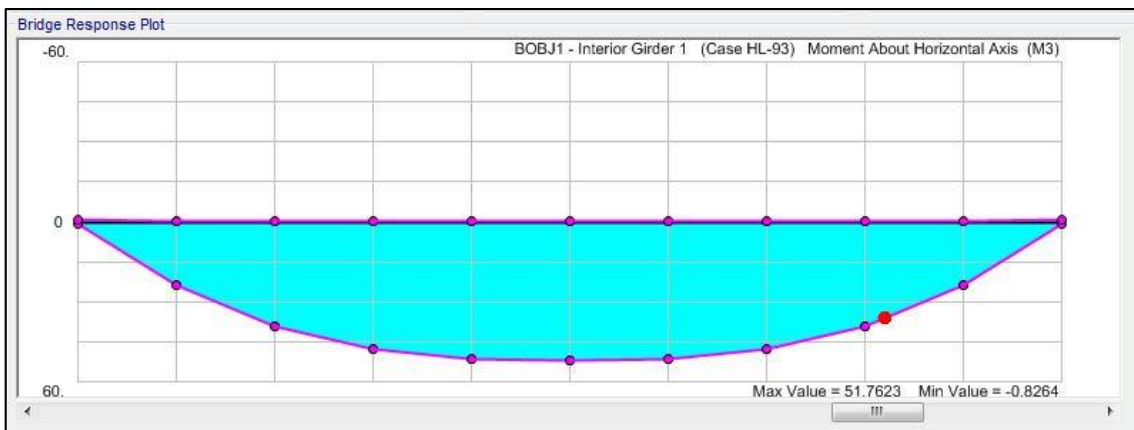
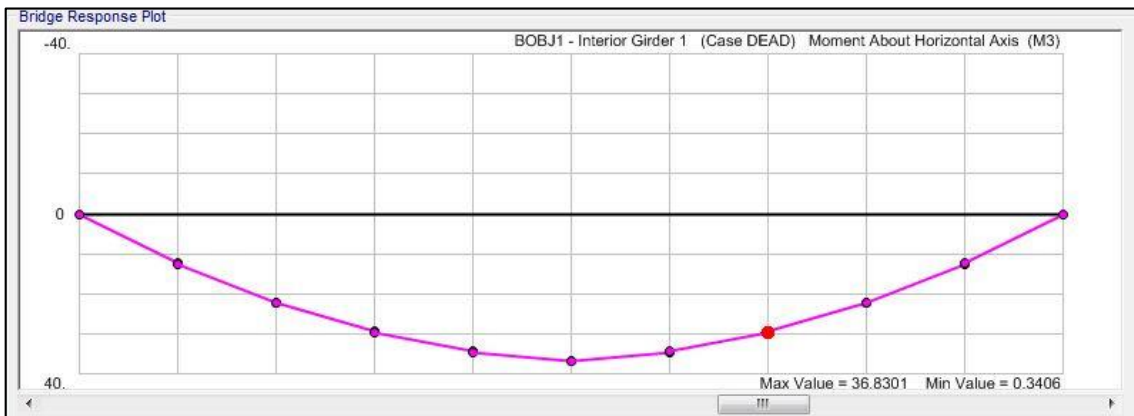


Viga exterior:





Viga interior:



Fuente: Propia

#### 4.7.3 Modelación del puente Collocsy – Software CSi Bridge

### MODELAMIENTO DEL PUENTE “COLLOCSY” CON EL SOFTWARE CSiBRIDGE.

Se modeló el puente Losa – Viga con la ayuda del software CSiBridge; teniendo en cuenta el código de diseño: AASHTO LRFD 2014 y teniendo como referencia

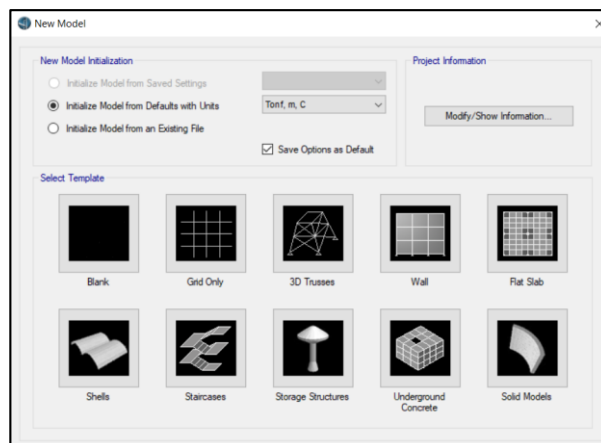
1. Primero nos aseguramos de ver las unidades con las que se está trabajando, en este caso: Tonf,m.

2. Seleccionamos el tipo de estructura que trabajaremos: En la pestaña File seleccionar New, aparece la ventana mostrada. Continuar con More a la siguiente ventana. En ella señalar Blank. Se modeló el puente Losa – Viga con la ayuda del software CSiBridge; teniendo en cuenta el código de diseño: AASHTO LRFD 2014 y teniendo como referencia

1. Primero nos aseguramos de ver las unidades con las que se está trabajando, en este caso: Tonf,m.
2. Seleccionamos el tipo de estructura que trabajaremos: En la pestaña File seleccionar New, aparece la ventana mostrada. Continuar con More a la
3. siguiente ventana. En ella señalar Blank.

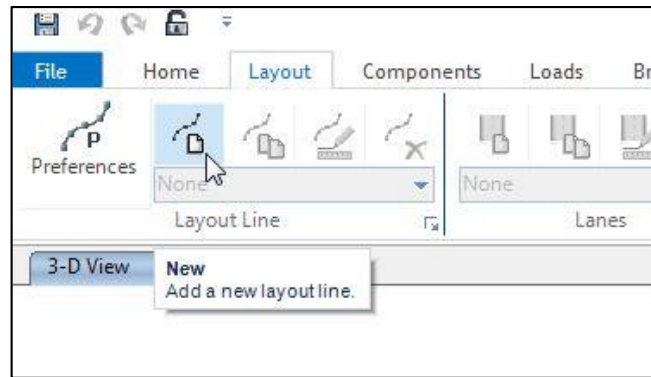
Se modeló el puente Losa – Viga con la ayuda del software CSiBridge; teniendo en cuenta el código de diseño: AASHTO LRFD 2014 y teniendo como referencia

4. Primero nos aseguramos de ver las unidades con las que se está trabajando, en este caso: Tonf,m.
5. Seleccionamos el tipo de estructura que trabajaremos: En la pestaña File seleccionar New, aparece la ventana mostrada. Continuar con More a la
6. siguiente ventana. En ella señalar Blank.



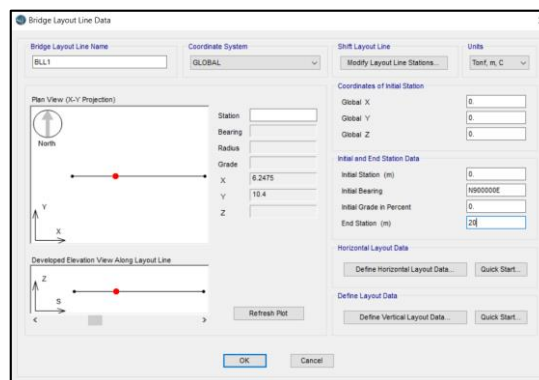
Fuente: Propia

7. Se definió una Línea base: En la pestaña Layout presionamos en New (layout line), para que aparezca la ventana Bridge Layout Line Data.



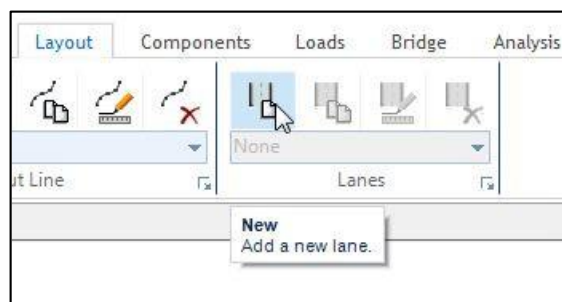
Fuente: Propia

8. Ingresamos la luz del puente Collocsy: En la ventana Bridge Layout Line Data ingresar en End Station: 20m. luego hacer clic en OK.



Fuente: Propia

9. Definimos las longitudes del carril: En la pestaña Layout, ingresar a New (lane). Aparecerá la ventana Bridge Lane Data.

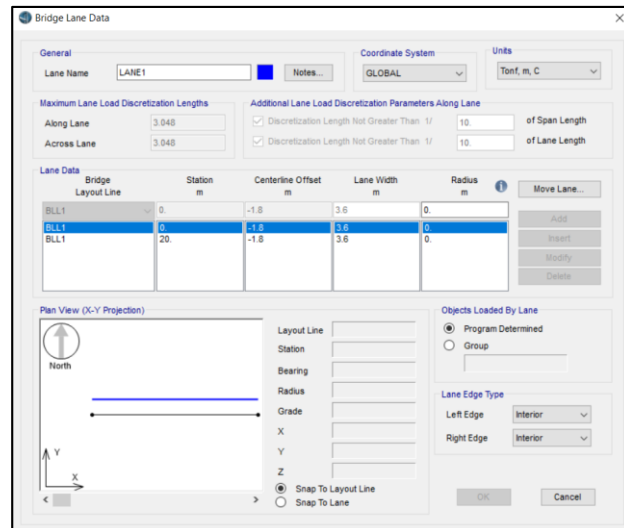


Fuente: Propia

10. En la ventana Bridge Lane Data ingresar los valores de Station, Centerline Offset, y Lane

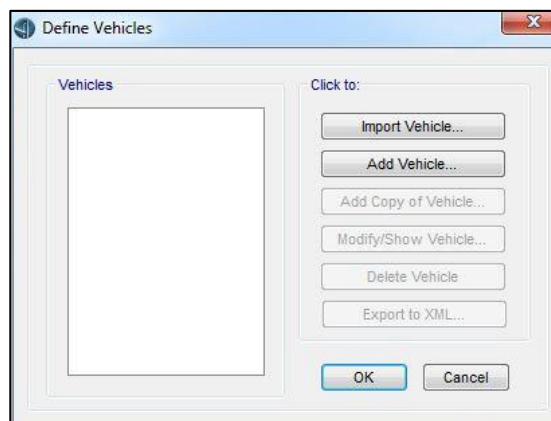
11. Width (0,-1.8,3.6 y luego 20,-1.8,3.6) que definen nuestra vía de circulación a crear,

12. LANE1. Proceder de modo similar para crear la LANE2: ingresar los valores de Station, Centerline Offset, y Lane Width (0,1.8,3.6 y luego 20,1.8,3.6) que definen esta vía de circulación.



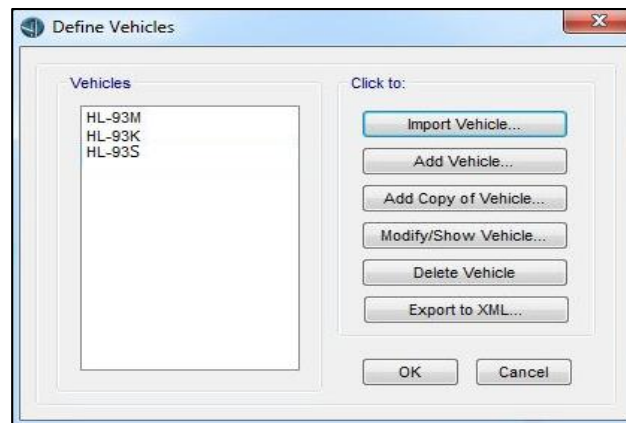
Fuente: Propia

13. Definimos el vehículo de diseño: En la pestaña Loads seleccionar en el primer ícono de la izquierda Type, seleccionar Vehicles. Luego desplegar inmediatamente a la derecha Vehicles, se mostrará la ventana Define Vehicles. Presionar Import Vehicle.



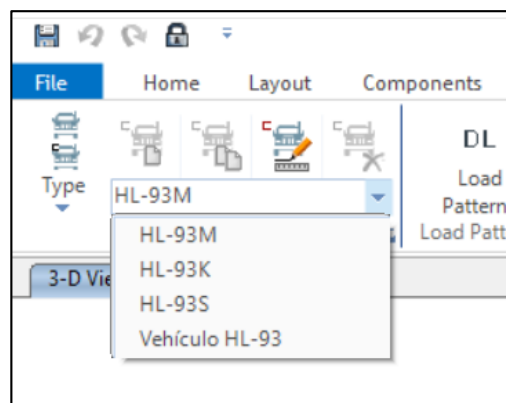
Fuente: Propia

14. En la ventana emergente, seleccionar las cargas: HL-93M, HL-93K y HL-93S como se muestra. luego hacer clic en OK.



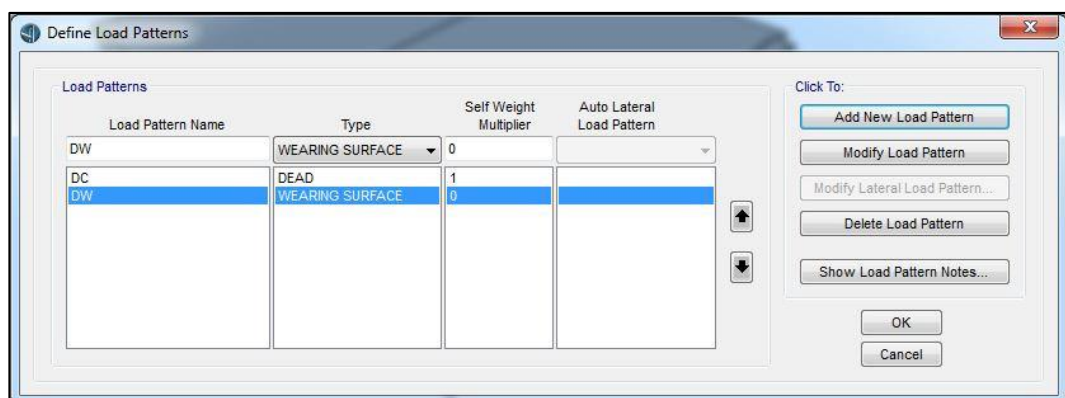
Fuente: Propia

15. Definimos las clases: En la pestaña Loads nuevamente acceder al primer ícono Type y en la ventana desplegada indicar Vehicle Classes. Seleccionar las cargas: HL-93M y HL-93K para conformar la clase Carga HL-93. Del mismo modo seleccionar la carga HL-93F para conformar la clase Fatiga. luego hacer clic en OK.



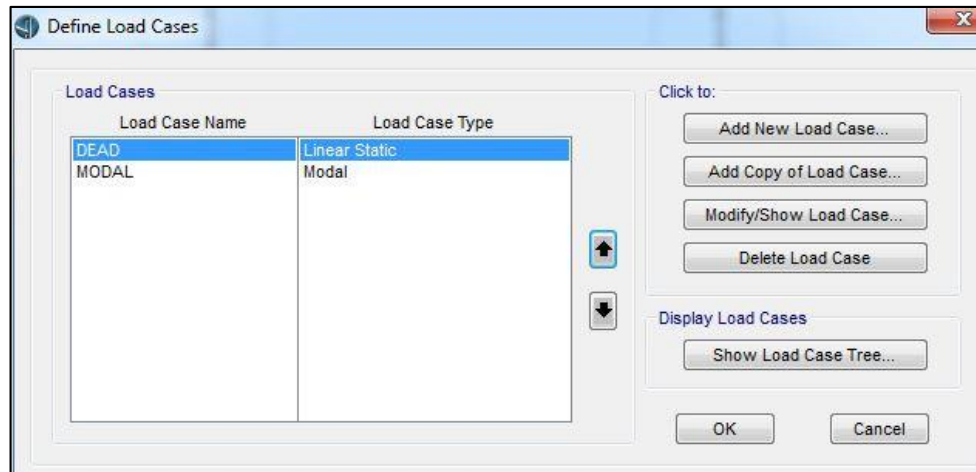
Fuente: Propia

16. Indicamos Load Patterns: En la pestaña Load presionar en el ícono DL Load Pattern. En la ventana emergente seleccionar la carga muerta DC y la de superficie de rodadura DW, como se muestra:



Fuente: Propia

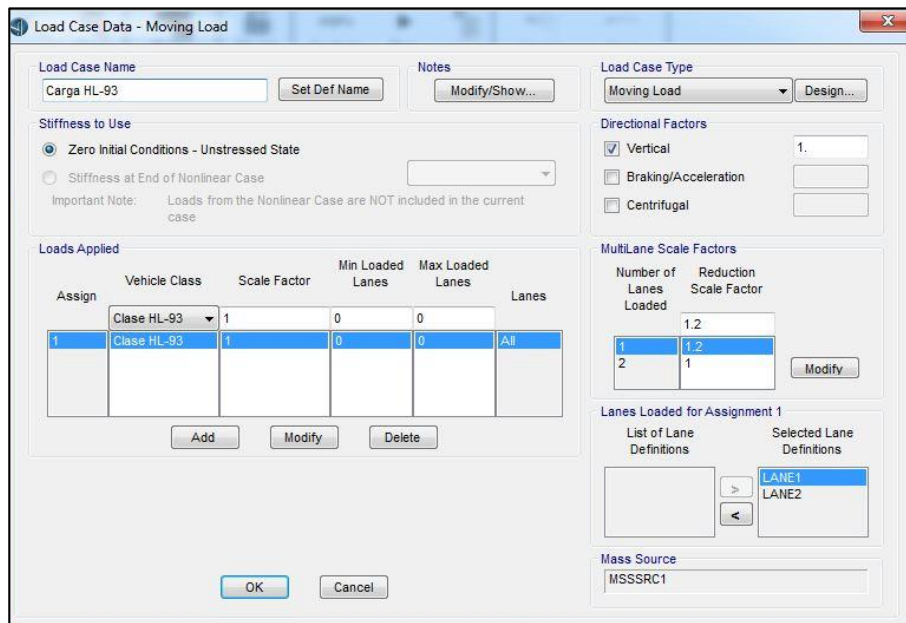
17. Ingresar ahora en la pestaña Analysis. Hacer click en la flecha que se ubica debajo de
18. Show Tree. Aparecerá la ventana mostrada. Eliminar el caso MODAL con Delete Load Case. Luego ingresar a Add New Load Case.



Fuente: Propia

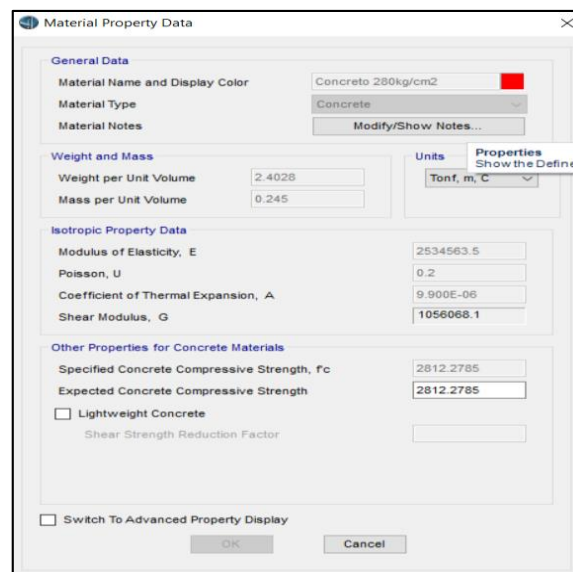
19. En la ventana que se despliega, escoger en Load Case Type (parte superior derecha):
20. Moving Load. Se desplegará la ventana: Load Case Data - Moving Load. Consideraremos dos casos de carga móvil a resolver. Por ello ingresaremos cada una de las dos clases: Clase HL-93 y Clase Servicio, con los nombres Carga HL-93 y Fatiga, respectivamente tal como se muestra en cada una de las ventanas. Consideraremos para la Carga HL-93 el factor de presencia múltiple (Multilane Scale Factors)  $m=1.2$  en el caso de una vía cargada. No se aplica en el caso de Fatiga. luego hacer clic en OK.
21. En la ventana que se despliega, escoger en Load Case Type (parte superior derecha):
22. Moving Load. Se desplegará la ventana: Load Case Data - Moving Load. Consideraremos dos casos de carga móvil a resolver. Por ello ingresaremos cada una de las dos clases: Clase HL-93 y Clase Servicio, con los nombres Carga HL-93 y Fatiga, respectivamente tal como se muestra en cada una de las ventanas. Consideraremos para la Carga HL-93 el factor de presencia múltiple (Multilane Scale Factors)  $m=1.2$  en el caso de una vía cargada. No se aplica en el caso de Fatiga. luego hacer clic en OK.
23. En la ventana que se despliega, escoger en Load Case Type (parte superior derecha):
24. Moving Load. Se desplegará la ventana: Load Case Data - Moving Load. Consideraremos dos casos de carga móvil a resolver. Por ello ingresaremos cada una de las dos clases: Clase HL-93 y Clase Servicio, con los nombres Carga HL-93 y Fatiga, respectivamente tal como se muestra en cada una de las ventanas. Consideraremos para

la Carga HL-93 el factor de presencia múltiple (Multilane Scale Factors)  $m=1.2$  en el caso de una vía cargada. No se aplica en el caso de Fatiga. luego hacer clic en OK.



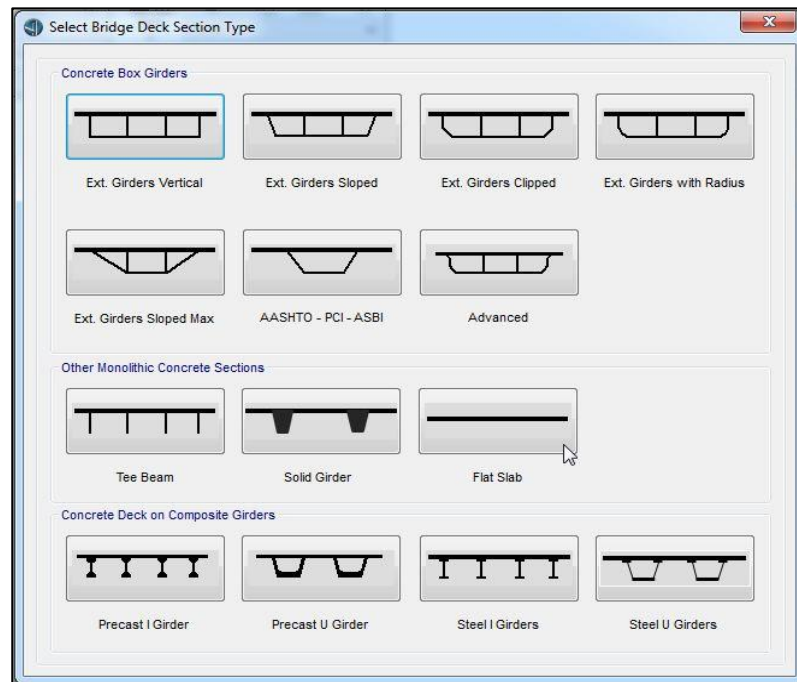
Fuente: Propia

25. Seleccionamos los materiales: En la pestaña Components en el ícono Type seleccionamos Material Properties y luego desplegamos Properties – Material como se aprecia. Se desplegará la ventana Define Materials. En la ventana Define Materials constatamos que por defecto se encuentra seleccionado un concreto de calidad 280kg/cm<sup>2</sup> (4000psi), que será usado.



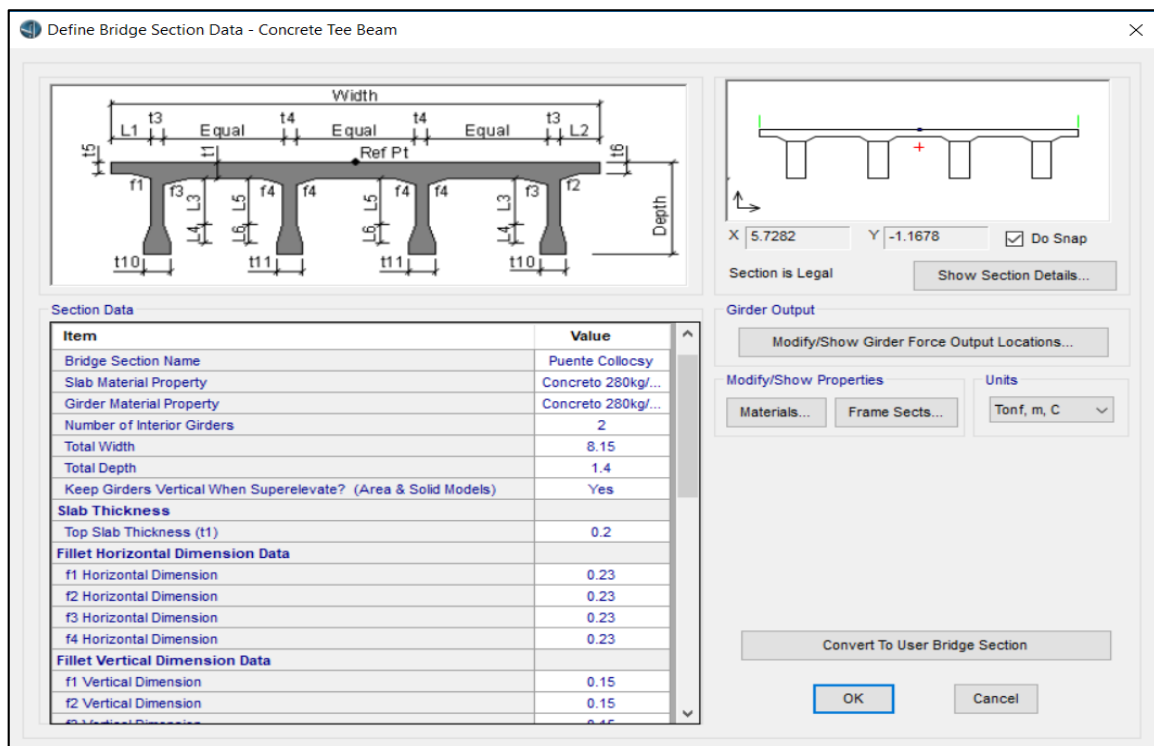
Fuente: Propia

26. Seleccionamos una sección para la superestructura: En la pestaña Components presionamos en el ícono New, aparecerá la ventana Select Bridge Deck Section Type. Entonces seleccionamos Tee Beam.



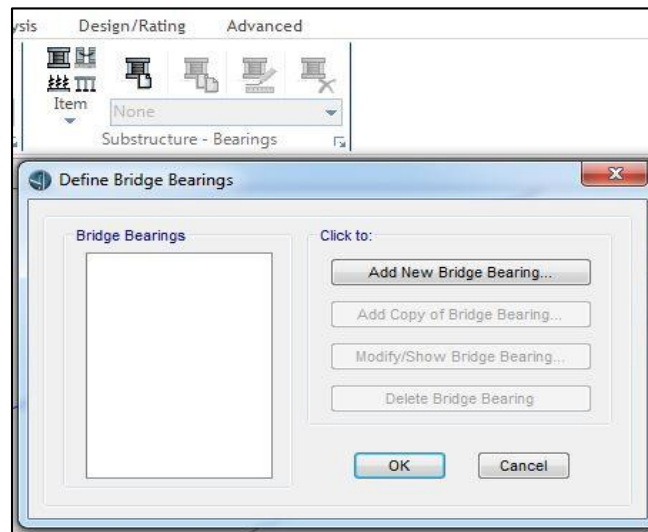
Fuente: Propia

27. Al seleccionar el tipo de sección con la que trabajaremos nos aparece una ventana en la que debemos proporcionar los datos que se muestran de acuerdo al puente Collocsy.



Fuente: Propia

28. En la pestaña Components en el ícono Item seleccionar Bearing para definir los apoyos extremos de la losa. Ingresamos presionando el botón Add a New Bearing. Creamos los Apoyos 1 (fijo) y 2 (móvil) según los cuadros adjuntos. Luego hacer clic en OK.



Bridge Bearing Name: Apoyo 1 Units: Tonf, m, C

Bridge Bearing Is Defined By:

Link/Support Property +

User Definition

User Bearing Properties

DOF/Direction	Release Type	Stiffness
Translation Vertical (U1)	Fixed	
Translation Normal to Layout Line (U2)	Free	
Translation Along Layout Line (U3)	Fixed	
Rotation About Vertical (R1)	Free	
Rotation About Normal to Layout Line (R2)	Free	
Rotation About Layout Line (R3)	Free	

OK Cancel

Bridge Bearing Name: Apoyo 2 Units: Tonf, m, C

Bridge Bearing Is Defined By:

Link/Support Property +

User Definition

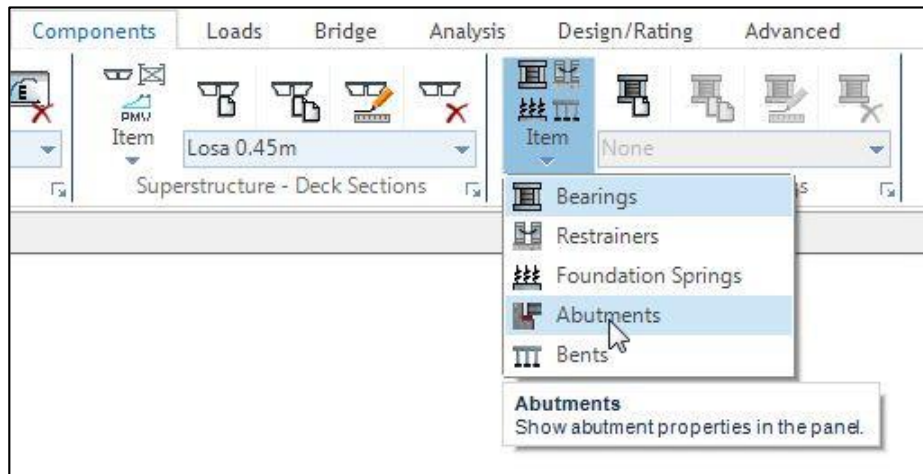
User Bearing Properties

DOF/Direction	Release Type	Stiffness
Translation Vertical (U1)	Fixed	
Translation Normal to Layout Line (U2)	Free	
Translation Along Layout Line (U3)	Free	
Rotation About Vertical (R1)	Free	
Rotation About Normal to Layout Line (R2)	Free	
Rotation About Layout Line (R3)	Free	

OK Cancel

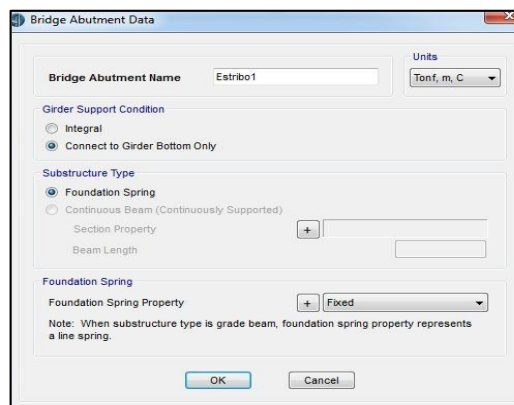
Fuente: Propia

29. En la pestaña Components en el ícono Item seleccionar ahora Abutments para definir los estribos extremos en el puente viga.



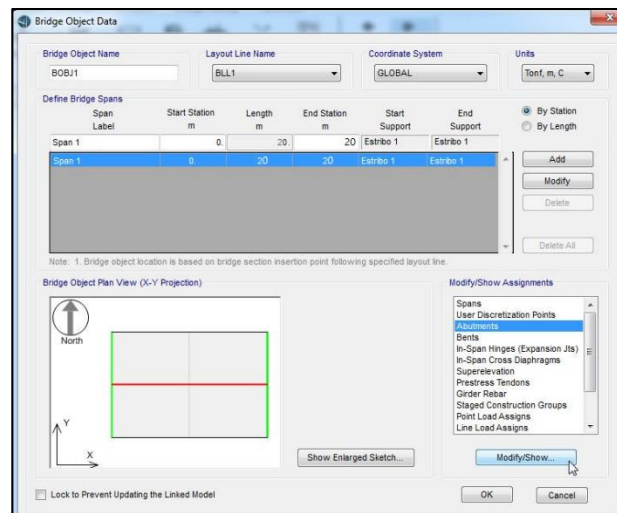
Fuente: Propia

30. A continuación, ingresamos el Estribo 1. Luego hacer clic en OK:



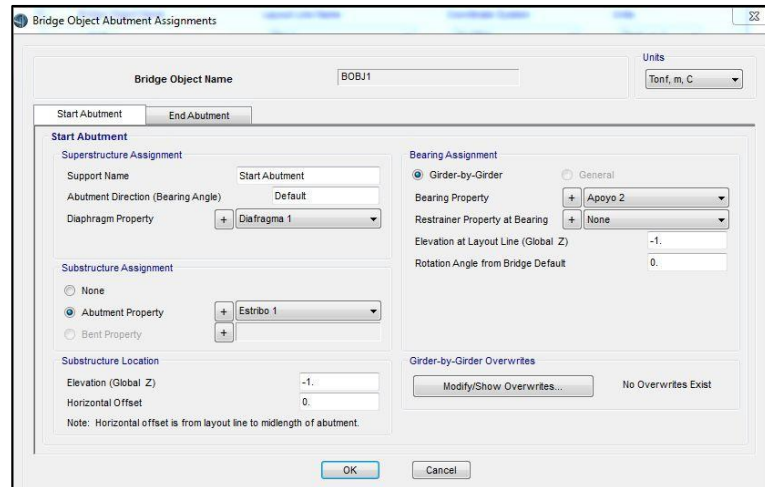
Fuente: Propia

31. Creamos el puente: En la pestaña Bridge, ingresar al ícono New, para crear el objeto puente y así asignarle sus elementos:



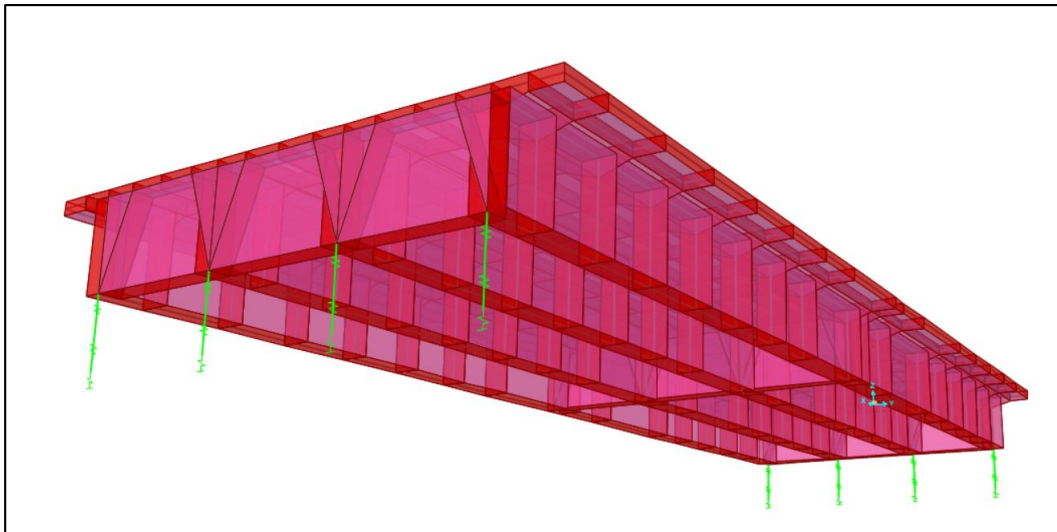
Fuente: Propia

32. Ingresamos los diafragmas de 0.30m X 1.00m:



Fuente: Propia

33. Al finalizar podemos ver el puente viga – losa:



Fuente: Propia

34. Ingresamos la carga de las barreras:

Bridge Line Load Distribution Definition Data

Load Name: Barrera 1      Units: Tonf, m, C

Load Direction

Load Type: Force

Coordinate System: GLOBAL

Direction: Gravity

Load Value

Value: 0.467

Load Transverse Location

Reference Location: Left Edge of Deck

Load Distance from Reference Location: 0.13

Load Vertical Location

Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion

OK      Cancel

Fuente: Propia

35. Ingresamos la carga de asfalto:

Bridge Area Load Distribution Definition Data

Load Name: Asfalto      Units: Tonf, m, C

Load Direction

Load Type: Force

Coordinate System: GLOBAL

Direction: Gravity

Load Value

Left Edge Value: 0.112

Right Edge Value: 0.112

Load Transverse Location

Left Reference Location: Left Edge of Deck

Left Load Distance from Left Ref. Location: 0.375

Right Reference Location: Right Edge of Deck

Right Load Distance from Right Ref. Location: 0.375

Load Vertical Location

Top Slab is Loaded at Midheight of its Thinnest Portion

OK      Cancel

Fuente: Propia

36. En la pestaña Design/Rating hacer click en el ícono D+L+Add Defaults para que el programa automáticamente elija las combinaciones de acuerdo al código seleccionado. Presionar Add Defaults Design Combos. Aparece la ventana emergente que se muestra. Presionar el botón Set Load Combination Data para chequear las combinaciones seleccionadas. En las ventanas emergentes disponer los casos de carga Strength I y Fatiga I según se muestra. Luego hacer OK. Design/Rating hacer click en el ícono D+L+Add Defaults para que el programa automáticamente elija las combinaciones de

acuerdo al código seleccionado. Presionar Add Defaults Design Combos. Aparece la ventana emergente que se muestra. Presionar el botón Set Load Combination Data para chequear las combinaciones seleccionadas. En las ventanas emergentes disponer los casos de carga Strength I y Fatiga I según se muestra. Luego hacer OK. Design/Rating hacer click en el ícono D+L+Add Defaults para que el programa automáticamente elija las combinaciones de acuerdo al código seleccionado. Presionar Add Defaults Design Combos. Aparece la ventana emergente que se muestra. Presionar el botón Set Load Combination Data para chequear las combinaciones seleccionadas. En las ventanas emergentes disponer los casos de carga Strength I y Fatiga I según se muestra. Luego hacer OK. Design/Rating hacer click en el ícono D+L+Add Defaults para que el programa automáticamente elija las combinaciones de acuerdo al código seleccionado. Presionar Add Defaults Design Combos. Aparece la ventana emergente que se muestra. Presionar el botón Set Load Combination Data para chequear las combinaciones seleccionadas. En las ventanas emergentes disponer los casos de carga Strength I y Fatiga I según se muestra. Luego hacer OK.

#### 4.7.4 Análisis Sísmico

El Análisis Sísmico de Puentes tendrá como normativas: El Reglamento AASHTO y el Manual de Puentes - MTC – Perú.

Los puentes se diseñan para tener una baja probabilidad de colapso, aunque puedan sufrir significativos e interrupción del servicio. [7]

El sismo de diseño tiene probabilidad de excedencia del 7% en 75 años. La carga sísmica se determina en base al coeficiente de respuesta elástica (Csm), el peso de la superestructura (W), y se ajusta aplicando el factor de modificación de respuesta (R). [7]

Las solicitaciones sísmicas elásticas se combinan:

-100% de la solicitación en la dirección principal combinado con 30% en la dirección perpendicular.

-100% de la solicitación en la dirección perpendicular con 30% en la dirección principal.

**Análisis sísmico (4.7.4 AASHTO)****1) Puentes de un solo tramo (4.7.4.2 AASHTO)**

No requieren análisis sísmico, independientemente de la zona sísmica.

**2) Puentes de tramos múltiples (4.7.4.3 AASHTO)**

En este caso al tratarse de un puente de un solo tramo, no requiere análisis sísmico según la normativa AASHTO, la cual se señala en el apartado **4.7.4.2**.

## V. DISCUSIÓN

### 1. Estudios Topográficos

- Para realizar la topografía se delimitó el área requerida tomando en cuenta los siguientes puntos: 150 metros en la margen izquierda y 80 metros en la margen derecha en el eje de la carretera (ésta cantidad de metros se consideró suficiente para el levantamiento topográfico, debido a que la morfología del terreno no presentaba cambios pasando esta cantidad).

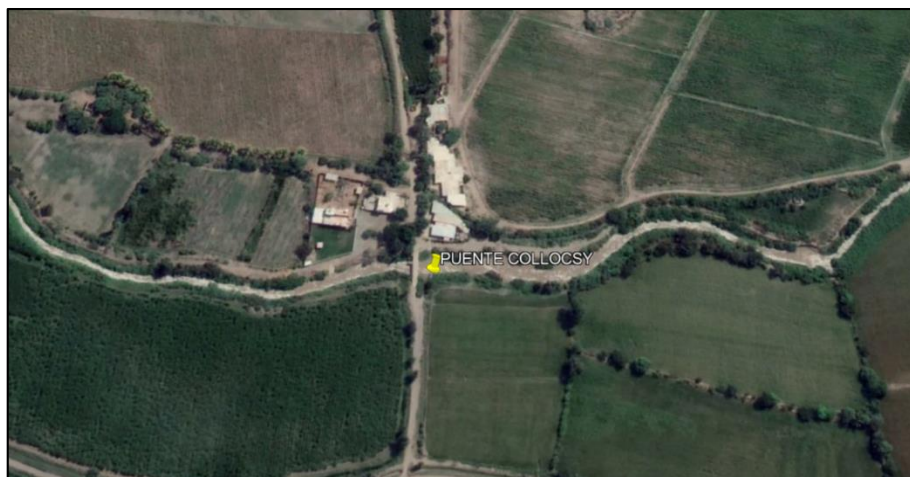
250 metros aguas arriba y 250 metros aguas abajo del puente proyectado (el levantamiento topográfico fue mayor en este en este eje, debido a que esta longitud iba a lo largo del cauce del río y necesitábamos muchos puntos para obtener un levantamiento más detallado.

- Con el estudio topográfico se determinó que la ubicación del puente estará en una zona recta, donde no se encontrará sesgado respecto al flujo ( $\theta = 90^\circ$ ), por lo tanto, evitará la tendencia a la erosión, lo cual afectaría su estabilidad. Además, la ubicación elegida del puente se ve relacionada directamente con la continuidad del camino existente, es decir que obedece al comportamiento del tránsito existe en la zona.

250 metros aguas arriba y 250 metros aguas abajo del puente proyectado (el levantamiento topográfico fue mayor en este en este eje, debido a que esta longitud iba a lo largo del cauce del río y necesitábamos muchos puntos para obtener un levantamiento más detallado.

- Con el estudio topográfico se determinó que la ubicación del puente estará en una zona recta, donde no se encontrará sesgado respecto al flujo ( $\theta = 90^\circ$ ), por lo tanto, evitará la tendencia a la erosión, lo cual afectaría su estabilidad. Además, la ubicación elegida del puente se ve relacionada directamente con la continuidad del camino existente, es decir que obedece al comportamiento del tránsito existe en la zona.

-



Fuente: *Google Earth*

- La sección transversal del puente según la topografía de la zona es muy favorable debido a que el tirante de agua encontrado, el ancho promedio y la velocidad de flujo aproximada son muy estables y no producirán cambios morfológicos bruscos al curso natural.

## 2. Estudios Hidrológicos

- La cuenca a estudiar es una microcuenca formada y delimitada por canales de riego existentes en la zona; esta microcuenca forma parte de la Cuenca Chancay - Lambayeque del río Lambayeque.
- Se solicitó información pluviométrica al SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), los datos adquiridos son de 25 años de registro de Precipitación máxima en 24 horas de la estación Lambayeque; ésta estación cuenta con un periodo de registros aceptables estadísticamente y se encuentra cerca de la cuenca de estudio.
- Se estimó el caudal máximo a partir de las precipitaciones con el método Racional que establece el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC. Con éste método se obtuvo un caudal de 11.47 m<sup>3</sup>/seg para un periodo de retorno de 140 años.
- Cabe resaltar que el río Lambayeque en el cual está ubicado el puente, tiene un caudal que es controlado desde la captación Bocatoma La Puntilla. Dicha información se encuentra documentada en el anexo DOCUMENTO N° 1.12.
- Se solicitó información pluviométrica al SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú), los datos adquiridos son de 25 años de

registro de Precipitación máxima en 24 horas de la estación Lambayeque; ésta estación cuenta con un periodo de registros aceptables estadísticamente y se encuentra cerca de la cuenca de estudio.

- Se estimó el caudal máximo a partir de las precipitaciones con el método Racional que establece el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC. Con éste método se obtuvo un caudal de 11.47 m<sup>3</sup>/seg para un periodo de retorno de 140 años.
- Cabe resaltar que el río Lambayeque en el cual está ubicado el puente, tiene un caudal que es controlado desde la captación Bocatoma La Puntilla. Dicha información se encuentra documentada en el anexo DOCUMENTO N° 1.12.



Compuerta de Control



Fuente: *Google Earth*

### 3. Estudios Hidráulicos

- Al obtener el caudal de diseño, se procedió a utilizar el software de Ingeniería HEC-RAS, para calcular los parámetros de diseño hidráulico del puente. Con

los caudales obtenidos por simulación hidrológica obtenida para periodos de retorno de 5,10, 25, 50, 100, 140, 200 y 500 años, se aplica el modelo hidráulico de simulación del flujo HEC-RAS.

- En la sección de interés (donde se ubica el puente) se determinan los niveles, tirante y velocidades, con la finalidad de determinar la luz y nivel inferior de las vigas del puente, además de las variables necesarias para la evaluación de la socavación para un caudal de diseño de 13.99 m<sup>3</sup>/seg.

**Tabla 27**

Parámetros Hidráulicos

<b>PARÁMETROS HIDRÁULICOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UND</b>
Cota de Línea de Energía	30.75	m
Carga de Velocidad	0.05	m
Cota de Nivel de agua	30.07	m
Pendiente de la L.E	0.000891	m/m
Q total	13.99	m <sup>3</sup> /seg
Ancho Superficial	20	m
Velocidad Total	0.92	m/seg
Tirante máximo	1.63	m
Cota <u>máx</u>	30.7	m
Cota fondo	28.87	m

Fuente: Propia HEC-RAS

- Con respecto a la socavación: se estimó una socavación general la cual resultó una profundidad de 0.09m; siendo muy baja debido a tener caudales y velocidades relativamente pequeñas.
- No se tiene socavación local debido a que anteriormente se ha hecho el cálculo de “Sección Estable del Cauce”, de este modo se ha aumentado el ancho estable, para que así el ancho del puente sea mayor que el ancho del río; por lo que el estribo no sufrirá socavación.

#### 4. Estudio de Mecánica de Suelos

- Se realizó una prospección geoelectrica alcanzando una profundidad de exploración de 65 metros. Según los perfiles litológicos (Fotografía N°5.11) señala que aproximadamente a partir de los 6 metros encontramos un perfil conformado por piedras grandes con arena y gravas donde se podría cimentar.



Fuente: Propia.

- Para obtener las características del suelo, se realizó una correlación de datos que estipula Lambe y Whitman en su libro Mecánica de Suelos [6]; la correlación se da entre el tipo de material obtenido en la prospección geoelectrica y una serie de tablas que determinan las características que presenta los estratos.
  - a) Estribo Izquierdo, hacia Chiclayo (C-1): Este perfil está conformado principalmente por Arenas y Gravas con presencia de arcillas saturadas.
  - b) Estribo Derecho, hacia Capote (C-2): Este perfil está conformado principalmente por Arenas y Gravas con presencia de arcillas saturadas.
  - c) Cauce de Río: Debido a la presencia constante de agua en el cauce, no se realizó una calicata y en su lugar se hizo un agujero de aproximadamente un metro de profundidad del cual se pudo extraer muestra de Arena graduada

## 5. Estudio de Tráfico

- Al tratarse de un puente (estructura de gran envergadura) será necesario efectuar estudios de tráfico correspondiente a volumen y clasificación de tránsito en puntos establecidos, con el objetivo de determinar las características de la infraestructura vial y la superestructura del puente. [3]
- El IMD de los conteos de volúmenes de tráfico y del factor de corrección determinado del análisis de consistencia obtenido es de 80 (Tabla N°23).

## 6. Diseño estructural

El diseño estructural dio los siguientes resultados:

- La luz libre del puente es de 20 m, el principal factor a tener en cuenta para la obtención de la luz es el ancho del río. Para esto en el apartado 4.3.4 se calculó la “Sección estables del cauce” con diferentes métodos, en la cual se optó por elegir el valor más crítico para el ancho estable, debido que de este modo nos alejaríamos un poco del cauce del río y de este modo evitaríamos la socavación local en los estribos, el valor del ancho estable fue de 19.15 m, pero por fines de diseño optamos un ancho estable de 20m.
- Para elegir el tipo de estructura se tuvo en cuenta una serie de factores:
  - Como la ubicación del puente es en vías vehiculares debe preverse futuras ampliaciones de vía.
  - Se debe tener en cuenta el gálibo, que en caso de puentes sobre cursos de agua se debe considerar como mínimo una altura libre de 1.50m sobre el nivel máximo de las aguas. n
  - Se debe tener en cuenta el proceso constructivo que se llevaría a cabo para la ejecución de algún tipo de sistema estructural; no se debe encontrar dificultades en la zona del proyecto.
  - Se tiene que tener en cuenta los parámetros de la sección transversal en la cual se construirá el puente.
- Al tener todo esto claro, se optó por diseñar un puente “Losa – Viga” que es recomendado para luces de puentes que se encuentran entre 12 – 25 metros. En este caso las condiciones nos lo permiten, ya que contamos con una luz de 20 metros, un gálibo libre que supera el 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas.

- La losa tendrá un espesor de 20 cm de concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  y contará con un refuerzo de acero según se indique en anexos.
- Se contará con dos carriles para diseño, por lo que el ancho de calzada será de 7.20m.
- El número de vigas principales será de 4 vigas separadas  $s = 2.1\text{m}$ ; con un peralte de 1.40m y una base de 0.50m.
- El peralte de las vigas diafragma será de 1.0 m, la longitud de su base de 0.30m y cumplirán con las disposiciones de los cálculos.
- Para el diseño de las barreras del puente, se propone un modelo de barrera de concreto con perfil basado en la barrera de New Jersey.
- Los estribos se diseñarán para soportar los empujes del terreno y la carga sísmica debido al peso del tablero y las vigas; esta estabilidad se calculará considerando cargas últimas, tal y como lo indica AASHTO. Los estribos contarán con una altura de 7m; que a su vez contarán con apoyos que transmitirán la carga de la superestructura a éstos.
- El diseño de los elementos de la superestructura y subestructura se encontrará detallada en el anexo N°02 Cálculos.

El diseño estructural dio los siguientes resultados:

- La luz libre del puente es de 20 m, el principal factor a tener en cuenta para la obtención de la luz es el ancho del río. Para esto en el apartado 4.3.4 se calculó la “Sección estables del cauce” con diferentes métodos, en la cual se optó por elegir el valor más crítico para el ancho estable, debido que de este modo nos alejaríamos un poco del cauce del río y de este modo evitaríamos la socavación local en los estribos, el valor del ancho estable fue de 19.15 m, pero por fines de diseño optamos un ancho estable de 20m.
- Para elegir el tipo de estructura se tuvo en cuenta una serie de factores:
  - Como la ubicación del puente es en vías vehiculares debe preverse futuras ampliaciones de vía.
  - Se debe tener en cuenta el gálibo, que en caso de puentes sobre cursos de agua se debe considerar como mínimo una altura libre de 1.50m sobre el nivel máximo de las aguas. n

Se debe tener en cuenta el proceso constructivo que se llevaría a cabo para la ejecución de algún tipo de sistema estructural; no se debe encontrar dificultades en la zona del proyecto.

Se tiene que tener en cuenta los parámetros de la sección transversal en la cual se construirá el puente.

- Al tener todo esto claro, se optó por diseñar un puente “Losa – Viga” que es recomendado para luces de puentes que se encuentran entre 12 – 25 metros. En este caso las condiciones nos lo permiten, ya que contamos con una luz de 20 metros, un gálibo libre que supera el 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas.
- La losa tendrá un espesor de 20 cm de concreto  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  y contará con un refuerzo de acero según se indique en anexos.
- Se contará con dos carriles para diseño, por lo que el ancho de calzada será de 7.20m.
- El número de vigas principales será de 4 vigas separadas  $s=2.1\text{m}$ ; con un peralte de 1.40m y una base de 0.50m.
- El peralte de las vigas diafragma será de 1.0 m, la longitud de su base de 0.30m y cumplirán con las disposiciones de los cálculos.

## VI. CONCLUSIONES

El puente Collocsy se ubica en el Centro Poblado Capote, perteneciente al Distrito de Picsi, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, el cual tendrá las siguientes coordenadas de ubicación:

N° SEV	NORTE	ESTE
01 - Margen Izquierda	9255100	631310
02 - Margen Derecha	9255127	631295

El puente Collocsy permitirá conectar de manera permanente al Centro Poblado de Capote con la ciudad de Chiclayo, salvando el cauce del río Lambayeque. Actualmente existe un puente de madera en pésimo estado el cual no cumple con las condiciones de servicio para el cual se instaló años atrás.

Las cuantificaciones del caudal del Río Lambayeque, se ha efectuado en base a los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Lambayeque.

El análisis estadístico establece que la Distribución Gumbel, es la que se ajusta satisfactoriamente a los datos de la muestra, resultado de la prueba de bondad Smirnov – Kolmogorov dado que su curva se halla en una posición que representa valores medios de periodos de retorno evaluados.

El periodo de retorno se ha obtenido en función de la vida útil de la estructura como de un riesgo de falla admisible, obteniendo un tiempo de retorno de 140 años.

El periodo de retorno para la estimación de socavación es de 500 años, siguiendo lo establecido en el Manual de Puentes. [3]

El caudal de diseño obtenido para la sección hidráulica (0+240) es igual a 11.47 m<sup>3</sup>/s obtenido mediante el método Racional que establece el Manual de Puentes.

La luz del puente se ha determinado mediante el cálculo del Ancho Estable, en el cual se determinó 20 metros de luz.

Se cuenta con una socavación general muy baja, debido a que el caudal de este río es controlado desde la bocatoma denominada La Puntilla. Mientras que se evitó tener socavación local, aumentando el ancho estable del cauce.

El gálibo del puente es de 2.06 metros, medido desde el fondo de viga del puente proyectado hasta el nivel de agua estimado para un tiempo de retorno de 500 años.

La subestructura quedará cimentada a partir de los 6 metros, debido a que en los perfiles litológicos realizados con la prospección geoelectrica, señala que aproximadamente a esa profundidad encontramos un perfil conformado por piedras grandes con arena y gravas.

El diseño estructural del puente, será tipo: Losa – Viga, el cual contará con las siguientes características:

- Luz del puente: 20 m
- Número de carriles: 2 carriles con un ancho de calzada de 7.20 m.
- Espesor de la losa: 0.20 m
- $F'c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>
- Número de vigas principales: 4 con una separación de  $s=2.1$  m
- Peralte de las vigas principales: 1.40 m y una base de: 0.50 m
- Peralte de las vigas diafragma: 1.0 m con una base de 0.30 m
- Barreras de concreto con perfil basado en la barrera de New Jersey.
- Los estribos contarán con una altura de 7m; que a su vez contarán con apoyos que transmitirán la carga de la superestructura a éstos.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un levantamiento topográfico detallando el cauce del río para poder obtener la mejor alternativa de la que sería la sección transversal donde se ubicará el puente.

Se sugiere establecer la ubicación del puente, en una zona recta donde el puente evitará la tendencia a la erosión, lo cual afectaría su estabilidad. Además, elegir su ubicación relacionada directamente con la continuidad del camino existente, es decir que obedezca al comportamiento del tránsito existe en la zona.

Se aconseja trabajar con las precipitaciones máximas en 24 horas de una estación que se encuentre lo más cercana a la ubicación del proyecto y que tenga las mismas características de la zona.

Se recomienda utilizar un ancho estable para poder evitar la socavación innecesaria en los estribos, debido a que la luz del puente es relativamente corta.

Se sugiere realizar una prospección geoelectrica con gran profundidad para de este modo se pueda obtener resultados más precisos de los perfiles litológicos que se encontrarán

Se aconseja establecer una correlación de datos entre los perfiles litológicos encontrados con la prospección y algunas tablas que encontramos en libros de Mecánica de Suelos, las cuales determinan las características morfológicas del material con más detalle.


Se recomienda para este caso trabajar con un puente tipo Losa – Viga, el cual es recomendado para cubrir luces que se encuentran entre los 12 y 25 metros. Además, que facilitará el proceso constructivo, siendo el más adecuado para la zona en que se encuentra.

## VIII. REFERENCIAS

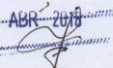
- [1] J. E. T. Orozco, Diseño de Puentes, Colombia: UIS, 2009.
- [2] O. G. GARCÍA.J, «La infraestructura de puentes en las vías secundarias del departamento de Antioquia,» *Revista EIA*, 2014.
- [3] M. d. T. y. Comunicaciones, Manual de Puentes, Perú, 2016.
- [4] R. Sono Huarcaya, Diseño y Elaboración del Expediente Técnico del Puente Carrozable para el caserío de Puchaca Bajo, Incahuasi., Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo: Tesis profesional, 2017.
- [5] M. d. T. y. Comunicaciones, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, Perú: Macro, 2012.
- [6] T. W. L. y. R. V. Whitman, Mecánica de Suelos, México: Limusa. S.A, 2004.
- [7] M. Aguilar, Forma y tipo en el arte de construir puentes, España: Abada editores, 2008.
- [8] E. Arias, Exploración Geotécnica - Relaciones Geoeléctricas, Universidad Nacional de Colombia: Tesis de maestría, 2011.
- [9] C. Chuquimia, Apoyo didáctico en la enseñanza - aprendizaje en la asignatura de puentes, Universidad de San Simón, 2004: Tesis de Licenciatura, 2004.
- [10] M. Fernando.E, Socavación producida por el río Huallaga al puente Colpa Alta en la provincia de Huánuco, utilizando los métodos de Artamanov, Straub y Maza, en el Hec-ras", Universidad de Piura: Tesis de Maestría, 2016.
- [11] L. Nilson.M, «Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales,» *Construcción*, 2011.
- [12] Salvador.M, Ingeniería de Puentes, España: UPV, 1997.
- [13] Fernández.S, Metodología de la Investigación, México: Mc.Graw-Hill, 1999.
- [14] S. M, Guía para el Diseño de puentes con vigas y losa, Universidad de Piura: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil , 2004.
- [15] M. S. Talero.S, Evaluación del riesgo potencial de socavación en puentes sobre cursos de agua.
- [16] E. Vargas.M, Elección y diseño de alternativa de puente sobre el río chilloroya (Cusco) para acceso a la planta de procesos del proyecto consntancia, Pontificia Universidad Católica del Perú: Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, 2015.
- [17] I. A. R. Serquén, Puentescon AASHTO - LRFD 2014, Perú: ICG, 2017.
- [18] I. A. R. Serquén, Diseño de Puentes con CSi Bridge, Perú: ICG, 2009.

## IX. ANEXOS

**ANEXO N° 01: DOCUMENTOS****DOCUMENTO N° 1.1: Carta dirigida a la dirección de caminos del Gobierno Regional de Lambayeque**



**USAT**  
Universidad Católica  
Santo Toribio de Mogrovejo

GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE  
Gerencia Regional de Transportes y Comunicaciones  
Registro SISGEDO: 2806534-0  
Folios: 1  
Fecha: 20-ABR-2018  
Firma: 

Chiclayo, 20 de abril del 2018

**CARTA N°031-2018-USAT-EICA**

**Señor**  
Ing. Fernando Martín Llaguento Delgado  
Director de la Dirección Ejecutiva de Caminos del Gobierno Regional de Lambayeque  
GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE

**Presente.-**

De mi especial consideración:


Es grato expresarle mis saludos a nombre de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y desearte éxitos en su gestión al frente de su representada.

Al mismo tiempo, presentarle a la estudiante **IDROGO REGALADO, RODOLFO ADRYANZELL** con DNI 70764925, de la escuela de Ingeniería CIVIL AMBIENTAL quien se encuentra desarrollando su proyecto de tesis, que redundará en beneficio de su comunidad.

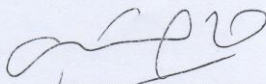
Por esta razón, les solicitamos le otorguen las facilidades, permisos y apoyo pertinentes, brindándole la información necesaria como: indicar si el proyecto "Puente Collocsy" no se encuentra en el Banco de Proyectos de la entidad, ni tampoco se encuentra en ejecución, para la continuidad de su proyecto.

Seguros de contar con su apoyo, nos suscribimos de Usted reiterando nuestro afán por trabajar mancomunadamente por el desarrollo y bienestar de la comunidad estudiantil.

Atentamente,



ESCUELA DE INGENIERÍA  
CIVIL AMBIENTAL



Ing. Anibal Teodoro Díaz Orrego  
DIRECTOR DE ESCUELA  
Ingeniería Civil Ambiental

Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo-Perú \* Central Telefónica: (074) 606200 - 606217 \* Oficina de Información: (074) 606203  
PreUSAT: (074) 606217 \* www.usat.edu.pe \* www.facebook.com/usat.peru

## DOCUMENTO N° 1.2: Carta dirigida a la Municipalidad de Picsi – Solicitud de Constancia



"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

Chiclayo, 04 de abril de 2018.



Sr. Juan Francisco Casiano Díaz

ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ

ASUNTO: Solicito Constancia

REFERENCIA: Proyecto de Tesis

De mi consideración:

Es grato dirigirme a su despacho para saludarlo y a la vez manifestarle lo siguiente:

Que, en calidad de alumno de la carrera de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica "Santo Toribio de Mogrovejo" de la ciudad de Chiclayo, he decidido desarrollar mi proyecto de tesis para poder elaborar el diseño definitivo del puente Collasiq, ubicado en el distrito de Picsi, provincia de Chiclayo; motivo por el cual solicito a su digno despacho una CONSTANCIA que indique que el mencionado proyecto no se encuentra en el Banco de Proyectos de la Municipalidad Distrital de Picsi, ni tampoco se encuentra en desarrollo.

Por lo expuesto a usted, ruego acceder a mi solicitud por el motivo antes mencionado.

Atentamente.

Rodolfo Adryanzell Idrogo Regalado

DNI: 70764925

## DOCUMENTO N° 1.3: Carta dirigida a la Municipalidad de Picsi – Autorización



"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

Chiclayo, 04 de abril de 2018.



Sr. Juan Francisco Casiano Díaz

ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ

**ASUNTO:** Solicito autorización de acceso a la información y permiso para poder realizar diversos estudios como topográficos, suelos, hidrológicos, entre otros.

**REFERENCIA:** Proyecto de Tesis.

De mi consideración:

Es grato dirigirme a su despacho para saludarlo y a la vez manifestarle lo siguiente:

Que, en calidad de alumno de la carrera de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica "Santo Toribio de Mogrovejo" de la ciudad de Chiclayo, he decidido desarrollar mi proyecto de tesis para poder elaborar el diseño definitivo del puente Collasiq, ubicado en el distrito de Picsi, provincia de Chiclayo; motivo por el cual solicito a su digno despacho una AUTORIZACIÓN de acceso a la información y permiso para poder realizar diversos estudios como topográficos, suelos, hidrológicos, entre otros, en la zona donde se desarrollará el proyecto.



Por lo expuesto a usted, ruego acceder a mi solicitud por el motivo antes mencionado.

Atentamente.

Rodolfo Adryanzell Idrogo Regalado

DNI: 70764925

## DOCUMENTO N° 1.4: Carta de autorización de ejecución de la tesis, solicitud de la proyección social y acceso a la información y permisos correspondientes

### MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ

**AUTORIZACIÓN**

El **ING. JOSE ANTONIO SANCHEZ CHERO**, Gerente Municipal de la Municipalidad Distrital de Picsi, Región Lambayeque, que al final suscribe.


Que el Sr. **RODOLFO ADRYANZELL IDROGO REGALADO**, estudiante de la carrera de Ing. Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, de la ciudad de Chiclayo, queda autorizado en realizar el diseño definitivo del puente Collocsy; del mismo modo pueda acceder a la información que se requiera y el permiso para realizar los diversos estudios topográficos, suelos, hidrológicos, entre otros, en la zona donde se desarrollará el estudio del Proyecto de tesis. Cabe resaltar que en dicha zona no existe ninguna intervención del gobierno.

Con la ejecución de dicho diseño, se lograrán muchos beneficios no solo a la provincia de Picsi, sino a todo el departamento de Lambayeque, en sus diversas actividades como transporte, comercio, salud, agricultura, entre otros.

La Municipalidad de Picsi, agradece su iniciativa y autoriza la realización del diseño definitivo del citado puente. Para el efecto pone a su disposición la información requerida a su trabajo.

Se expide la presente autorización a solicitud de parte interesada para fines convenientes.

Atentamente.



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICSÍ  
ING. JOSÉ ANTONIO SANCHEZ CHERO  
GERENTE MUNICIPAL



Picsi, 04 de abril del 2018

*“Con orden y trabajo”*

---

Calle: Congreso N° 169 - Distrito de Picsi - Provincia de Chiclayo - Región de Lambayeque - Perú  
 ☎ (051) (074) 269011 / 269028 / 457701 ✉ alcaldía@municipicsi.gob.pe 🌐 http://www.municipicsi.gob.pe

## DOCUMENTO N° 1.5: Constancia de no existencia del proyecto de tesis en el banco de proyectos de la municipalidad de Pícsi



**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PÍCSI**

**CONSTANCIA**


El **ING. JOSE ANTONIO SANCHEZ CHERO**, Gerente Municipal de la Municipalidad Distrital de Pícsi, Región Lambayeque, que al final suscribe.

**HACE CONSTAR:**

Que el proyecto de Tesis “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PUENTE COLLOCSY, DISTRITO DE PÍCSI, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2018” no se encuentra en el banco de proyectos de la entidad, ni tampoco se encuentra en desarrollo. Así mismo recalcar la alta prioridad y necesidad de este proyecto. Se expide la presente autorización a solicitud de parte interesada para fines convenientes.

Atentamente.

Pícsi, 04 de abril del 2018



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PÍCSI  
ING. JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ CHERO  
GERENTE MUNICIPAL

*“Con orden y trabajo”*

Calle: Congreso N° 169 - Distrito de Pícsi - Provincia de Chiclayo - Región de Lambayeque - Perú  
☎ (051) (074) 269011 / 269028 / 457701 ✉ alcaldia@municipicsi.gob.pe 🌐 <http://www.municipicsi.gob.pe>

## DOCUMENTO N° 1.6: Carta dirigida a la Junta de Usuarios Lambayeque



"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

Chiclayo, 11 de abril de 2018.

Ing. Jorge Alberto Figueroa Roque

Presidente de la Junta de Usuarios - Lambayeque.

Asunto: Solicito Información cuantificable de la producción agrícola de Lambayeque.

Distinguido Sr. presidente:

Con la finalidad de apoyar la reconstrucción de la región Lambayeque y teniendo la formación universitaria de Ingeniería Civil Ambiental, cursada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), me presento ante Ud. Para comunicarle mi intención de elaborar el expediente del diseño definitivo del puente Collasiq, ubicado en el distrito de Picsi, provincia de Chiclayo.

Este interés en la elaboración de dicho diseño responde a la necesidad de realizar mi tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Civil Ambiental. Así mismo quisiera que mi investigación sea un aporte a la solución de los problemas ocasionados por el último fenómeno del Niño. En mi universidad se exigen como temas de tesis la solución a un problema real y específico de nuestro país, como un trabajo de proyección social, requisito indispensable para poder graduarme como Ingeniero Civil Ambiental.



Con ánimo de iniciar mi tesis y de contribuir en la reconstrucción de nuestro país, solicito se me proporcione la información necesaria en cuanto a producción agrícola de Lambayeque para la realización de mi proyecto.

Por lo expuesto a usted, quedo a la espera de su respuesta.

Atentamente.

Rodolfo Adryanzell Idrogo Regalado

DNI: 70764925

**DOCUMENTO N° 1.7: Carta dirigida a la Comisión de usuarios -Capote**

**"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"**

Capote, 11 de abril de 2018.

**Sr. Gregorio Quiroz Nuñez**  
Presidente de la Comisión de Usuarios del Sub Sector de Hidráulico Capote

**Asunto: Solicito Información cuantificable de la producción agrícola de la zona.**

Distinguido Sr. presidente:


Con la finalidad de apoyar la reconstrucción de la región Lambayeque y teniendo la formación universitaria de Ingeniería Civil Ambiental, cursada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), me presento ante Ud. Para comunicarle mi intención de elaborar el expediente del diseño definitivo del puente Collasiq, ubicado en el distrito de Picsi, provincia de Chiclayo.

Este interés en la elaboración de dicho diseño responde a la necesidad de realizar mi tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Civil Ambiental. Así mismo quisiera que mi investigación sea un aporte a la solución de los problemas ocasionados por el último fenómeno del Niño. En mi universidad se exigen como temas de tesis la solución a un problema real y específico de nuestro país, como un trabajo de proyección social, requisito indispensable para poder graduarme como Ingeniero Civil Ambiental.

Con ánimo de iniciar mi tesis y de contribuir en la reconstrucción de nuestro país, solicito se me proporcione la información necesaria en cuanto a producción agrícola de la zona para la realización de mi proyecto.

Por lo expuesto a usted, quedo a la espera de su respuesta.

Atentamente.



---

Rodolfo Adryanzell Idrogo Regalado  
DNI: 70764925

## DOCUMENTO N° 1.8: Carta dirigida a la Gerencia Regional de Agricultura - Lambayeque



"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"



Chiclayo, 11 de abril de 2018.

Ing. Ricardo Alfonso Romero Renteria

Gerente Regional de Agricultura - Lambayeque.

Asunto: Solicito Información cuantificable de la producción agrícola de Lambayeque.

Distinguido Sr. gerente:

Con la finalidad de apoyar la reconstrucción de la región Lambayeque y teniendo la formación universitaria de Ingeniería Civil Ambiental, cursada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), me presento ante Ud. Para comunicarle mi intención de elaborar el expediente del diseño definitivo del puente Collasiq, ubicado en el distrito de Picsi, provincia de Chiclayo.

Este interés en la elaboración de dicho diseño responde a la necesidad de realizar mi tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Civil Ambiental. Así mismo quisiera que mi investigación sea un aporte a la solución de los problemas ocasionados por el último fenómeno del Niño. En mi universidad se exigen como temas de tesis la solución a un problema real y específico de nuestro país, como un trabajo de proyección social, requisito indispensable para poder graduarme como Ingeniero Civil Ambiental.

Con ánimo de iniciar mi tesis y de contribuir en la reconstrucción de nuestro país, solicito se me proporcione la información necesaria en cuanto a producción agrícola de Lambayeque para la realización de mi proyecto.

Por lo expuesto a usted, quedo a la espera de su respuesta.

Atentamente.

Rodolfo Adryanzell Idrogo Regalado

DNI: 70764925

## DOCUMENTO N° 1.9: Carta de respuesta de la dirección de caminos del Gobierno Regional de Lambayeque

**GOBIERNO REGIONAL-LAMBAYEQUE**  
GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
DIRECCION EJECUTIVA DE CAMINOS

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

### CONSTANCIA

El que suscribe, DIRECTOR DE EJECUTIVO DE CAMINOS DE LA GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, DE LA REGIÓN LAMBAYEQUE, con sede en el Km. 9 Carretera Chiclayo - Pimentel, indica:

Que el Proyecto "Puente Collocsy" ubicada en la carretera LA-112, se encuentra en el Banco de Proyectos como IDEA.

Por lo tanto no está en ejecución y la estudiante IDROGO REGALADO, RODOLFO ADRYANZELL, con DNI 70764925, de la escuela de Ingeniería CIVIL AMBIENTAL, puede desarrollar su proyecto de tesis.

Se expide esta Constancia a solicitud del Ing. Aníbal Teodoro Diaz Orrego, Director de Escuela Ingeniería Civil Ambiental, de conformidad a su Carta N°031-2018-USAT-EICA con Reg. N°2806534

Chiclayo 02 de Mayo del 2018

**GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE**  
GERENCIA REGIONAL DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
-----  
Ing. Fernando Martín Laguarda Delgado  
DIRECTOR EJECUTIVO DE CAMINOS



## DOCUMENTO N° 1.11: Carta respuesta de la Comisión de Usuarios Capote



INFORME N° 061 - 2018-CRSSRC-COORD.TECNICO

A : Sr. GREGORIO QUIROZ NUÑEZ,  
Presidente de la CRSSH-Capote.

ASUNTO : ALCANZO INFORMACIÓN SOLICITADA PARA TESISTA.

FECHA : Capote, 02 de Mayo del 2,018.

Por intermedio de la presente tengo a bien alcanzarle a solicitud de Rodolfo Adryanzell Idrogo Regalado de La Universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), la lista de usuarios con las áreas y los cultivos que siembran en el ámbito de la jurisdicción del canal Jarrín este a fin de que el solicitante pueda realizar los trabajos de cuantificación de productos agrícolas que se siembran en la zona,

En tanto y esperando que la información sea de provecho para el solicitante, quedo de usted.

Atentamente,



## DOCUMENTO N° 1.12: Constancia de Caudal máximo y control de canal Lambayeque



### “COMISION DE USUARIOS DE AGUA LAMBAYEQUE”

Incepción registral Partida 11006622 Asiento A0004  
Huáscar N° 720 Lambayeque – RUC 20196022571 Telef. 283704  
Email: cr\_lambayeque@hotmail.com

*“Año Del Dialogo Y La Reconciliación Nacional”*

#### CONSTANCIA DE CAUDAL MAXIMO REGISTRADO EN CANAL DE PRIMER ORDEN LAMBAYEQUE

Por intermedio de la presente, el que suscribe Jefe de Operación y Manteniendo de la Comisión de Usuarios de Agua Lambayeque, OTORGA LA CONSTANCIA DE CAUDAL MÁXIMO EN EL CANAL DE PRIMER ORDEN Lambayeque, el cual es de 12.00 m<sup>3</sup>/seg; este caudal, es controlado desde la captación Bocatoma La Puntilla ubicada en el la Margen Izquierda del Rio Chancay – Lambayeque y posteriormente repartido en el Partidor Chéscope.

Dicha información es brindada a solicitud del estudiante de Ing. Civil Rodolfo Idrogo Regalado, para poder elaborar su tesis denominada Elaboración del Expediente Técnico del Puente COLLOCSY, ubicado en el distrito de PICSÍ, Prov. Chiclayo, Departamento de Lambayeque.

Se expide la presente para los fines pertinentes.

Lambayeque, Octubre 01 de 2018.

  
 COMISION DE USUARIOS DE AGUA LAMBAYEQUE  
 Pedro José Basso Troniani Alfaro  
 Jefe de Operaciones y Mantenimiento  
 C.I.P. N° 176856

## ANEXO N° 02: CÁLCULOS

### CÁLCULO N° 1: Cálculo del Diseño Estructural

#### DISEÑO DEL PUENTE COLLOCSY – DISTRITO DE PICSI – PROVINCIA DE CHICLAYO – DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE – “PUENTE VIGA-LOSA”

<b>DATOS DEL PUENTE:</b>					
LUZ LIBRE DEL PUENTE	=	20 m	NUMERO DE CARRILES	=	2 Carriles
CONCRETO $f_c$	=	280 Kg/cm <sup>2</sup>	PESO ESP. CONCRETO	=	2500 Kg/m <sup>3</sup>
ACERO $F_y$	=	4200 Kg/cm <sup>2</sup>	ELASTICIDAD DEL ACERO	=	2000000 Kg/cm <sup>3</sup>
PESO ESP. ASFALTO	=	2250 Kg/m <sup>3</sup>	ESPESOR DE ASFALTO	=	0.05 m

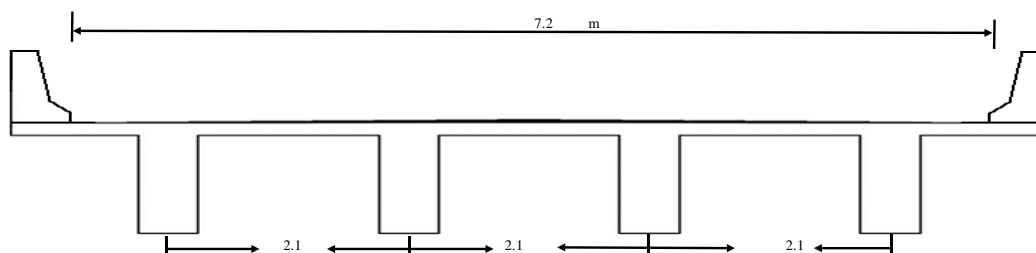
#### I. PREDIMENSIONAMIENTO

##### A) PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGA PRINCIPAL :

La Superestructura a diseñar sera de Tipo Viga Losa, formando Vigas T, recomendado para luces simplemente apoyadas de 12 a 24 m.

PERALTE DE LA VIGA PRINCIPAL (h)	=	$h = 0.07 * L$	=	1.40 m	(Tabla 2.9.1.4.4.5.1c-1 Manual de Puentes 2019)
NUMERO DE VIGAS	=	N° de carriles + 2	=	4 Vigas	2.9.1.4.6.1.1
ANCHO DE LA CALZADA	=	N° de carriles * 3.6	=	7.2 m	
SEPARACION ENTRE VIGAS "S"	=	$2.00 < S < 3.00$	=	2.1 m	
BASE DE LA VIGA PRINCIPAL (b)	=	$b = 0.0157 * L * \text{raiz}(S)$	=	0.46 m	
		Asumimos b	=	0.5 m	

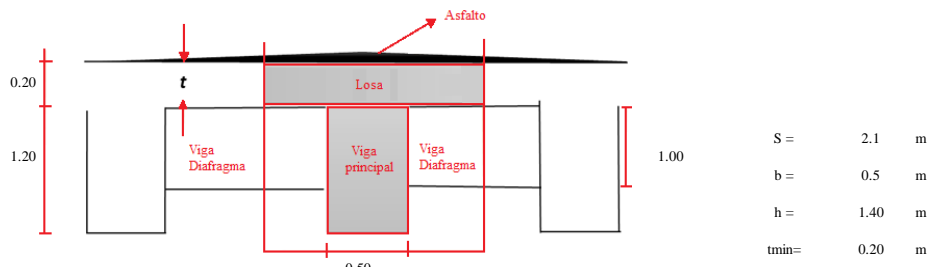
SECCION TRANSVERSAL DEL PUENTE COLLOCSY



##### B) PREDIMENSIONADO DE LA LOSA

a) ESPESOR DE LA LOSA (t <sub>min</sub> )	=	0.175 m	(2.9.1.4.6.1.1 del Manual de Puentes)
b) PARA VOLADIZOS DE TABLERO DE CONCRETO QUE SOPORTAN BARRERAS DE CONCRETO (t <sub>min</sub> ):	=	0.20 m	(2.1.4.3.4.2.3.1.2 del Manual de Puentes)
	Asumimos t	=	0.20 m
PERALTE DE VIGA DE ARRIOSTRE	=	1 m	
LONGITUD DE BASE DE LA V.A	=	0.3 m	

SECCION TRANSVERSAL DEL PUENTE



**II. DISEÑO DE LA LOSA**

**A) METRADO DE CARGAS PARA LAS CONDICIONES DE CARGA**

Cargas Verticales o de Gravedad:

**A.1. CARGAS PERMANENTES**

**A.1.1. Cargas Muertas: DC y DW**

		<b>total por ancho unitario (1m)</b>
		<b>(Wi)</b>
Peso Propio de elementos Estructurales	<b>DC:</b> Losa (h=0.20m) =	500.00 kg/m
Carga Muerta de Superficie de rodadura y barrera	<b>DW:</b> Superficie de Rodadura (h=0.05m) = Peso de la Barrera (a 0.13m del borde) =	112.50 kg/m 507.19 kg

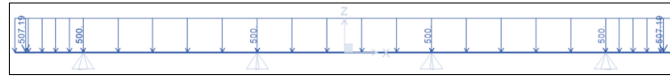


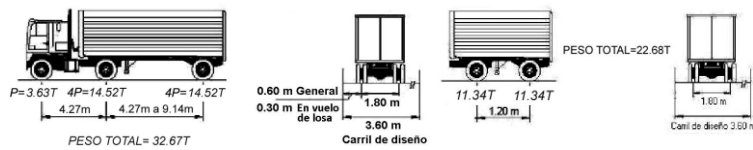
Diagrama de Cargas Permanentes Actuando Sobre la Seccion Transversal de la Losa

**A.2. CARGAS VARIABLES**

**A.2.1. Cargas Vivas de Vehículos**

Cargas Vivas de Vehículos

LL: Vehículo de diseño: HL-93



Carga Dinámica Permitida:

IMP:

Tabla 2.4.3.3-1 Incremento de la Carga Viva por Efectos Dinámicos (IM) (3.6.2.1-1 AASHTO)

Componente	Porcentaje (IM)
Elementos de unión en el tablero (para todos los estados límite)	75%
Para otros elementos	
• Estados límite de fatiga y fractura	15%
• Otros estados límite	33%

**A) MOMENTOS DE DISEÑO**

**CARGAS PERMANENTES**

**A.1. CARGA MUERTA (DC)**

Diagrama de Momentos originados por las cargas muertas (DC)

M(-)eje =	-137.97	kg-m =	-0.14	T-m
M(-)izq =	-73.09	kg-m =	-0.07	T-m
M(-)der =	-25.94	kg-m =	-0.03	T-m
M(+) =	-93.3	kg-m =	-0.09	T-m

**A.2. CARGA POR RODADURA (DW)**

M(-)eje =	-47.03	kg-m =	-0.05	T-m
M(-)izq =	-30.37	kg-m =	-0.03	T-m
M(-)der =	-32.92	kg-m =	-0.03	T-m
M(+) =	33.92	kg-m =	0.03	T-m

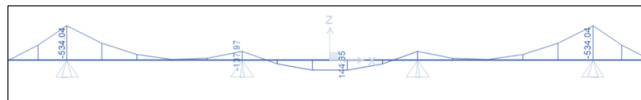


Diagrama de Momentos originado por las Cargas Permanentes Actuando Sobre la Seccion Transversal de la Losa

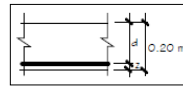
**B.2. ACERO POSITIVO (Perpendicular al tráfico)**

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy(d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

Mu = 4.14 Tn.f.m  
d = 16.87 cm

a (cm)	As (cm2)
3.373	7.209
1.272	6.742
1.190	6.725
1.187	6.725
1.187	6.725



Acero	Área (cm2)	Espaciamento
1/2"	1.27	19

**COMPROBACIÓN  $\phi$**

$$a = B_1 C \quad 0.75 \leq \phi = 0.65 + 0.15 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) \leq 0.9$$

a = 1.19  
B1 = 0.85  
c = 1.40 cm  
d = 16.87 cm  
 $\phi$  = 2.31 BIEN

**ACERO MÍNIMO**

$$Mcr = 1.10 * fr * S \quad fr = 2.01 \sqrt{f'c} \quad S = \frac{b * h^2}{6}$$

fr = 34 kg/cm2  
S = 6666.67 cm3  
Mcr = 2.47 Tn.f.m  
1.33 Mu = 5.50 Tn.f.m  
M min = 2.47 Tn.f.m  
BIEN

**B.3. CÁLCULO ACERO TEMPERATURA**

$$As = \frac{0.18 * b * x * h}{2 * x * (b + h)} \quad 2.33 \frac{cm^2}{m} < As < 12.7 \frac{cm^2}{m}$$

As temp = 1.50 cm2/m CORREGIR  
Nuevo As = 2.33 cm2/m BIEN

Acero	Área	Espaciamento
3/8"	0.71 cm2	0.30 cm

ESPACIAMIENTO MÁXIMO	3h =	Espaciamento
	60.00 cm 45.00 cm	0.30 cm

Usar 1 Ø 3/8" @ 0.30 m

**B.4. CÁLCULO ACERO DE DISTRIBUCIÓN**

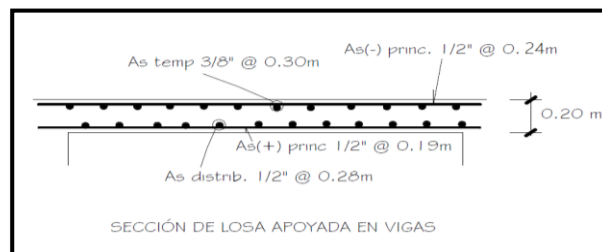
$$\% = \frac{121}{\sqrt{S}}$$

S = Distancia entre Vigas  
% = 67.00  
As = 4.51 cm2

Acero	Área	Espaciamento
1/2"	1.29 cm2	0.28 cm

Usar 1 Ø 1/2" @ 0.28 m

**RESUMEN DE ACEROS**



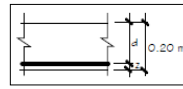
**B.2. ACERO POSITIVO (Perpendicular al tráfico)**

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy(d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

Mu = 4.14 Tn.f.m  
d = 16.87 cm

a (cm)	As (cm2)
3.373	7.209
1.272	6.742
1.190	6.725
1.187	6.725
1.187	6.725



Acero	Área (cm2)	Espaciamento
1/2"	1.27	19

**COMPROBACIÓN  $\phi$**

$$a = B_1 C \quad 0.75 \leq \phi = 0.65 + 0.15 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) \leq 0.9$$

a = 1.19  
B1 = 0.85  
c = 1.40 cm  
d = 16.87 cm  
 $\phi$  = 2.31 BIEN

**ACERO MÍNIMO**

$$Mcr = 1.10 * fr * S \quad fr = 2.01 \sqrt{f'c} \quad S = \frac{b * h^2}{6}$$

fr = 34 kg/cm2  
S = 6666.67 cm3  
Mcr = 2.47 Tn.f.m  
1.33 Mu = 5.50 Tn.f.m  
M min = 2.47 Tn.f.m  
BIEN

**B.3. CÁLCULO ACERO TEMPERATURA**

$$As = \frac{0.18 * b * x * h}{2 * x * (b + h)} \quad 2.33 \frac{cm^2}{m} < As < 12.7 \frac{cm^2}{m}$$

As temp = 1.50 cm2/m CORREGIR  
Nuevo As = 2.33 cm2/m BIEN

Acero	Área	Espaciamento
3/8"	0.71 cm2	0.30 cm

ESPACIAMIENTO MÁXIMO	3h =	Espaciamento
	60.00 cm 45.00 cm	0.30 cm

Usar 1 Ø 3/8" @ 0.30 m

**B.4. CÁLCULO ACERO DE DISTRIBUCIÓN**

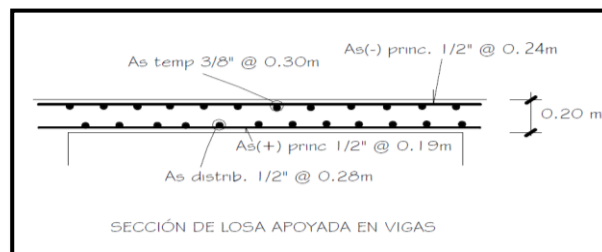
$$\% = \frac{121}{\sqrt{S}}$$

S = Distancia entre Vigas  
% = 67.00  
As = 4.51 cm2

Acero	Área	Espaciamento
1/2"	1.29 cm2	0.28 cm

Usar 1 Ø 1/2" @ 0.28 m

**RESUMEN DE ACEROS**



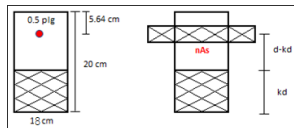
**C) VERIFICACION DE FISURACIÓN**

Momento de Diseño	
1 DC + 1 DW + 1 LL+I	
MOMENTO LL (-)	MOMENTO (+)
Izq -1.633 Der -1.556	M (+) 2.322
M(-) -1.63	

**C.1. ACERO NEGATIVO**

Ancho Tributario	=	0.18 m		
Ms	=	0.29 Tn.f.m		
Es	=	2.04E+06 kg/cm <sup>2</sup>	$n = \frac{Es}{Ec}$	n = 8.00 Relacion Modular
Ec	=	256017.97 kg/cm <sup>2</sup>		
dc	=	7.54 cm		
dl	=	132.46 cm		

Area de acero transformada = 10.16 cm<sup>2</sup>



**VERIFICACIÓN DE AGRIETAMIENTO**

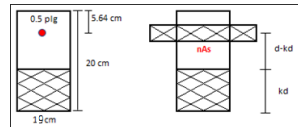
9.00 kd <sup>2</sup> + 10.16 kd - 1269.19 = 0				
kd	=	11.32 cm -12.45 cm	$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	
d-kd	=	113.60 cm		
jd	=	121.15 cm	$jd = d - \frac{kd}{3}$	
Fs	=	191.01 kgf/cm <sup>2</sup>		$fs = \frac{Ms}{jd \times As}$

**SEPARACIÓN MÁXIMA DE REFUERZO**

$S \leq \frac{125000 \gamma c}{Bs \times Fs} - 2dc$		$Bs = 1 + \frac{dc}{0.7(h - dc)}$	
Bs	=	1.09	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</span>
γc	=	0.75	
S	=	436.76 cm	

**C.2. ACERO POSITIVO**

Ancho Tributario	=	0.19 m		
Ms	=	0.44 Tn.f.m		
Es	=	2.04E+06 kg/cm <sup>2</sup>	$n = \frac{Es}{Ec}$	n = 8.00 Relacion Modular
Ec	=	256017.97 kg/cm <sup>2</sup>		
d'	=	3.64 cm		
d	=	20.00 cm		
Area de acero transformada	=	10.16 cm <sup>2</sup>		



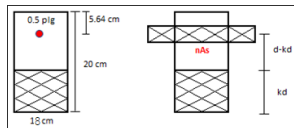
**C) VERIFICACION DE FISURACION**

Momento de Diseño	
1 DC + 1 DW + 1 LL+I	
MOMENTO LL (-)	MOMENTO (+)
Izq -1.633 Der -1.556	M (+) 2.322
M(-) -1.63	

**C.1. ACERO NEGATIVO**

Ancho Tributario	=	0.18 m		
Ms	=	0.29 Tn.f.m		
Es	=	2.04E+06 kg/cm2	$n = \frac{Es}{Ec}$	n = 8.00 Relacion Modular
Ec	=	256017.97 kg/cm2		
dc	=	7.54 cm		
dl	=	132.46 cm		

Area de acero transformada = 10.16 cm<sup>2</sup>



**VERIFICACIÓN DE AGRIETAMIENTO**

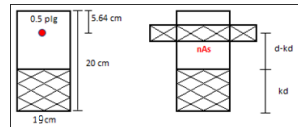
9.00 kd <sup>2</sup> + 10.16 kd - 1269.19 = 0				
kd	=	11.32 cm -12.45 cm	$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	
d-kd	=	113.60 cm		
jd	=	121.15 cm	$jd = d - \frac{kd}{3}$	
Fs	=	191.01 kgf/cm <sup>2</sup>		$fs = \frac{Ms}{jd \times As}$

**SEPARACIÓN MÁXIMA DE REFUERZO**

$S \leq \frac{125000 \gamma c}{Bs \times Fs} - 2dc$		$Bs = 1 + \frac{dc}{0.7(h - dc)}$	
Bs	=	1.09	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">OK</span>
γc	=	0.75	
S	=	436.76 cm	

**C.2. ACERO POSITIVO**

Ancho Tributario	=	0.19 m		
Ms	=	0.44 Tn.f.m		
Es	=	2.04E+06 kg/cm2	$n = \frac{Es}{Ec}$	n = 8.00 Relacion Modular
Ec	=	256017.97 kg/cm2		
d'	=	3.64 cm		
d	=	20.00 cm		
Area de acero transformada	=	10.16 cm <sup>2</sup>		



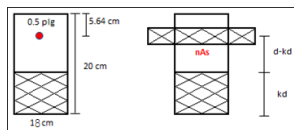
**C) VERIFICACION DE FISURACION**

Momento de Diseño	
1 DC + 1 DW + 1 LL+I	
MOMENTO LL (-)	MOMENTO (+)
Izq -1.633	M (+) 2.322
Der -1.556	
M(-) -1.63	

**C.1. ACERO NEGATIVO**

Ancho Tributario	=	0.18 m		
Ms	=	0.29 Tn.f.m		
Es	=	2.04E+06 kg/cm <sup>2</sup>	$n = \frac{Es}{Ec}$	n = 8.00
Ec	=	256017.97 kg/cm <sup>2</sup>		
dc	=	7.54 cm	Relacion Modular	
dl	=	132.46 cm		

Area de acero transformada = 10.16 cm<sup>2</sup>



**VERIFICACIÓN DE AGRIETAMIENTO**

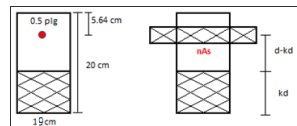
9.00 kd <sup>2</sup>	+	10.16 kd	-	1269.19	=	0
kd	=	11.32 cm				
		-12.45 cm			$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	
d-kd	=	113.60 cm				
jd	=	121.15 cm			$jd = d - \frac{kd}{3}$	
Fs	=	191.01 kgf/cm <sup>2</sup>			$fs = \frac{Ms}{jd \times As}$	$fs \leq 0.6fy$ <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">Ok</span>

**SEPARACIÓN MÁXIMA DE REFUERZO**

$S \leq \frac{125000 \gamma c}{Bs \times Fs} - 2dc$		$Bs = 1 + \frac{dc}{0.7(h - dc)}$	
Bs	=	1.09	<span style="border: 1px solid black; padding: 5px;">OK</span>
γc	=	0.75	
S	=	436.76 cm	

**C.2. ACERO POSITIVO**

Ancho Tributario	=	0.19 m		
Ms	=	0.44 Tn.f.m		
Es	=	2.04E+06 kg/cm <sup>2</sup>	$n = \frac{Es}{Ec}$	n = 8.00
Ec	=	256017.97 kg/cm <sup>2</sup>		
d'	=	3.64 cm	Relacion Modular	
d	=	20.00 cm		
Area de acero transformada	=	10.16 cm <sup>2</sup>		



**VERIFICACIÓN DE AGRIETAMIENTO**

9.50 kd <sup>2</sup>	+	10.16 kd	-	166.27	=	0
----------------------	---	----------	---	--------	---	---

kd	=	3.68 cm	$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
		-4.75 cm	

d-kd	=	12.68 cm
------	---	----------

jd	=	15.14 cm	$jd = d - \frac{kd}{3}$
----	---	----------	-------------------------

Fs	=	2295.30 kgf/cm <sup>2</sup>	$f_s = \frac{M_s}{jd \times A_s}$	$f_s \leq 0.6f_y$	Ok
----	---	-----------------------------	-----------------------------------	-------------------	----

**SEPARACIÓN MÁXIMA DE REFUERZO**

$$S \leq \frac{125000 \gamma_c}{B_s \times F_s} - 2d_c \quad B_s = 1 + \frac{d_c}{0.7(h - d_c)}$$

Bs	=	1.32
----	---	------

γc	=	0.75
----	---	------

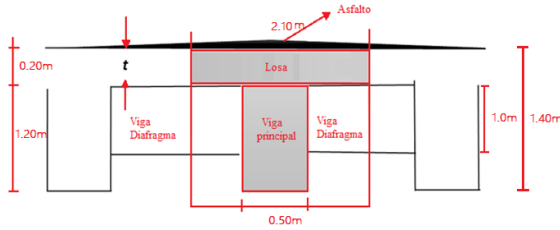
S	=	23.74 cm
---	---	----------

OK

**DISEÑO DE LA VIGA PRINCIPAL INTERIOR**

**I) PREDIMENSIONAMIENTO**

Peralte de la Viga Principal Interior:  $h_{min} = 0.07L = 1.4 \text{ m}$  (Tabla 2.9.1.4.4.5.1c-1 Manual de Puentes 2019)



**II) MOMENTOS DE FLEXIÓN POR CARGAS**

Consideramos vigas diafragmas en apoyos y en el centro de luz.

**CARGAS PERMANENTES**

**A. CARGA MUERTA (DC)**

**A.1. Cargas Distribuidas**

Wlosa = 1050 kg/m  
 Wviga = 1500 kg/m  
 WDC = 2550 kg/m  
 2.55 tn/m

MDC1 = 127.5 T-m

**APÉNDICE II-B**

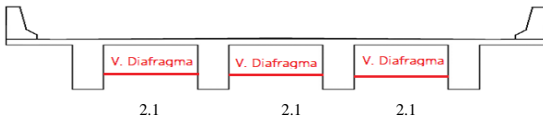
**MOMENTOS y REACCIONES MÁXIMAS EN TRAMOS SIMPLEMENTE APOYADOS**

**POR CARGA HL-93 (X= distancia desde el apoyo)**

MOMENTOS POR CARGA HL-93 (T-m)					REACCIÓN POR CARGA HL-93 (T)					MOMENTO FATIGA (T-m)				
LUZ	X	1º per. carril	1º per. carril	M <sub>LL-93</sub>	LUZ	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	M <sub>LL-93</sub>	LUZ	X	1º per. carril	M <sub>LL-93</sub>	
(m)	(m)	(%) TANDEM	(%) EQUIV.	(Mx10 <sup>-3</sup> )	(m)	(%) TANDEM	(%) EQUIV.	(Mx10 <sup>-3</sup> )	(Mx10 <sup>-3</sup> )	(m)	(m)	de trazo	(Mx10 <sup>-3</sup> )	
1	0.50	3.63	0.12	4.95	1	14.52	0.48	19.79	1	0.50	3.63		4.17	
2	1.00	7.26	0.48	10.13	2	15.88 <sup>(1)</sup>	0.95	22.07	2	1.00	7.26		8.35	
10	9.79	117.30	42.72	198.73	19	27.78	9.04	45.99	19	7.71	86.51		99.60	
20	9.29	125.43	47.36	214.18	20	28.32	9.32	46.79	20	8.21	94.50		106.68	
21	9.79	133.55	52.24	229.87	21	28.24	10.00	47.56	21	8.71	102.42		117.78	
22	10.29	141.69	57.35	245.80	22	28.44	10.47	48.30	22	9.21	110.36		126.91	

**A.2. Cargas Puntuales**

Colocamos con tres diafragmas a lo largo de toda la viga



P diaf = 1200 Kg  
 1.2 Tn  
 MDC2 = 6 T-m

MDC = MDC1 + MDC2 = 133.5 T-m

**B. CARGA POR SUPERFICIE DE RODADURA (DW)**

Wasf = 236.25 kg/m  
 MDW = 11812.5 kg/m  
 MDW = 11.81 Tn-m

**CARGAS VARIABLES**

**C. CARGA VIVA Y EFECTO DE CARGA DINÁMICA (LL+IM)**

De la tabla, para el vehículo HL-93 y con la consideracion de carga dinámica en estado límite de resistencia:

MLL+IM = 214.18 T-m a 0.30m del centro de luz

El % de este momento que se distribuye a una viga interior es:

S =	210.00 cm
L =	2000.00 cm
I viga =	72000000.00 cm <sup>4</sup>
A viga =	6000.00 cm <sup>2</sup>
ts =	20.00 cm

$K_g = n(l_{viga} + Ae_g^2) = \text{parámetro de rigidez longitudinal (mm}^4\text{)}$

$n = \frac{Es}{Ec} \rightarrow 1$

eg	Distancia entre los centros de gravedad de la viga de base y el tablero
----	---

y viga =	60.000 cm
y losa =	10.000 cm
eg =	70.000 cm
kq =	366000000.000 cm <sup>4</sup>

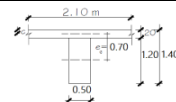


Tabla 3.7 Distribución de las sobrecargas por carril para momentos en vigas interiores (Tabla 4.6.2.2b-1, AASHTO)

Tipo de vigas	Sección transversal aplicable de la Tabla 4.6.2.2.1-1	Factores de Distribución	Rango de aplicabilidad
Tablero de madera sobre vigas de madera o acero	a, l	Ver Tabla 4.6.2.2.2a-1	
Tablero de hormigón sobre vigas de madera	l	Un carril de diseño cargado: S/3700 Dos o más carriles de diseño cargados: S/3000	S ≤ 1800
Tablero de hormigón, emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o emparrillado con vanos no llenos compuesto con losa de hormigón armado sobre vigas de acero u hormigón; vigas Te de hormigón, secciones Te y doble Te de hormigón	a, e, k y también i, j si están suficientemente conectadas para actuar como una unidad	Un carril de diseño cargado: $0,06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0,4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,3} \left(\frac{K_g}{L_t^3}\right)^{0,1}$ Dos o más carriles de diseño cargados: $0,075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0,6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,2} \left(\frac{K_g}{L_t^3}\right)^{0,1}$	1100 ≤ S ≤ 4900 110 ≤ l ≤ 300 6000 ≤ L ≤ 73.000 N <sub>b</sub> ≥ 4 4 × 10 <sup>8</sup> ≤ K <sub>g</sub> ≤ 3 × 10 <sup>12</sup>
		Usar el valor obtenido de la ecuación anterior con N <sub>b</sub> = 3 o la ley de momentos, cualquiera sea el que resulte menor	N <sub>b</sub> = 3

Fuente: PUENTES 2020 - Ing. Arturo Rodríguez Serquén

<b>Un carril Cargado</b>	<b>Dos o mas carriles cargados</b>
$g_i = 0.06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0.4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.3} \left(\frac{K_g}{L_t \cdot ts^3}\right)^{0.1}$	$g_i = 0.075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0.6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0.2} \left(\frac{K_g}{L_t \cdot ts^3}\right)^{0.1}$
g <sub>i</sub> = 0.475	g <sub>i</sub> = 0.645
<b>DISTRIBUCION CONSIDERADA</b>	
g <sub>i</sub> = 0.645	
MLL+IM = 138.20 T-m	

III) RESUMEN DE MOMENTOS FLECTORES Y CRITERIOS LRFD APLICABLES

Carga	Tipo	M(+) T-m	Resistencia I	Servicio I	Fatiga I
Losa + Viga	DC	133.50	1.25	1	0
Asfalto	DW	11.81	1.5	1	0
Carga viva	LL+IM	138.20	1.75	1	1.5

Resistencia I: U = n[1.25DC+1.50DW+1.75(LL+IM)]

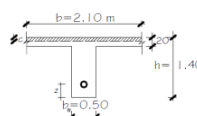
Servicio I: U = n[1.0DC+1.0DW+1.0(LL+IM)]

Fatiga I: U = n[1.50(LL+IM)]

IV) CÁLCULO DEL ACERO PRINCIPAL

Mu = 426.44 T-m

Verificamos si la viga trabaja como Tee o como viga rectangular:  
 Si c ≤ t, DISEÑAR COMO VIGA RECTANGULAR (diseño convencional)  
 Si c > t, DISEÑAR COMO VIGA T



b efect = 2.10 m  
 supo. c = t = 0.20 m  
 a = 0.85c = 17.00 cm  
 d ~ 0.85h = 119.00 cm  
 As = 114.86 cm<sup>2</sup>

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})} \quad a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b}$$

ρ = As/bd = 0.004596

c = (1.18 \* ρ \* fy \* d) / 0.85 \* f'c = 11.39 < 20  
 viga rectangular

Mu = 426.44 Tn.f.m  
 d = 119.00 cm

a (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
23.800	105.337
8.852	98.465
8.274	98.218
8.254	98.209
8.253	98.209

Con 20Ø1" = 101.4

Utilizaremos As=12Ø1" con la distribución que se muestra a continuación, estribos Ø 1/2" y recubrimiento r= 5.0 cm (2") según Tabla 5.12.3-1.

**ACERO MÍNIMO**

$$Mcr = 1.10 \times fr \times S \quad fr = 2.01 \sqrt{f'c} \quad S = \frac{b \times h^2}{6}$$

fr	=	34 kg/cm <sup>2</sup>	
S	=	686000.00 cm <sup>3</sup>	M min
Mcr	=	253.80 Tn.f.m	253.80 Tn.f.m
1.33 Mu	=	567.17 Tn.f.m	BIEN

USAR 20 Ø 1"

**ARMADURA DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA**

En el alma de la viga T, en las caras laterales, se colocará acero de temperatura:

$$As = \frac{0.18 \times b \times h}{2 \times (b + h)} \quad 2.33 \frac{cm^2}{m} < As < 12.7 \frac{cm^2}{m}$$

As temp	=	3.32 cm <sup>2</sup> /m	BIEN
Nuevo As	=	3.32 cm <sup>2</sup> /m	BIEN

Para el espacio de 1.40m-0.20m-0.20m = 1.00 m

As temp = 3.32 cm<sup>2</sup> Usaremos por cara: 1Ø5/8 (3.96cm<sup>2</sup>), que cumple:

Smax= 3t = 150.00 cm y 45cm

DIMENSIONES DEL ACERO									
Ø	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 3/8"	1 3/4"
DIAMETRO	6.35	9.52	12.70	15.88	19.05	25.40	32.26	35.81	43.00
PESO (Kg/m)	0.25	0.56	0.99	1.55	2.24	3.98	6.40	7.91	11.40
AREA (cm <sup>2</sup> )	0.32	0.71	1.27	1.98	2.85	5.07	8.17	10.06	14.52

**VERIFICACION DE FISURACIÓN**

1 DC + 1 DW + 1 LL+I

Ancho Tributario = 0.18 m

Ms = 292.74 Tn.f.m

Es = 2.04E+06 kg/cm<sup>2</sup>      n =  $\frac{Es}{Ec}$       n = 8.00  
 Ec = 256017.97 kg/cm<sup>2</sup>

Relacion Modular

dc = 7.54 cm  
 dl = 132.46 cm

Area de acero transformada = 811.20 cm<sup>2</sup>

Momentos respecto del eje neutro para determinar y:

210\*(y/2) = 811.20\*(132.46-y)  
 y = 28.36

jd = 123.01 cm

$$jd = d - \frac{y}{3}$$

Fs = 2347.03 kgf/cm<sup>2</sup>

$$fs = \frac{Ms}{jd \times As}$$

$$fs \leq 0.6fy$$

Ok

**SEPARACIÓN MÁXIMA DE REFUERZO**

$$S \leq \frac{125000 \gamma c}{Bs \times Fs} - 2dc$$

$$Bs = 1 + \frac{dc}{0.7(h - dc)}$$

Bs	=	1.09
yc	=	0.75
S	=	21.69 cm

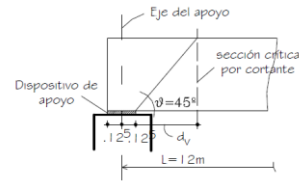
OK

**DISEÑO POR CORTE**

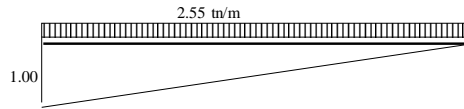
Determinación del peralte efectivo por corte:  $d_v = \text{peralte de corte efectivo} = d - a/2 = 122.87 \text{ cm}$

no menor que el mayor valor de :  $114.3 \text{ OK}$   
 $100.8$

La seccion crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo en:  $1.35 \text{ m}$



**POR CARGA MUERTA**



VDC = 25.50 Tn

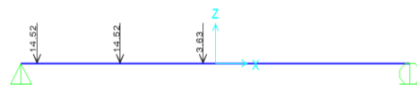
**POR SUPERFICIE DE RODADURA**

VDW = 2.24 Tn

**POR CARGA VIVA**

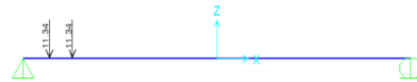
a) Camión de Diseño

V = 25.81 Tn



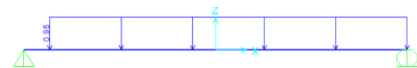
b) Tandem

V = 20.47 Tn



c) Carga de carril

V = 8.27 Tn



VLL+IM = 42.5973 Tn

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

g = 0.636

VLL+IM = 31.73 Tn

Para dos carriles cargados

g = 0.745 CRITICO

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con n=1

$$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$$

$V_u = 90.764 \text{ Tn}$

Diseño de estribos en la sección crítica

Cortante actuante:  $V_u = 90.764 \text{ Tn}$

Cortante resistente:  $V_r = \phi V_n = 96.97$

OK

$V_n$  es el menor  $V_n = V_c + V_s + V_p$

de:  $V_n = 0.25f_c' b_v d_v + V_p$

$V_n = 107.74 \text{ Tn}$  el menor

$V_n = 430.05 \text{ Tn}$

$V_c = 54484.22 \text{ kg}$  54.48 Tn

$V_s = 53256.77 \text{ kg}$  53.26 Tn

$V_p = 0 \text{ kg}$  0.00 Tn

Refuerzo transversal mínimo

$A_v = 1.34 \text{ cm}^2$  <

$2.58 \text{ cm}^2$

OK

Bs	=	1.09
yc	=	0.75
S	=	21.69 cm

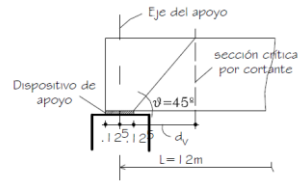
OK

**DISEÑO POR CORTE**

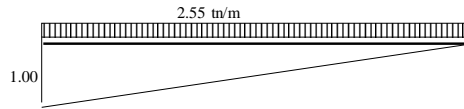
Determinación del peralte efectivo por corte:  $d_v = \text{peralte de corte efectivo} = d - a/2 = 122.87 \text{ cm}$

no menor que el mayor valor de :  $114.3 \text{ OK}$   
 $100.8$

La seccion crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo en:  $1.35 \text{ m}$



**POR CARGA MUERTA**



VDC = 25.50 Tn

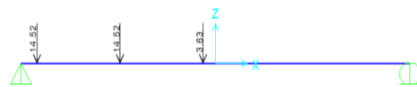
**POR SUPERFICIE DE RODADURA**

VDW = 2.24 Tn

**POR CARGA VIVA**

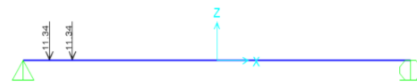
a) Camión de Diseño

V = 25.81 Tn



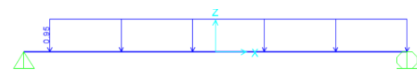
b) Tandem

V = 20.47 Tn



c) Carga de carril

V = 8.27 Tn



VLL+IM = 42.5973 Tn

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

g = 0.636

VLL+IM = 31.73 Tn

Para dos carriles cargados

g = 0.745 CRITICO

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con n=1

$$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$$

$$V_u = 90.764 \text{ Tn}$$

Diseño de estribos en la sección crítica

Cortante actuante:  $V_u = 90.764 \text{ Tn}$

Cortante resistente:  $V_r = \phi V_n = 96.97$

OK

$V_n$  es el menor  $V_n = V_c + V_s + V_p$

de:  $V_n = 0.25f'_c b_v d_v + V_p$

$V_n = 107.74 \text{ Tn}$  el menor

$V_n = 430.05 \text{ Tn}$

$V_c = 54484.22 \text{ kg}$   $54.48 \text{ Tn}$

$V_s = 53256.77 \text{ kg}$   $53.26 \text{ Tn}$

$V_p = 0 \text{ kg}$   $0.00 \text{ Tn}$

Refuerzo transversal mínimo

$A_v = 1.34 \text{ cm}^2$  <

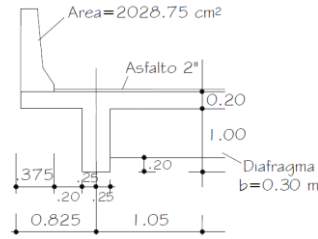
$2.58 \text{ cm}^2$

OK

**DISEÑO DE LA VIGA PRINCIPAL EXTERIOR**

**I) PREDIMENSIONAMIENTO**

Peralte de la Viga Principal Exterior:  $h_{min} = 0.07L = 1.4 \text{ m}$  (Tabla 2.9.1.4.4.5.1c-1 Manual de Puentes 2019)



**II) MOMENTOS DE FLEXIÓN POR CARGAS**

Consideramos vigas diafragmas en apoyos y en el centro de luz.

**CARGAS PERMANENTES**

**A. CARGA MUERTA (DC)**

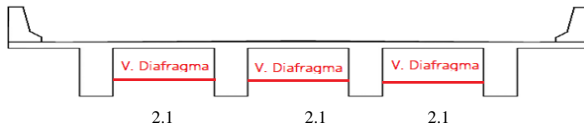
**A.1. Cargas Distribuidas**

Wlosa= 937.50 kg/m  
 W barrera= 507.19 kg/m  
 Wviga= 1500 kg/m  
 WDC= 2944.69 kg/m  
 2.94 tn/m

$MDC1 = 147.23 \text{ T-m}$

**A.2. Cargas Puntuales**

Colocamos con tres diafragmas a lo largo de toda la viga



P diaf = 600 Kg  
 0.6 Tn  
 $MDC2 = 3 \text{ T-m}$

$MDC = MDC1 + MDC2 = 150.234375 \text{ T-m}$

**B. CARGA POR SUPERFICIE DE RODADURA (DW)**

Wasf = 168.75 kg/m  
 MDW = 8437.5 kg/m  
 MDW = 8.44 Tn/m

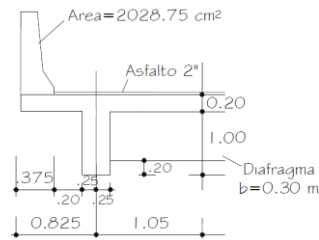
**APÉNDICE II-B**  
**MOMENTOS y REACCIONES MÁXIMAS EN TRAMOS SIMPLEMENTE APOYADOS**  
**POR CARGA HL-93 (X= distancia desde el apoyo)**

MOMENTOS POR CARGA HL-93 (T-m)				REACCIÓN POR CARGA HL-93 (T)				MOMENTO FATIGA (T-m)				
LUZ (m)	X (m)	P <sub>por CAMIÓN 2</sub> (kN)	M <sub>LL-93</sub> (kN-m)	LUZ (m)	P <sub>por CAMIÓN 2</sub> (kN)	R <sub>por</sub> (kN)	M <sub>LL-93</sub> (kN-m)	LUZ (m)	X (m)	M <sub>por CAMIÓN 2</sub> (kN-m)	M <sub>LL-93</sub> (kN-m)	
1	0.50	3.63	0.12	4.95	1	14.52	0.48	19.79	1	0.50	3.63	4.17
2	1.00	7.26	0.48	10.13	2	15.88 <sup>(1)</sup>	0.95	22.07	2	1.00	7.26	8.35
3	1.50	10.89	1.07	15.93	3	16.14 <sup>(1)</sup>	1.43	25.56	3	1.50	10.89	12.52
19	9.79	117.30	42.72	168.73	19	27.78	9.04	45.99	19	7.71	96.51	99.60
20	9.29	125.43	47.36	214.16	20	28.02	9.52	46.79	20	8.21	94.50	106.68
21	9.79	133.55	52.24	229.87	21	28.24	10.00	47.56	21	8.71	102.42	117.78
22	10.29	141.69	57.35	245.80	22	28.44	10.47	48.30	22	9.21	110.36	126.91

**DISEÑO DE LA VIGA PRINCIPAL EXTERIOR**

**I) PREDIMENSIONAMIENTO**

Peralte de la Viga Principal Exterior:  $h_{min} = 0.07L = 1.4 \text{ m}$  (Tabla 2.9.1.4.4.5.1c-1 Manual de Puentes 2019)



**II) MOMENTOS DE FLEXIÓN POR CARGAS**

Consideramos vigas diafragmas en apoyos y en el centro de luz.

**CARGAS PERMANENTES**

**A. CARGA MUERTA (DC)**

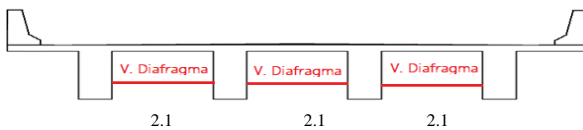
**A.1. Cargas Distribuidas**

Wlosa= 937.50 kg/m  
 W barrera= 507.19 kg/m  
 Wviga= 1500 kg/m  
 WDC= 2944.69 kg/m  
 2.94 tn/m

$MDC1 = 147.23 \text{ T-m}$

**A.2. Cargas Puntuales**

Colocamos con tres diafragmas a lo largo de toda la viga



$P_{\text{diaf}} = 600 \text{ Kg}$   
 $0.6 \text{ Tn}$   
 $MDC2 = 3 \text{ T-m}$

$MDC = MDC1 + MDC2 = 150.234375 \text{ T-m}$

**B. CARGA POR SUPERFICIE DE RODADURA (DW)**

Wasf = 168.75 kg/m  
 MDW = 8437.5 kg/m  
 MDW = 8.44 Tn/m

**APÉNDICE II-B**  
**MOMENTOS y REACCIONES MÁXIMAS EN TRAMOS SIMPLEMENTE APOYADOS**  
**POR CARGA HL-93 (X= distancia desde el apoyo)**

MOMENTOS POR CARGA HL-93 (T-m)					REACCIÓN POR CARGA HL-93 (T)					MOMENTO FATIGA (T-m)				
LUZ (m)	X (m)	1º por CAMIÓN 1	2º por CAMIÓN 2	M <sub>u</sub> (T-m)	LUZ (m)	R <sub>1</sub> (T)	R <sub>2</sub> (T)	V <sub>u</sub> (T)	M <sub>u</sub> (T-m)	LUZ (m)	X (m)	1º por CAMIÓN 1	2º por CAMIÓN 2	M <sub>u</sub> (T-m)
1	0.50	3.63	0.12	4.95	1	14.52	0.48	19.79	1	0.50	3.63	4.17		
2	1.00	7.26	0.48	10.13	2	15.88 <sup>(1)</sup>	0.95	22.07	2	1.00	7.26	8.35		
3	1.50	10.88	1.07	18.93	3	18.14 <sup>(1)</sup>	1.43	29.56	3	1.50	10.88	12.52		
19	9.79	117.30	42.72	198.73	19	27.78	9.04	45.99	19	7.71	96.51	99.60		
20	9.29	125.43	47.36	214.16	20	28.02	9.52	46.79	20	8.21	94.50	108.68		
21	9.79	133.55	52.24	229.87	21	28.24	10.00	47.56	21	8.71	102.42	117.78		
22	10.29	141.69	57.35	245.80	22	28.44	10.47	48.30	22	9.21	110.36	126.91		

Tabla 3.7 Distribución de las sobrecargas por carril para momentos en vigas interiores (Tabla 4.6.2.2b-1, AASHTO)

Tipo de vigas	Sección transversal aplicable de la Tabla 4.6.2.2.1-1	Factores de Distribución	Rango de aplicabilidad
Tablero de madera sobre vigas de madera o acero	a, l	Ver Tabla 4.6.2.2a-1	
Tablero de hormigón sobre vigas de madera	l	Un carril de diseño cargado: S/3700 Dos o más carriles de diseño cargados: S/3000	S ≤ 1800
Tablero de hormigón, emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o emparrillado con vanos no llenos compuesto con losa de hormigón armado sobre vigas de acero u hormigón; vigas Te de hormigón, secciones Te y doble Te de hormigón	a, c, k y también i, j si están suficientemente conectadas para actuar como una unidad	Un carril de diseño cargado: $0,06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0,4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,3} \left(\frac{K_f}{L_f^2}\right)^{0,5}$ Dos o más carriles de diseño cargados: $0,075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0,6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,2} \left(\frac{K_f}{L_f^2}\right)^{0,3}$	1100 ≤ S ≤ 4900 110 ≤ L ≤ 300 6000 ≤ L ≤ 73.000 N <sub>b</sub> ≥ 4 4 × 10 <sup>9</sup> ≤ K <sub>f</sub> ≤ 3 × 10 <sup>12</sup>
		Usar el valor obtenido de la ecuación anterior con N <sub>b</sub> = 3 o la ley de momentos, cualquiera sea el que resulte menor	N <sub>b</sub> = 3

Fuente: PUENTES 2020 - Ing. Arturo Rodríguez Serquén

**CARGAS VARIABLES**

**C. CARGA VIVA Y EFECTO DE CARGA DINÁMICA (LL+IM)**

De la tabla, para el vehículo HL-93 y con la consideración de carga dinámica en estado límite de resistencia:

MLL+IM = 214.18 T-m a 0.30m del centro de luz

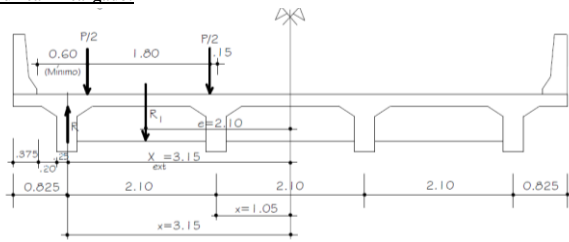
**c.1 método A**

Un carril Cargado	Dos o mas carriles cargados						
<p><b>LEY DE MOMENTOS</b></p>	$ge = e \cdot g_{interior}$ $e = 0.77 + \frac{d_e}{2.8}$ <p>de = distancia desde el eje central de la viga exterior a la cara interior de la barrera</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>de =</td><td>0.45</td></tr> <tr><td>e =</td><td>0.93</td></tr> <tr><td>ge =</td><td>0.601</td></tr> </table>	de =	0.45	e =	0.93	ge =	0.601
de =	0.45						
e =	0.93						
ge =	0.601						
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Ra =</td><td>0.50 P</td></tr> </table>	Ra =	0.50 P					
Ra =	0.50 P						
<p><b>FACTOR DE PRESENCIA MÚLTIPLE</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>ge =</td><td>0.600</td></tr> </table>	ge =	0.600					
ge =	0.600						
<p><b>DISTRIBUCION CONSIDERADA</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>ge =</td><td>0.601</td></tr> </table>		ge =	0.601				
ge =	0.601						

c.2 método B

$$R = \frac{N_l}{N_b} + \frac{X_{ext} \sum e}{\sum x^2}$$

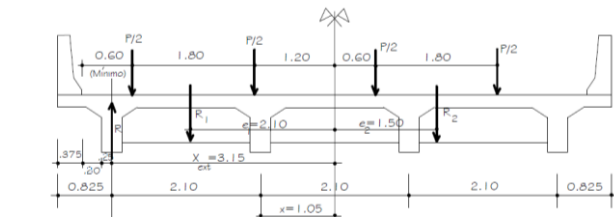
**Para un carril cargado:**



Con:  
 R = reacción sobre la viga exterior en términos de carril  
 N<sub>l</sub> = número de carriles cargados = 1  
 N<sub>b</sub> = número de vigas = 4  
 e = excentricidad del camión de diseño o carga de carril respecto del centro de gravedad del conjunto de vigas = 2.10m  
 X<sub>ext</sub> = distancia horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga exterior = 3.15m  
 x = distancia horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta cada viga

R = 0.550  
 Con en el factor de presencia múltiple, m=1.2:  
 g = R = 0.660

**Para dos carriles cargados:**



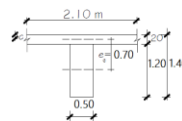
R = 0.586  
 Con en el factor de presencia múltiple, m=1.0:  
 g = R = 0.586

**EL FACTOR CRÍTICO ES: 0.660**

MLL+IM= 141.359 T-m

**III) RESUMEN DE MOMENTOS FLECTORES Y CRITERIOS LRFD APLICABLES**

Carga	Tipo	M(+) T-m	Resistencia I	Servicio I	Fatiga I
Losa + Viga	DC	150.23	1.25	1	0
Asfalto	DW	8.44	1.5	1	0
Carga viva	LL+IM	141.36	1.75	1	1.5



Resistencia I: U = n[1.25DC+1.50DW+1.75(LL+IM)]  
 Servicio I: U = n[1.0DC+1.0DW+1.0(LL+IM)]  
 Fatiga I: U = n[1.50(LL+IM)]

## IV) CÁLCULO DEL ACERO PRINCIPAL

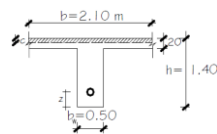
$$Mu = 447.83 \text{ T}\cdot\text{m}$$

Verificamos si la viga trabaja como Tee o como viga rectangular:

Si  $c \leq t$ , DISEÑAR COMO VIGA RECTANGULAR (diseño convencional)

Si  $c > t$ , DISEÑAR COMO VIGA T

$$\begin{aligned} b \text{ efect.} &= 2.10 \text{ m} \\ \text{supo. } c = t &= 0.20 \text{ m} \\ a = 0.85c &= 17.00 \text{ cm} \\ d \sim 0.85h &= 119.00 \text{ cm} \\ As &= 120.62 \text{ cm}^2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} As &= \frac{Mu}{\phi * fy(d - \frac{a}{2})} \\ a &= \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \end{aligned}$$



$$p = As/bd = 0.004827$$

$$c = (1.18 * p * fy * d) / 0.85 * f'c = 11.96 < 20$$

viga rectangular

$$\begin{aligned} Mu &= 447.83 \text{ Tn}\cdot\text{f}\cdot\text{m} \\ d &= 119.00 \text{ cm} \end{aligned}$$

a (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
23.800	110.619
9.296	103.603
8.706	103.337
8.684	103.327
8.683	103.327
<b>Con 22Ø1" = 111.54</b>	

Utilizaremos  $As=22\text{Ø}1''$  con la distribución que se muestra a continuación, estribos  $\text{Ø } 1/2''$  y recubrimiento  $r=5.0 \text{ cm } (2'')$  según Tabla 5.12.3-1.

## ACERO MÍNIMO

$$Mcr = 1.10 * fr * x * S \quad fr = 2.01 \sqrt{f'c} \quad S = \frac{b * h^2}{6}$$

fr	=	34 kg/cm <sup>2</sup>	
S	=	686000.00 cm <sup>3</sup>	M min
Mcr	=	253.80 Tn.f.m	253.80 Tn.f.m
1.33 Mu	=	595.61 Tn.f.m	BIEN

USAR 22 Ø 1"

## ARMADURA DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

En el alma de la viga T, en las caras laterales, se colocará acero de temperatura:

$$As = \frac{0.18 * b * x * h}{2 * x * (b + h)} \quad 2.33 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} < As < 12.7 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

As <sub>temp</sub>	=	3.32 cm <sup>2</sup> /m	BIEN
Nuevo As	=	3.32 cm <sup>2</sup> /m	BIEN

Para el espacio de 1.40m-0.20m-0.20m = 1.00 m

As<sub>temp</sub> = 3.32 cm<sup>2</sup> Usaremos por cara: 1Ø5/8 (3.96cm<sup>2</sup>), que cumple:

Smax= 3t = 150.00 cm y 45cm

DIMENSIONES DEL ACERO									
Ø	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 3/8"	1 3/4"
DIAMETRO	6.35	9.52	12.70	15.88	19.05	25.40	32.26	35.81	43.00
PESO (Kg/m)	0.25	0.56	0.99	1.55	2.24	3.98	6.40	7.91	11.40
AREA (cm <sup>2</sup> )	0.32	0.71	1.27	1.98	2.85	5.07	8.17	10.06	14.52

**VERIFICACION DE FISURACIÓN**

$$1 \text{ DC} + 1 \text{ DW} + 1 \text{ LL+I}$$

Ancho Tributario = 0.18 m

$$M_s = 224.91 \text{ Tn.f.m}$$

Es = 2.04E+06 kg/cm<sup>2</sup>  
 Ec = 256017.97 kg/cm<sup>2</sup>

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

n = 8.00

Relacion Modular

dc = 7.54 cm  
 dl = 132.46 cm

Area de acero transformada = 892.32 cm<sup>2</sup>

Momentos respecto del eje neutro para determinar y:

$$210^3 y(y/2) = 811.20^*(132.46-y)$$

$$y = 28.36$$

$$jd = 123.01 \text{ cm} \quad jd = d - \frac{y}{3}$$

$$f_s = 1639.29 \text{ kgf/cm}^2 \quad f_s = \frac{M_s}{jd \times A_s}$$

$$f_s \leq 0.6 f_y$$

Ok

**SEPARACIÓN MÁXIMMA DE REFUERZO**

$$S \leq \frac{125000 \gamma_c}{B_s \times f_s} - 2dc \quad B_s = 1 + \frac{dc}{0.7(h - d_c)}$$

Bs	=	1.09
γc	=	0.75
S	=	37.57 cm

OK

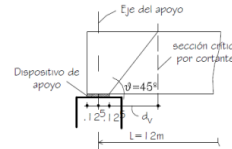
**DISEÑO POR CORTE**

Determinación del peralte efectivo por corte: dv = peralte de corte efectivo =

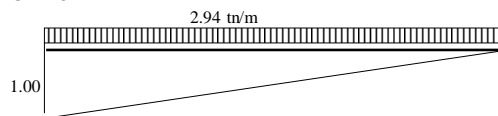
de - a/2 = 122.66 cm

no menor que el mayor valor de : 114.3 OK  
 100.8

La seccion crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo en: 1.35 m



**POR CARGA MUERTA**



$$VDC = 29.45 \text{ Tn}$$

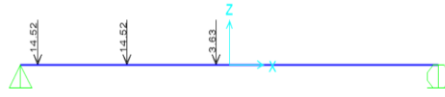
**POR SUPERFICIE DE RODADURA**

$$VDW = 1.60 \text{ Tn}$$

**POR CARGA VIVA**

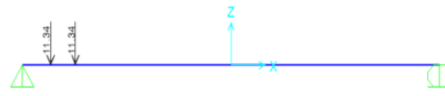
a) Camión de Diseño

$$V = 25.81 \text{ Tn}$$



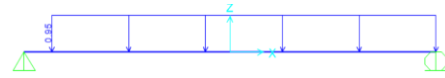
b) Tandem

$$V = 20.47 \text{ Tn}$$



c) Carga de carril

$$V = 8.27 \text{ Tn}$$



$$VLL+IM = 42.5973 \text{ Tn}$$

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

$$g = 0.636$$

$$VLL+IM = 31.73 \text{ Tn}$$

Para dos carriles cargados

$$g = 0.745 \quad \text{CRITICO}$$

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con  $n=1$ 

$$V_u = n[1.25 V_{DC} + 1.50 V_{DW} + 1.75 V_{(LL+IM)}]$$

$$V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

Diseño de estribos en la sección crítica

$$\text{Cortante actuante: } V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

$$\text{Cortante resistente: } V_r = \phi V_n = 96.97 \quad \boxed{\text{OK}}$$

$$V_n \text{ es el menor de: } V_n = V_c + V_s + V_p \quad V_n = 107.74 \text{ Tn} \quad \text{el menor}$$

$$V_n = 0.25 f_c b_v d_v + V_p \quad V_n = 430.05 \text{ Tn}$$

$$V_c = 54484.22 \text{ kg} \quad 54.48 \text{ Tn}$$

$$V_s = 53256.77 \text{ kg} \quad 53.26 \text{ Tn}$$

$$V_p = 0 \text{ kg} \quad 0.00 \text{ Tn}$$

Refuerzo transversal mínimo

$$A_v = 1.34 \text{ cm}^2 < 2.58 \text{ cm}^2 \quad \boxed{\text{OK}}$$

**CORTANTE DE DISEÑO, ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA I**

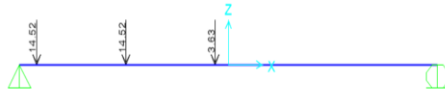
$$V_u = n[1.25 V_{DC} + 1.50 V_{DW} + 1.75 V_{(LL+IM)}]$$

$$V_u = 113.76 \text{ Tn}$$

**POR CARGA VIVA**

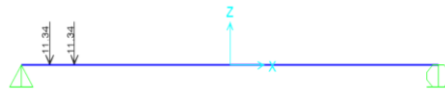
a) Camión de Diseño

V = 25.81 Tn



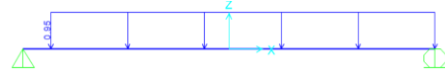
b) Tandem

V = 20.47 Tn



c) Carga de carril

V = 8.27 Tn



VLL+IM = 42.5973 Tn

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

g= 0.636

VLL+IM= 31.73 Tn

Para dos carriles cargados

g= 0.745 CRITICO

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con n=1

$V_u = n[1.25 V_{DC} + 1.50 V_{DW} + 1.75 V(LL+IM)]$   
 $V_u = 94.736 \text{ Tn}$

Diseño de estribos en la sección crítica

Cortante actuante:  $V_u = 94.736 \text{ Tn}$

Cortante resistente:  $V_r = \phi V_n = 96.97$  OK

$V_n$  es el menor  $V_n = V_c + V_s + V_p$   $V_n = 107.74 \text{ Tn}$  el menor  
 de:  $V_n = 0.25 f_c b_v d_v + V_p$   $V_n = 430.05 \text{ Tn}$

$V_c = 54484.22 \text{ kg} = 54.48 \text{ Tn}$   
 $V_s = 53256.77 \text{ kg} = 53.26 \text{ Tn}$   
 $V_p = 0 \text{ kg} = 0.00 \text{ Tn}$

Refuerzo transversal mínimo

$A_v = 1.34 \text{ cm}^2 < 2.58 \text{ cm}^2$   
OK

**CORTANTE DE DISEÑO, ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA I**

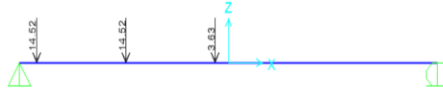
$V_u = n[1.25 V_{DC} + 1.50 V_{DW} + 1.75 V(LL+IM)]$

$V_u = 113.76 \text{ Tn}$

**POR CARGA VIVA**

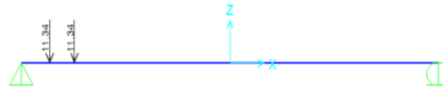
a) Camión de Diseño

$$V = 25.81 \text{ Tn}$$



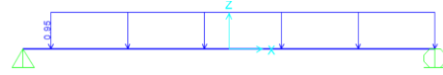
b) Tandem

$$V = 20.47 \text{ Tn}$$



c) Carga de carril

$$V = 8.27 \text{ Tn}$$



$$VLL+IM = 42.5973 \text{ Tn}$$

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

$$g = 0.636$$

$$VLL+IM = 31.73 \text{ Tn}$$

Para dos carriles cargados

$$g = 0.745 \quad \text{CRITICO}$$

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con  $n=1$ 

$$V_u = n[1.25 V_{DC} + 1.50 V_{DW} + 1.75 V_{(LL+IM)}]$$

$$V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

Diseño de estribos en la sección crítica

$$\text{Cortante actuante: } V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

$$\text{Cortante resistente: } V_r = \phi V_n = 96.97 \quad \boxed{\text{OK}}$$

$$V_n \text{ es el menor de: } V_n = V_c + V_s + V_p \quad V_n = 107.74 \text{ Tn} \quad \text{el menor}$$

$$V_n = 0.25 f_c b_v d_v + V_p \quad V_n = 430.05 \text{ Tn}$$

$$V_c = 54484.22 \text{ kg} \quad 54.48 \text{ Tn}$$

$$V_s = 53256.77 \text{ kg} \quad 53.26 \text{ Tn}$$

$$V_p = 0 \text{ kg} \quad 0.00 \text{ Tn}$$

Refuerzo transversal mínimo

$$A_v = 1.34 \text{ cm}^2 < 2.58 \text{ cm}^2 \quad \boxed{\text{OK}}$$

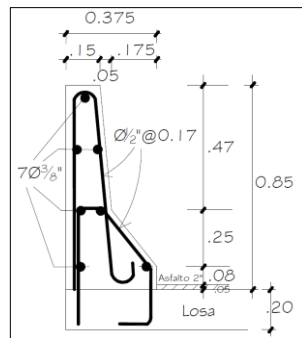
**CORTANTE DE DISEÑO, ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA I**

$$V_u = n[1.25 V_{DC} + 1.50 V_{DW} + 1.75 V_{(LL+IM)}]$$

$$V_u = 113.76 \text{ Tn}$$

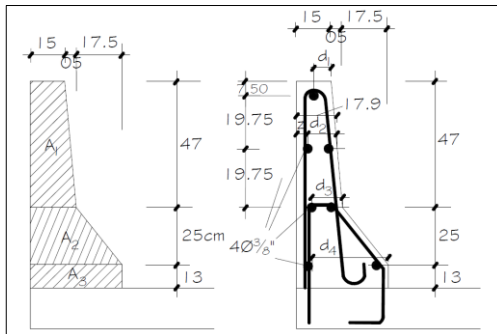
## DISEÑO DE BARRERAS DE CONCRETO

Se propone en este caso un modelo de barrera de concreto con perfil basado en la barrera de New Jersey:



### A) RESISTENCIA EN FLEXIÓN ALREDEDOR DE UN EJE VERTICAL ALA BARRERA (Mw)

Para determinar el momento resistente se dividirá la sección de barrera en tres partes: A1, A2 y A3, tal como se observa en el gráfico.



#### Sección A1

$$z = \text{recub} + \emptyset + \emptyset/2 = 2'' + \frac{1}{2}'' + (3/8'')/2 = 2.6875'' = 6.83 \text{ cm}$$

$$d1 = 15 / 2 \text{ cm} = 7.5 \text{ cm}$$

$$d2 = 17.90 \text{ cm} - 6.83 \text{ cm} = 11.07 \text{ cm}$$

$$d3 = 20 \text{ cm} - 6.83 \text{ cm} = 13.17 \text{ cm}$$

$$d' = (d1 + d2 + d3) / 3 = 10.58 \text{ cm}$$

$$As = (2 + 0.5) \emptyset 3 / 8'' = 1.78 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot b} \quad a = 0.67 \text{ cm}$$

$$Mu = \emptyset \cdot As \cdot fy \cdot (d - a/2) = 0.79 \text{ T-m}$$

#### Sección A2

$$d3 = 20 \text{ cm} - 6.83 \text{ cm} = 13.17 \text{ cm}$$

$$d4 = 37.5 \text{ cm} - 6.83 \text{ cm} = 30.67 \text{ cm}$$

$$d' = (d1 + d2 + d3) / 3 = 21.92 \text{ cm}$$

$$As = (0.5 + 0.5) \emptyset 3 / 8'' = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot b} \quad a = 0.50 \text{ cm}$$

$$Mu = \emptyset \cdot As \cdot fy \cdot (d - a/2) = 0.65 \text{ T-m}$$

**Sección A3**

$$d4 = 37.5\text{cm} - 6.83\text{cm} = 30.67 \text{ cm}$$

$$d' = d4 = 30.67 \text{ cm}$$

$$As = (0.5) \varnothing 3 / 8'' = 0.36 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 0.49 \text{ cm}$$

$$Mu = \varnothing * As * fy * (d-a/2) = 0.46 \text{ T-m}$$

Total:

$$Mw = Mu = 1.90 \text{ T-m}$$

**B) RESISTENCIA EN FLEXIÓN ALREDEDOR DE UN EJE LONGITUDINAL DEL PUENTE(Mc)**

Se calcula de acuerdo a las líneas de rotura con el momento de flexión negativo.  
Utilizando  $1\varnothing 1/2'' @ 0.17\text{m}$  ( $As = 1.29\text{cm}^2/0.17\text{m} = 7.59 \text{ cm}^2/\text{m}$ ), considerando fajas de 1m de ancho:

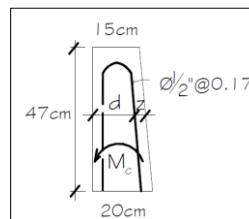
**Sección A1**

$$z = \text{recub} + \varnothing/2 = 2'' + 1/2''/2 = 2.25'' = 5.72 \text{ cm}$$

$$d' = (h-z) = 12.18 \text{ cm}$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 1.34 \text{ cm}$$

$$Mc = \varnothing * As * fy * (d-a/2) = 3.67 \text{ T-m}$$

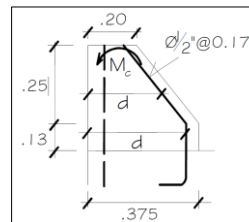
**Sección A2**

$$d' = (20+37.5)/2 - 5.72 = 23.03 \text{ cm}$$

$$As = (0.5 + 0.5) \varnothing 3 / 8'' = 7.59 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 1.34 \text{ cm}$$

$$Mc = \varnothing * As * fy * (d-a/2) = 7.13 \text{ T-m}$$

**Sección A3**

$$d' = 37.5\text{cm} - 5.72\text{cm} = 31.78 \text{ cm}$$

$$As = (0.5) \varnothing 3 / 8'' = 7.59 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 1.34 \text{ cm}$$

$$Mc = \varnothing * As * fy * (d-a/2) = 9.92 \text{ T-m}$$

Momento promedio:

$$Mc = 5.64 \text{ T-m}$$

**C) LONGITUD CRÍTICA DE LA LÍNEA DE ROTURA (Lc)**

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{\varnothing H(M_b + M_w)}{M_c}}$$

$$L_c = 1.07/2 + ((1.07/2)^2 + (8 * 0.85 * (0 + 1.88)) / 5.64)^{0.5}$$

$$L_c = 2.13 \text{ m}$$

**Sección A3**

$$d4 = 37.5\text{cm} - 6.83\text{cm} = 30.67 \text{ cm}$$

$$d' = d4 = 30.67 \text{ cm}$$

$$A_s = (0.5) \text{Ø}3 / 8'' = 0.36 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'c * b} \quad a = 0.49 \text{ cm}$$

$$M_u = \text{Ø} * A_s * f_y * (d - a/2) = 0.46 \text{ T-m}$$

Total:

$$M_w = M_u = 1.90 \text{ T-m}$$

**B) RESISTENCIA EN FLEXIÓN ALREDEDOR DE UN EJE LONGITUDINAL DEL PUENTE(Mc)**

Se calcula de acuerdo a las líneas de rotura con el momento de flexión negativo.  
 Utilizando 1Ø1/2''@0.17m ( $A_s = 1.29\text{cm}^2/0.17\text{m} = 7.59 \text{ cm}^2/\text{m}$ ), considerando fajas de 1m de ancho:

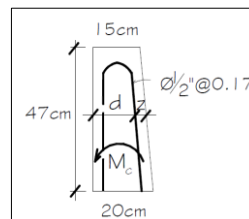
**Sección A1**

$$z = \text{recub} + \text{Ø}/2 = 2'' + \frac{1}{2}''/2 = 2.25'' = 5.72 \text{ cm}$$

$$d' = (h - z) = 12.18 \text{ cm}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'c * b} \quad a = 1.34 \text{ cm}$$

$$M_c = \text{Ø} * A_s * f_y * (d - a/2) = 3.67 \text{ T-m}$$

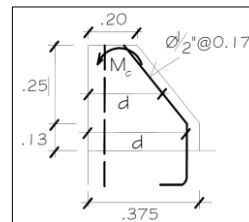
**Sección A2**

$$d' = (20 + 37.5) / 2 - 5.72 = 23.03 \text{ cm}$$

$$A_s = (0.5 + 0.5) \text{Ø}3 / 8'' = 7.59 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'c * b} \quad a = 1.34 \text{ cm}$$

$$M_c = \text{Ø} * A_s * f_y * (d - a/2) = 7.13 \text{ T-m}$$

**Sección A3**

$$d' = 37.5\text{cm} - 5.72\text{cm} = 31.78 \text{ cm}$$

$$A_s = (0.5) \text{Ø}3 / 8'' = 7.59 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'c * b} \quad a = 1.34 \text{ cm}$$

$$M_c = \text{Ø} * A_s * f_y * (d - a/2) = 9.92 \text{ T-m}$$

Momento promedio:

$$M_c = 5.64 \text{ T-m}$$

**C) LONGITUD CRÍTICA DE LA LÍNEA DE ROTURA (Lc)**

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8H(M_b + M_w)}{M_c}}$$

$$L_c = 1.07/2 + \left( (1.07/2)^2 + (8 * 0.85 * (0 + 1.88)) / 5.64 \right)^{0.5}$$

$$L_c = 2.13 \text{ m}$$

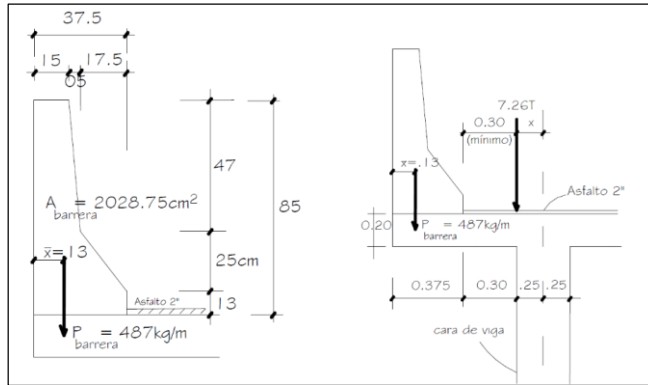
## DISEÑO DE LA LOSA EN VOLADIZO

### A) CRITERIOS LRFD APLICABLES

Resistencia I:  $U = n[1.25DC+1.50DW+1.75(LL+IM)]$

Evento Extremo II:  $U = n[1.0DC+1.0DW+1.0(LL+IM)]$

### B) MOMENTOS DE FLEXION POR CARGAS (franja de 1m de ancho)



### CARGAS PERMANENTES

#### CARGA MUERTA (DC)

Wlosa=	500.00 kg/m	MDC1 =	113.91 kg-m
Wbarrera=	507.19 kg/m	MDC2 =	276.42 kg-m
Wviga=	1500 kg/m		
WDC=	2507.19 kg/m	MDC T=	390.32 kg-m

#### CARGA POR SUPERFICIE DE RODADURA (DW)

Wasf =	112.5 kg/m
MDW =	5.06 kg/m

### CARGAS VARIABLES

#### CARGA VIVA Y EFECTO DE CARGA DINÁMICA (LL+IM)

El ancho de franja en que se distribuye el eje de rueda es:

$$E = 1.14 + 0.833X \quad \text{Donde: } X = \text{distancia entre la carga y el punto de apoyo (m)}$$

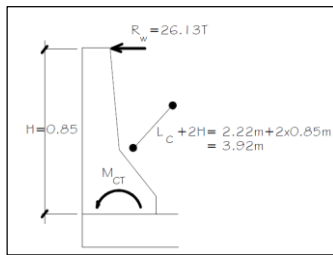
$$E = 1.26$$

El momento del eje de rueda vehicular distribuido en un ancho  $E=1.27$ m, afectado por el factor de presencia múltiple ( $m=1.2$ ), y el incremento por carga dinámica ( $I=0.33$ ) es:

$$MLL + IM = \frac{7.26 * 1.2 * 1.33}{1.27} * 0$$

$$MLL+IM = 0.00$$

**COLISIÓN VEHICULAR (CT)**



$$M_{ct} = \frac{R_w}{L_c + 2H} * H$$

$$M_{ct} = 5665.943878 \text{ kg-m}$$

$$5.67 \text{ T-m}$$

**C) CÁLCULO DEL ACERO**

Para el Estado Límite de Resistencia I:

$$M_u = n[1.25 MDC + 1.50 MDW + 1.75 M(LL+IM)]$$

$$M_u = 1.25(377) + 1.50(5) + 1.75(0)$$

$$M_u = 495.50 \text{ kg-m}$$

$$M_u = 0.50 \text{ T-m}$$

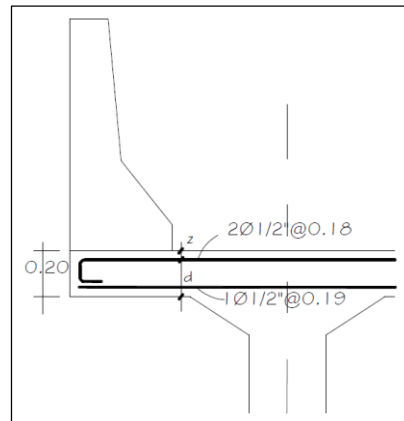
Para el Estado Límite de Evento Extremo II:

$$M_u = n[1.25 MDC + 1.50 MDW + 1.00 MCT]$$

$$M_u = 1.25(377) + 1.50(5) + 1.00(5670)$$

$$M_u = 6161.44 \text{ kg-m}$$

$$M_u = 6.16 \text{ T-m}$$



**Mu max= 6.16 T-m**

Probaremos con 2 barras de 1/2" @ 0.18 m

$$A_s(-) = 14.33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$rec = 5 \text{ cm}$$

$$z = 5.64 \text{ cm}$$

$$d = 14.37 \text{ cm}$$

$$\varnothing = 1 \text{ ''}$$

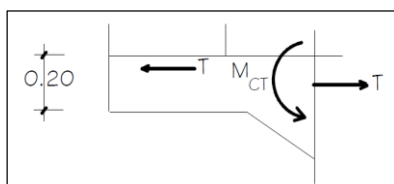
Caso eventos extremos

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$$a = 2.53 \text{ cm}$$

$$\varnothing Mn = \varnothing * A_s * f_y * (d - a/2) = 7.89 \text{ T-m}$$

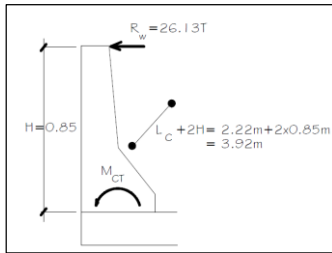
Este momento debe reducirse por la fuerza de tensión axial ejercida por la colisión en el volado:



$$T = \frac{R_w}{L_c + 2H}$$

$$T = 6.67 \text{ T/m}$$

**COLISIÓN VEHICULAR (CT)**



$$M_{ct} = \frac{R_w}{L_c + 2H} * H$$

$$M_{ct} = 5665.943878 \text{ kg-m}$$

$$5.67 \text{ T-m}$$

**C) CÁLCULO DEL ACERO**

Para el Estado Límite de Resistencia I:

$$M_u = n[1.25 MDC + 1.50 MDW + 1.75 M(LL+IM)]$$

$$M_u = 1.25(377) + 1.50(5) + 1.75(0)$$

$$M_u = 495.50 \text{ kg-m}$$

$$M_u = 0.50 \text{ T-m}$$

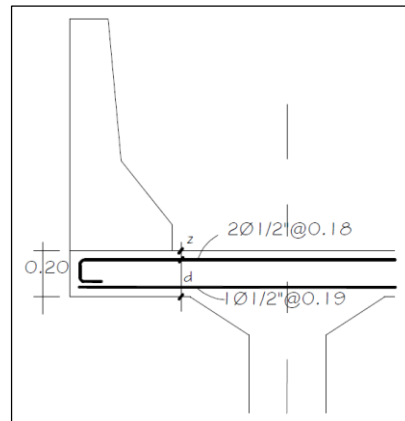
Para el Estado Límite de Evento Extremo II:

$$M_u = n[1.25 MDC + 1.50 MDW + 1.00 MCT ]$$

$$M_u = 1.25(377) + 1.50(5) + 1.00(5670)$$

$$M_u = 6161.44 \text{ kg-m}$$

$$M_u = 6.16 \text{ T-m}$$



$$M_u \text{ max} = 6.16 \text{ T-m}$$

Probaremos con 2 barras de 1/2" @ 0.18 m

$$A_s(-) = 14.33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$rec = 5 \text{ cm}$$

$$z = 5.64 \text{ cm}$$

$$d = 14.37 \text{ cm}$$

$$\varnothing = 1 \text{ "}$$

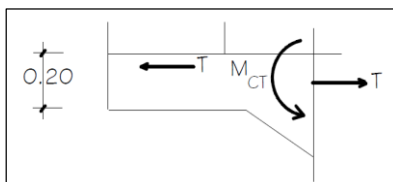
Caso eventos extremos

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$$a = 2.53 \text{ cm}$$

$$\varnothing M_n = \varnothing * A_s * f_y * (d - a/2) = 7.89 \text{ T-m}$$

Este momento debe reducirse por la fuerza de tensión axial ejercida por la colisión en el volado:



$$T = \frac{R_w}{L_c + 2H}$$

$$T = 6.67 \text{ T/m}$$

Siguiendo:  $M_u = \phi M_n * (1 - \frac{r_u}{\phi P_n})$

Siendo:

$$A_{st} = A_{s(-)} + A_{s(+)} = 14.33 \text{ cm}^2/\text{m} + 1.29 \text{ cm}^2/0.19 \text{ m} = 21.12 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$P_u = T = 6.67 \text{ T/m}$$

$$\phi P_n = \phi * A_{st} * f_y = 88.70 \text{ Tn}$$

$$\phi M_n = 7.89 \text{ T-m}$$

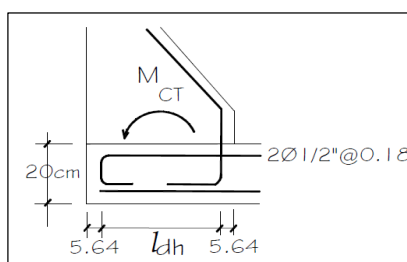
$$M_u = 7.29 \text{ T-m}$$

OK

**USAREMOS 2Ø1/2" @ 0.18**

#### D) LONGITUD DE DESARROLLO

El refuerzo negativo en el volado, inmediatamente debajo de la barrera, debe resistir  $M_{ct} = 5.67$  T-m



$l_{dh} = l_{hb} * \text{factor de modificación}$

Donde:  $l_{hb} = \frac{319 * d_b}{\sqrt{f'c}}$   $l_{hb} = 24.6 \text{ cm}$

Considerando que:  $\frac{A_{s \text{ requerido}}}{A_{s \text{ proveido}}} \approx \frac{M_u \text{ requerido}}{M_u \text{ proveido}} = \frac{5.67}{7.29}$

La longitud de anclaje es el mayor valor de:

$$l_{dh} = 13.5 * 0.7 * (5.67/7.29) = 7.35 \text{ cm}$$

$$l_{dh} = 8d_b = 8 * 1.27 = 10.16 \text{ cm}$$

$$l_{dh} = 15 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

$$l_{dh} = 15 \text{ cm}$$

Se dispone de:  $37.5 \text{ cm} - 2(5.64 \text{ cm}) = 26.22 \text{ cm}$

OK

#### E) LONGITUD DE LAS BARRAS ADICIONALES DEL VOLADO

$$r_{ec} = 5 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.9$$

$$d = 20 \text{ cm} - 5 \text{ cm} - 1.27 \text{ cm}/2 = 14.37 \text{ cm}$$

$$A_s = 1.29 \text{ cm}^2/0.18 \text{ m} = 7.17 \text{ cm}^2/\text{m}$$

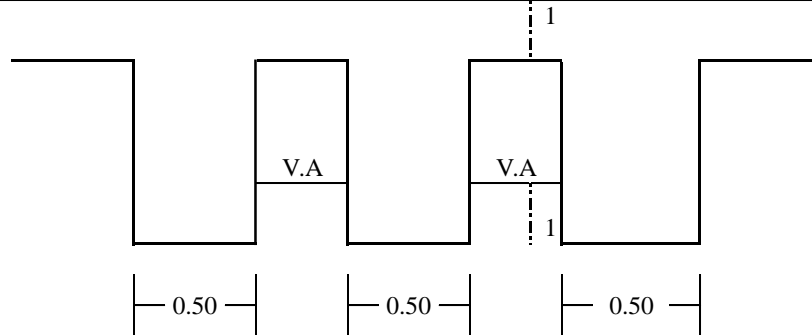
$$a = 1.26 \text{ cm}$$

$$M_u = \phi * A_s * f_y * (d - a/2) = 3.72 \text{ T-m}$$

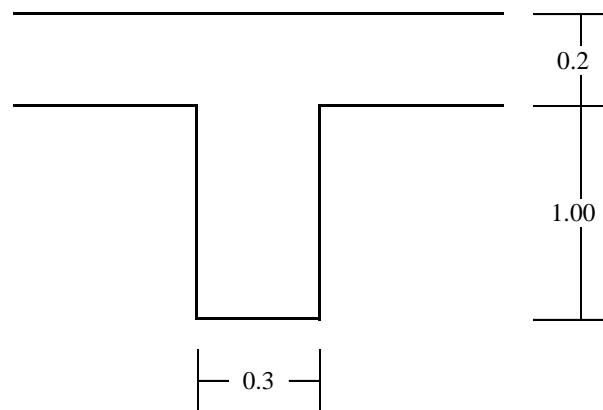
Para el estado límite de Evento Extremo II, el  $M(-)$  con  $\phi=1.0$  se incrementa a:

## DISEÑO DE VIGA DE ARRIOSTRE

### A) CORTE TRANSVERSAL DEL PUENTE

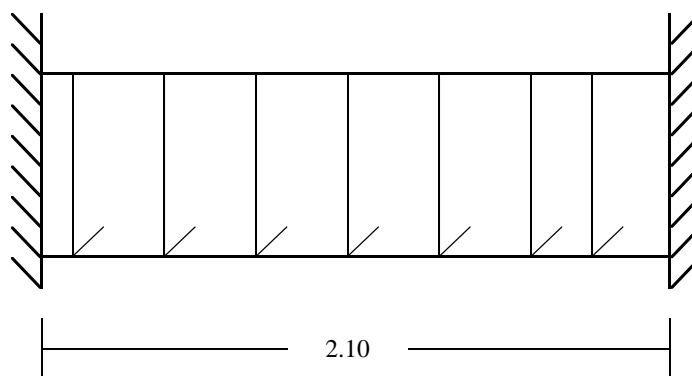


### B) DETALLE DE CORTE 1-1



### C) METRADO DE CARGAS

$$W \text{ viga arriostre} = 0.75 \text{ Tn/m}$$



### D) HALLANDO MOMENTO

$$M = 0.7235 \text{ Tn-m} \quad M = \frac{WxL^2}{8}$$

## F) ÁREA DE ACERO

$$A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE INFERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

ACERO MINIMO

$$A_{s \text{ min}} = 5.6 \text{ cm}^2 \quad A_{s \text{ min}} = 0.002 x b x d$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE SUPERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

CORTANTE DE DISEÑO

$$V_{\text{total}} = 0.8 \text{ Tn}$$

## G) DISEÑO DE ESTRIBOS EN LA SECCION CRITICA

$$\text{CORTANTE RESISTENTE} = V_r > \phi V_n \quad \text{Siendo } \phi = 0.9$$

$$\text{SIENDO } V_n \text{ EL MENOR DE } \begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25 x F'_c x b x d + V_p \end{cases}$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE

$$V_c = 59.863 \text{ Tn} \quad V_c = 0.53 \sqrt{F'_c} x b x d$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE DEL ACERO

$$\text{Considerando } \theta = 45^\circ \text{ y } \alpha = 90^\circ$$

UTILIZANDO ESTRIBOS  $\phi$  3/8" espaciados a 25 cm

$$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$$

$$V_s = 32.3 \text{ Tn}$$

ASUME UNA SEPARACION PARA

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

HALLANDO COMPONENTE NOMINAL

$$\begin{cases} V_n 1 = 92.2 \text{ Tn} \\ V_n 2 = 473 \text{ Tn} \end{cases} \quad V_n \text{ sera el menor de ambos}$$

$$V_n \text{ Final es} = 92.185 \text{ Tn}$$

## F) ÁREA DE ACERO

$$A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE INFERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

ACERO MINIMO

$$A_{s \text{ min}} = 5.6 \text{ cm}^2 \quad A_{s \text{ min}} = 0.002 x b x d$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE SUPERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

CORTANTE DE DISEÑO

$$V_{\text{total}} = 0.8 \text{ Tn}$$

## G) DISEÑO DE ESTRIBOS EN LA SECCION CRITICA

$$\text{CORTANTE RESISTENTE} = V_r > \phi V_n \quad \text{Siendo } \phi = 0.9$$

$$\text{SIENDO } V_n \text{ EL MENOR DE } \begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25 x F'c x b x d + V_p \end{cases}$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE

$$V_c = 59.863 \text{ Tn} \quad V_c = 0.53 \sqrt{F'c} x b x d$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE DEL ACERO

$$\text{Considerando } \theta = 45^\circ \text{ y } \alpha = 90^\circ$$

ASUME UNA SEPARACION PARA

UTILIZANDO ESTRIBOS  $\phi$  3/8" espaciados a 25 cm

$$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$$

$$V_s = 32.3 \text{ Tn}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

HALLANDO COMPONENTE NOMINAL

$$\begin{matrix} V_{n1} = 92.2 \text{ Tn} \\ V_{n2} = 473 \text{ Tn} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} V_{n1} \\ V_{n2} \end{matrix}} \right\} V_n \text{ sera el menor de ambos}$$

$$V_{n \text{ Final es}} = 92.185 \text{ Tn}$$

## F) ÁREA DE ACERO

$$A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE INFERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

ACERO MINIMO

$$A_{s \text{ min}} = 5.6 \text{ cm}^2 \quad A_{s \text{ min}} = 0.002 x b x d$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE SUPERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

CORTANTE DE DISEÑO

$$V_{\text{total}} = 0.8 \text{ Tn}$$

## G) DISEÑO DE ESTRIBOS EN LA SECCION CRITICA

$$\text{CORTANTE RESISTENTE} = V_r > \phi V_n \quad \text{Siendo } \phi = 0.9$$

$$\text{SIENDO } V_n \text{ EL MENOR DE } \begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25 x F'c x b x d + V_p \end{cases}$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE

$$V_c = 59.863 \text{ Tn} \quad V_c = 0.53 \sqrt{F'c} x b x d$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE DEL ACERO

$$\text{Considerando } \theta = 45^\circ \text{ y } \alpha = 90^\circ$$

ASUME UNA SEPARACION PARA

UTILIZANDO ESTRIBOS  $\phi$  3/8" espaciados a 25 cm

$$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

$$V_s = 32.3 \text{ Tn}$$

HALLANDO COMPONENTE NOMINAL

$$\begin{cases} V_{n1} = 92.2 \text{ Tn} \\ V_{n2} = 473 \text{ Tn} \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} V_n \text{ sera el menor de ambos}$$

$$V_{n \text{ Final es}} = 92.185 \text{ Tn}$$

## F) ÁREA DE ACERO

$$A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE INFERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

ACERO MINIMO

$$A_{s \text{ min}} = 5.6 \text{ cm}^2 \quad A_{s \text{ min}} = 0.002 x b x d$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE SUPERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

CORTANTE DE DISEÑO

$$V_{\text{total}} = 0.8 \text{ Tn}$$

## G) DISEÑO DE ESTRIBOS EN LA SECCION CRITICA

$$\text{CORTANTE RESISTENTE} = V_r > \phi V_n \quad \text{Siendo } \phi = 0.9$$

$$\text{SIENDO } V_n \text{ EL MENOR DE } \begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25 x F'c x b x d + V_p \end{cases}$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE

$$V_c = 59.863 \text{ Tn} \quad V_c = 0.53 \sqrt{F'c} x b x d$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE DEL ACERO

$$\text{Considerando } \theta = 45^\circ \text{ y } \alpha = 90^\circ$$

ASUME UNA SEPARACION PARA

UTILIZANDO ESTRIBOS  $\phi$  3/8" espaciados a 25 cm

$$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

$$V_s = 32.3 \text{ Tn}$$

HALLANDO COMPONENTE NOMINAL

$$\begin{matrix} V_{n1} = 92.2 \text{ Tn} \\ V_{n2} = 473 \text{ Tn} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} V_{n1} \\ V_{n2} \end{matrix}} \right\} V_n \text{ sera el menor de ambos}$$

$$V_{n \text{ Final es}} = 92.185 \text{ Tn}$$

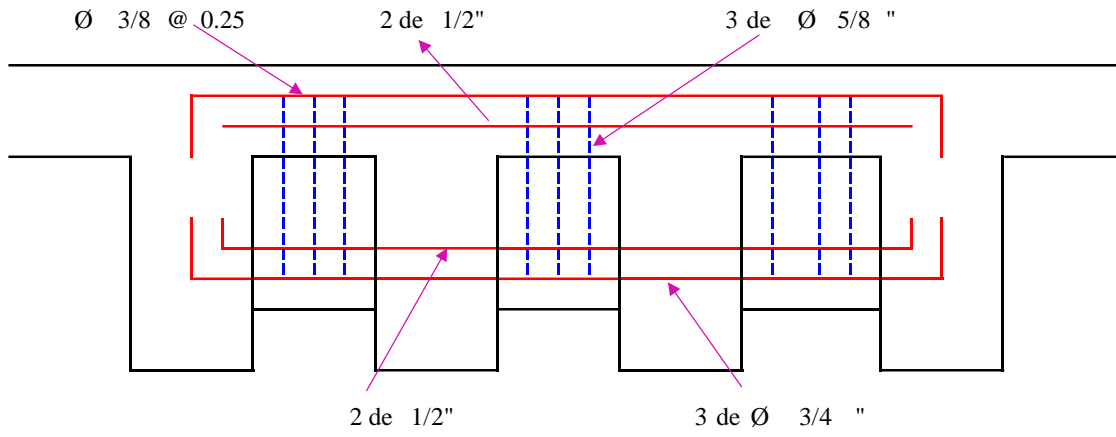
## CORTANTE RESISTENTE TOTAL

$$V_r = 83.0 \text{ Tn}$$

POR LO TANTO

$$V_r > \phi V_n$$

NO FALLA POR CORTANTE OK



Bs	=	1.09
yc	=	0.75
S	=	21.69 cm

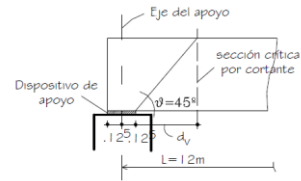
OK

**DISEÑO POR CORTE**

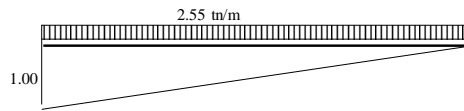
Determinación del peralte efectivo por corte:  $d_v = \text{peralte de corte efectivo} = d - a/2 = 122.87 \text{ cm}$

no menor que el mayor valor de :  $114.3 \text{ OK}$   
 $100.8$

La sección crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo en:  $1.35 \text{ m}$



**POR CARGA MUERTA**



VDC = 25.50 Tn

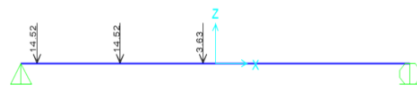
**POR SUPERFICIE DE RODADURA**

VDW = 2.24 Tn

**POR CARGA VIVA**

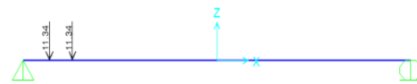
a) Camión de Diseño

V = 25.81 Tn



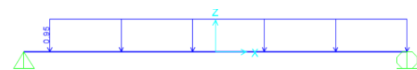
b) Tandem

V = 20.47 Tn



c) Carga de carril

V = 8.27 Tn



VLL+IM = 42.5973 Tn

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

g = 0.636

VLL+IM = 31.73 Tn

Para dos carriles cargados

g = 0.745 CRITICO

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con n=1

$$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$$

$$V_u = 90.764 \text{ Tn}$$

Diseño de estribos en la sección crítica

Cortante actuante:  $V_u = 90.764 \text{ Tn}$

Cortante resistente:  $V_r = \phi V_n = 96.97$

OK

$V_n$  es el menor  $V_n = V_c + V_s + V_p$

$V_n = 107.74 \text{ Tn}$  el menor

de:  $V_n = 0.25f_c' b_v d_v + V_p$

$V_n = 430.05 \text{ Tn}$

$V_c = 54484.22 \text{ kg}$   $54.48 \text{ Tn}$

$V_s = 53256.77 \text{ kg}$   $53.26 \text{ Tn}$

$V_p = 0 \text{ kg}$   $0.00 \text{ Tn}$

Refuerzo transversal mínimo

$A_v = 1.34 \text{ cm}^2$  <

$2.58 \text{ cm}^2$

OK

Bs	=	1.09
yc	=	0.75
S	=	21.69 cm

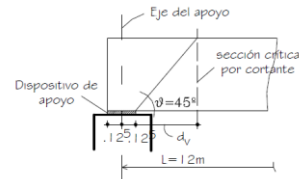
OK

**DISEÑO POR CORTE**

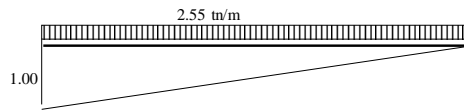
Determinación del peralte efectivo por corte:  $d_v = \text{peralte de corte efectivo} = d - a/2 = 122.87 \text{ cm}$

no menor que el mayor valor de :  $114.3 \text{ OK}$   
 $100.8$

La seccion crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo en:  $1.35 \text{ m}$



**POR CARGA MUERTA**



VDC = 25.50 Tn

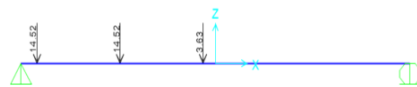
**POR SUPERFICIE DE RODADURA**

VDW = 2.24 Tn

**POR CARGA VIVA**

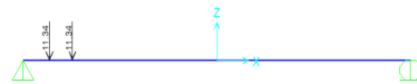
a) Camión de Diseño

V = 25.81 Tn



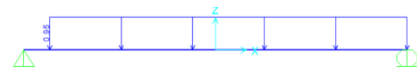
b) Tandem

V = 20.47 Tn



c) Carga de carril

V = 8.27 Tn



VLL+IM = 42.5973 Tn

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

g = 0.636

VLL+IM = 31.73 Tn

Para dos carriles cargados

g = 0.745 CRITICO

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con n=1

$$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$$

$$V_u = 90.764 \text{ Tn}$$

Diseño de estribos en la sección crítica

Cortante actuante:  $V_u = 90.764 \text{ Tn}$

Cortante resistente:  $V_r = \phi V_n = 96.97$

OK

$V_n$  es el menor  $V_n = V_c + V_s + V_p$

$V_n = 107.74 \text{ Tn}$  el menor

de:  $V_n = 0.25f_c' b_v d_v + V_p$

$V_n = 430.05 \text{ Tn}$

$V_c = 54484.22 \text{ kg}$   $54.48 \text{ Tn}$

$V_s = 53256.77 \text{ kg}$   $53.26 \text{ Tn}$

$V_p = 0 \text{ kg}$   $0.00 \text{ Tn}$

Refuerzo transversal mínimo

$A_v = 1.34 \text{ cm}^2$  <

$2.58 \text{ cm}^2$

OK

Bs	=	1.09
yc	=	0.75
S	=	21.69 cm

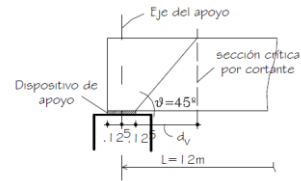
OK

**DISEÑO POR CORTE**

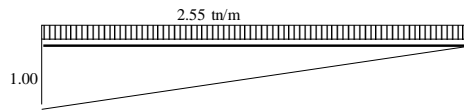
Determinación del peralte efectivo por corte:  $d_v = \text{peralte de corte efectivo} = d - a/2 = 122.87 \text{ cm}$

no menor que el mayor valor de : 114.3 OK  
100.8

La seccion crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo en: 1.35 m



**POR CARGA MUERTA**



VDC = 25.50 Tn

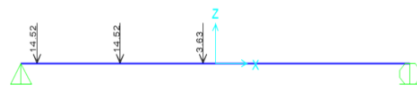
**POR SUPERFICIE DE RODADURA**

VDW = 2.24 Tn

**POR CARGA VIVA**

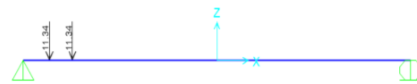
a) Camión de Diseño

V = 25.81 Tn



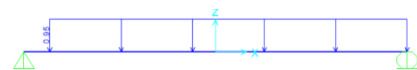
b) Tandem

V = 20.47 Tn



c) Carga de carril

V = 8.27 Tn



VLL+IM = 42.5973 Tn

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

g = 0.636

VLL+IM = 31.73 Tn

Para dos carriles cargados

g = 0.745 CRITICO

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con n=1

$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$   
 $V_u = 90.764 \text{ Tn}$

Diseño de estribos en la sección crítica

Cortante actuante:  $V_u = 90.764 \text{ Tn}$

Cortante resistente:  $V_r = \phi V_n = 96.97$

OK

$V_n$  es el menor  $V_n = V_c + V_s + V_p$

$V_n = 107.74 \text{ Tn}$  el menor

de:  $V_n = 0.25f'_c b_v d_v + V_p$

$V_n = 430.05 \text{ Tn}$

$V_c = 54484.22 \text{ kg}$  54.48 Tn

$V_s = 53256.77 \text{ kg}$  53.26 Tn

$V_p = 0 \text{ kg}$  0.00 Tn

Refuerzo transversal mínimo

$A_v = 1.34 \text{ cm}^2$  <

2.58 cm<sup>2</sup>

OK

Bs	=	1.09
yc	=	0.75
S	=	21.69 cm

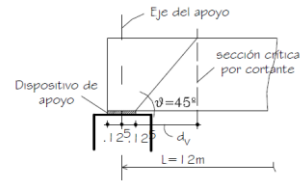
OK

**DISEÑO POR CORTE**

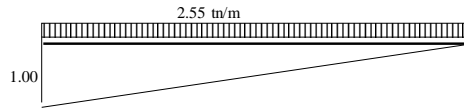
Determinación del peralte efectivo por corte:  $d_v = \text{peralte de corte efectivo} = d - a/2 = 122.87 \text{ cm}$

no menor que el mayor valor de : 114.3 OK  
100.8

La seccion crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo en: 1.35 m



**POR CARGA MUERTA**



VDC = 25.50 Tn

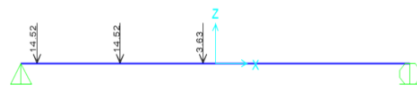
**POR SUPERFICIE DE RODADURA**

VDW = 2.24 Tn

**POR CARGA VIVA**

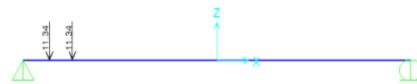
a) Camión de Diseño

V = 25.81 Tn



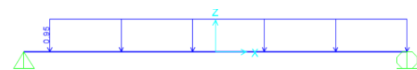
b) Tandem

V = 20.47 Tn



c) Carga de carril

V = 8.27 Tn



VLL+IM = 42.5973 Tn

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

g = 0.636

VLL+IM = 31.73 Tn

Para dos carriles cargados

g = 0.745 CRITICO

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con n=1

$$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$$

$V_u = 90.764 \text{ Tn}$

Diseño de estribos en la sección crítica

Cortante actuante:  $V_u = 90.764 \text{ Tn}$

Cortante resistente:  $V_r = \phi V_n = 96.97$

OK

$V_n$  es el menor  $V_n = V_c + V_s + V_p$

$V_n = 107.74 \text{ Tn}$  el menor

de:  $V_n = 0.25f_c' b_v d_v + V_p$

$V_n = 430.05 \text{ Tn}$

$V_c = 54484.22 \text{ kg}$  54.48 Tn

$V_s = 53256.77 \text{ kg}$  53.26 Tn

$V_p = 0 \text{ kg}$  0.00 Tn

Reforzo transversal mínimo

$A_v = 1.34 \text{ cm}^2$  <

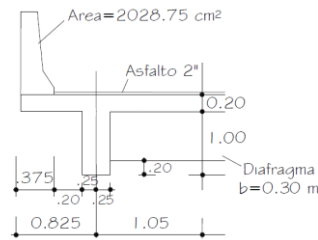
2.58 cm<sup>2</sup>

OK

**DISEÑO DE LA VIGA PRINCIPAL EXTERIOR**

**I) PREDIMENSIONAMIENTO**

Peralte de la Viga Principal Exterior:  $h_{min} = 0.07L = 1.4 \text{ m}$  (Tabla 2.9.1.4.4.5.1c-1 Manual de Puentes 2019)



**II) MOMENTOS DE FLEXIÓN POR CARGAS**

Consideramos vigas diafragmas en apoyos y en el centro de luz.

**CARGAS PERMANENTES**

**A. CARGA MUERTA (DC)**

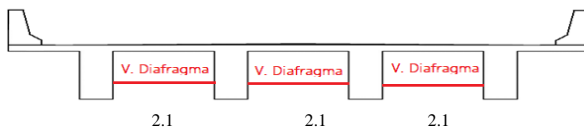
**A.1. Cargas Distribuidas**

Wlosa= 937.50 kg/m  
 W barrera= 507.19 kg/m  
 Wviga= 1500 kg/m  
 WDC= 2944.69 kg/m  
 2.94 tn/m

$MDC1 = 147.23 \text{ T-m}$

**A.2. Cargas Puntuales**

Colocamos con tres diafragmas a lo largo de toda la viga



P diaf = 600 Kg  
 0.6 Tn  
 $MDC2 = 3 \text{ T-m}$

$MDC = MDC1 + MDC2 = 150.234375 \text{ T-m}$

**B. CARGA POR SUPERFICIE DE RODADURA (DW)**

Wasf = 168.75 kg/m  
 MDW = 8437.5 kg/m  
 MDW = 8.44 Tn/m

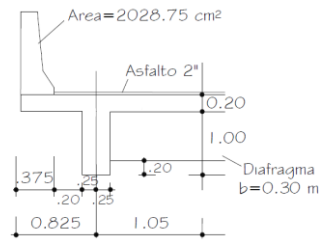
**APÉNDICE II-B**  
**MOMENTOS y REACCIONES MÁXIMAS EN TRAMOS SIMPLEMENTE APOYADOS**  
**POR CARGA HL-93 (X= distancia desde el apoyo)**

MOMENTOS POR CARGA HL-93 (T-m)					REACCIÓN POR CARGA HL-93 (T)			MOMENTO FATIGA (T-m)			
LUZ (m)	X (m)	R1 por CAMIÓN 2 (1) (1)	R2 por CAMIÓN 2 (1) (1)	M <sub>LL-93</sub> (1) (1)	R1 por CAMIÓN 2 (1) (1)	R2 por CAMIÓN 2 (1) (1)	V <sub>LL-93</sub> (1) (1)	LUZ (m)	X (m)	M <sub>FATIGA</sub> (1) (1)	
1	0.50	3.63	0.12	4.95	1	14.52	0.48	19.79	1	0.50	3.63
2	1.00	7.26	0.48	10.13	2	15.88 (1)	0.95	22.07	2	1.00	7.26
3	1.50	10.88	1.07	18.93	3	18.14 (1)	1.43	24.56	3	1.50	10.88
19	9.79	117.30	42.72	198.73	19	27.78	9.04	45.99	19	7.71	96.51
20	9.29	125.43	47.36	214.18	20	28.02	9.52	46.79	20	8.21	94.50
21	9.79	133.55	52.24	229.87	21	28.24	10.00	47.56	21	8.71	102.42
22	10.29	141.69	57.35	245.80	22	28.44	10.47	48.30	22	9.21	110.36

**DISEÑO DE LA VIGA PRINCIPAL EXTERIOR**

**I) PREDIMENSIONAMIENTO**

Peralte de la Viga Principal Exterior:  $h_{min} = 0.07L = 1.4 \text{ m}$  (Tabla 2.9.1.4.4.5.1c-1 Manual de Puentes 2019)



**II) MOMENTOS DE FLEXIÓN POR CARGAS**

Consideramos vigas diafragmas en apoyos y en el centro de luz.

**CARGAS PERMANENTES**

**A. CARGA MUERTA (DC)**

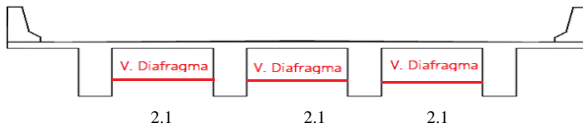
**A.1. Cargas Distribuidas**

Wlosa= 937.50 kg/m  
 W barrera= 507.19 kg/m  
 Wviga= 1500 kg/m  
 WDC= 2944.69 kg/m  
 2.94 tn/m

$MDC1 = 147.23 \text{ T-m}$

**A.2. Cargas Puntuales**

Colocamos con tres diafragmas a lo largo de toda la viga



P diaf = 600 Kg  
 0.6 Tn  
 $MDC2 = 3 \text{ T-m}$

$MDC = MDC1 + MDC2 = 150.234375 \text{ T-m}$

**B. CARGA POR SUPERFICIE DE RODADURA (DW)**

Wasf = 168.75 kg/m  
 MDW = 8437.5 kg/m  
 MDW = 8.44 Tn/m

**APÉNDICE II-B**  
**MOMENTOS y REACCIONES MÁXIMAS EN TRAMOS SIMPLEMENTE APOYADOS**  
**POR CARGA HL-93 (X= distancia desde el apoyo)**

MOMENTOS POR CARGA HL-93 (T-m)				REACCIÓN POR CARGA HL-93 (T)				MOMENTO FATIGA (T-m)				
LUZ (m)	X (m)	R1 por CAMIÓN 2 (1) (1)	R2 por CAMIÓN 2 (1) (1)	LUZ (m)	X (m)	R1 por CAMIÓN 2 (1) (1)	R2 por CAMIÓN 2 (1) (1)	LUZ (m)	X (m)	R1 por CAMIÓN 2 (1) (1)	R2 por CAMIÓN 2 (1) (1)	
1	0.50	3.63	0.12	4.95	1	14.52	0.48	19.79	1	0.50	3.63	4.17
2	1.00	7.26	0.48	10.13	2	15.88 (1)	0.95	22.07	2	1.00	7.26	8.35
3	1.50	10.88	1.07	18.93	3	18.14 (1)	1.43	29.56	3	1.50	10.88	12.52
19	9.79	117.30	42.72	198.73	19	27.78	9.04	45.99	19	7.71	96.51	99.60
20	9.29	125.43	47.36	214.18	20	28.02	9.52	46.79	20	8.21	94.50	108.68
21	9.79	133.55	52.24	229.87	21	28.24	10.00	47.56	21	8.71	102.42	117.78
22	10.29	141.69	57.35	245.80	22	28.44	10.47	48.30	22	9.21	110.36	126.91

Tabla 3.7 Distribución de las sobrecargas por carril para momentos en vigas interiores (Tabla 4.6.2.2.2b-1, AASHTO)

Tipo de vigas	Sección transversal aplicable de la Tabla 4.6.2.2.1-1	Factores de Distribución	Rango de aplicabilidad
Tablero de madera sobre vigas de madera o acero	a, l	Ver Tabla 4.6.2.2.2a-1	
Tablero de hormigón sobre vigas de madera	l	Un carril de diseño cargado: S/3700 Dos o más carriles de diseño cargados: S/3000	S ≤ 1800
Tablero de hormigón, emparrillado con vanos llenos o parcialmente llenos, o emparrillado con vanos no llenos compuesto con losa de hormigón armado sobre vigas de acero u hormigón; vigas Te de hormigón, secciones Te y doble Te de hormigón	a, e, k y también i, j si están suficientemente conectadas para actuar como una unidad	Un carril de diseño cargado: $0,06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0,4} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,3} \left(\frac{K_f}{L_f^2}\right)^{0,5}$ Dos o más carriles de diseño cargados: $0,075 + \left(\frac{S}{2900}\right)^{0,6} \left(\frac{S}{L}\right)^{0,2} \left(\frac{K_f}{L_f^2}\right)^{0,3}$	1100 ≤ S ≤ 4900 110 ≤ L ≤ 300 6000 ≤ L ≤ 73.000 N <sub>b</sub> ≥ 4 4 × 10 <sup>9</sup> ≤ K <sub>f</sub> ≤ 3 × 10 <sup>12</sup>
		Usar el valor obtenido de la ecuación anterior con N <sub>b</sub> = 3 o la ley de momentos, cualquiera sea el que resulte menor	N <sub>b</sub> = 3

Fuente: PUENTES 2020 - Ing. Arturo Rodríguez Serquén

**CARGAS VARIABLES**

**C. CARGA VIVA Y EFECTO DE CARGA DINÁMICA (LL+IM)**

De la tabla, para el vehículo HL-93 y con la consideración de carga dinámica en estado límite de resistencia:

MLL+IM = 214.18 T-m a 0.30m del centro de luz

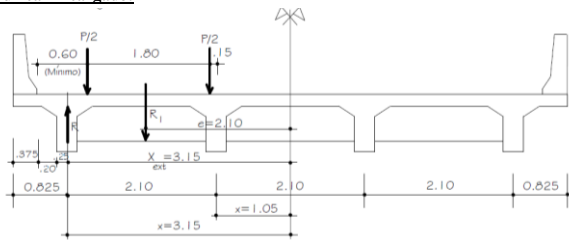
**c.1 método A**

Un carril Cargado	Dos o mas carriles cargados						
<p><b>LEY DE MOMENTOS</b></p>	$ge = e \cdot g_{interior}$ $e = 0.77 + \frac{d_e}{2.8}$ <p>de = distancia desde el eje central de la viga exterior a la cara interior de la barrera</p>						
<p>Ra = 0.50 P</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>de =</td> <td style="text-align: center;">0.45</td> </tr> <tr> <td>e =</td> <td style="text-align: center;">0.93</td> </tr> <tr> <td>ge =</td> <td style="text-align: center;">0.601</td> </tr> </table>	de =	0.45	e =	0.93	ge =	0.601
de =	0.45						
e =	0.93						
ge =	0.601						
<p><b>FACTOR DE PRESENCIA MÚLTIPLE</b></p> <p>ge = 0.600</p>							
<p><b>DISTRIBUCION CONSIDERADA</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>ge =</td> <td style="text-align: center;">0.601</td> </tr> </table>		ge =	0.601				
ge =	0.601						

**c.2 método B**

$$R = \frac{N_l}{N_b} + \frac{X_{ext} \sum e}{\sum x^2}$$

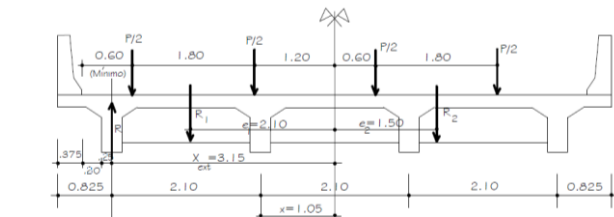
**Para un carril cargado:**



Con:  
 R = reacción sobre la viga exterior en términos de carril  
 N<sub>l</sub> = número de carriles cargados = 1  
 N<sub>b</sub> = número de vigas = 4  
 e = excentricidad del camión de diseño o carga de carril respecto del centro de gravedad del conjunto de vigas = 2.10m  
 X<sub>ext</sub> = distancia horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga exterior = 3.15m  
 x = distancia horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta cada viga

R = 0.550  
 Con en el factor de presencia múltiple, m=1.2:  
 g = R = 0.660

**Para dos carriles cargados:**



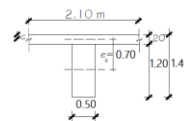
R = 0.586  
 Con en el factor de presencia múltiple, m=1.0:  
 g = R = 0.586

**EL FACTOR CRÍTICO ES: 0.660**

MLL+IM= 141.359 T-m

**III) RESUMEN DE MOMENTOS FLECTORES Y CRITERIOS LRFD APLICABLES**

Carga	Tipo	M(+) T-m	Resistencia I	Servicio I	Fatiga I
Losa + Viga	DC	150.23	1.25	1	0
Asfalto	DW	8.44	1.5	1	0
Carga viva	LL+IM	141.36	1.75	1	1.5



Resistencia I: U = n[1.25DC+1.50DW+1.75(LL+IM)]  
 Servicio I: U = n[1.0DC+1.0DW+1.0(LL+IM)]  
 Fatiga I: U = n[1.50(LL+IM)]

## IV) CÁLCULO DEL ACERO PRINCIPAL

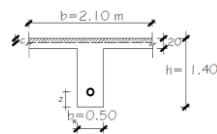
$$Mu = 447.83 \text{ T}\cdot\text{m}$$

Verificamos si la viga trabaja como Tee o como viga rectangular:

Si  $c \leq t$ , DISEÑAR COMO VIGA RECTANGULAR (diseño convencional)

Si  $c > t$ , DISEÑAR COMO VIGA T

$$\begin{aligned} b \text{ efect.} &= 2.10 \text{ m} \\ \text{supo. } c = t &= 0.20 \text{ m} \\ a = 0.85c &= 17.00 \text{ cm} \\ d \sim 0.85h &= 119.00 \text{ cm} \\ As &= 120.62 \text{ cm}^2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} As &= \frac{Mu}{\phi * fy(d - \frac{a}{2})} \\ a &= \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \end{aligned}$$



$$p = As/bd = 0.004827$$

$$c = (1.18 * p * fy * d) / 0.85 * f'c = 11.96 < 20$$

viga rectangular

$$\begin{aligned} Mu &= 447.83 \text{ Tn}\cdot\text{f}\cdot\text{m} \\ d &= 119.00 \text{ cm} \end{aligned}$$

a (cm)	As (cm <sup>2</sup> )
23.800	110.619
9.296	103.603
8.706	103.337
8.684	103.327
8.683	103.327
<b>Con 22Ø1" =</b>	<b>111.54</b>

Utilizaremos  $As=22\phi 1''$  con la distribución que se muestra a continuación, estribos  $\phi 1/2''$  y recubrimiento  $r=5.0 \text{ cm}$  ( $2''$ ) según Tabla 5.12.3-1.

## ACERO MÍNIMO

$$Mcr = 1.10 * fr * x * S \quad fr = 2.01 \sqrt{f'c} \quad S = \frac{b * h^2}{6}$$

fr	=	34 kg/cm <sup>2</sup>	
S	=	686000.00 cm <sup>3</sup>	M min
Mcr	=	253.80 Tn.f.m	253.80 Tn.f.m
1.33 Mu	=	595.61 Tn.f.m	BIEN

USAR 22 Ø 1"

## ARMADURA DE CONTRACCIÓN Y TEMPERATURA

En el alma de la viga T, en las caras laterales, se colocará acero de temperatura:

$$As = \frac{0.18 * b * x * h}{2 * x * (b + h)} \quad 2.33 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} < As < 12.7 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$As_{temp}$	=	3.32 cm <sup>2</sup> /m	BIEN
Nuevo As	=	3.32 cm <sup>2</sup> /m	BIEN

Para el espacio de 1.40m-0.20m-0.20m = 1.00 m

$As_{temp}$  = 3.32 cm<sup>2</sup> Usaremos por cara: 1Ø5/8 (3.96cm<sup>2</sup>), que cumple:

$S_{max} = 3t = 150.00 \text{ cm}$  y 45cm

DIMENSIONES DEL ACERO									
Ø	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 3/8"	1 3/4"
DIAMETRO	6.35	9.52	12.70	15.88	19.05	25.40	32.26	35.81	43.00
PESO (Kg/m)	0.25	0.56	0.99	1.55	2.24	3.98	6.40	7.91	11.40
AREA (cm <sup>2</sup> )	0.32	0.71	1.27	1.98	2.85	5.07	8.17	10.06	14.52

**VERIFICACION DE FISURACION**

$$1 \text{ DC} + 1 \text{ DW} + 1 \text{ LL+I}$$

Ancho Tributario = 0.18 m

$$M_s = 224.91 \text{ Tn.f.m}$$

Es = 2.04E+06 kg/cm<sup>2</sup>  
 Ec = 256017.97 kg/cm<sup>2</sup>

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

n = 8.00

Relacion Modular

dc = 7.54 cm  
 dl = 132.46 cm

Area de acero transformada = 892.32 cm<sup>2</sup>

Momentos respecto del eje neutro para determinar y:

$$210^3 y(y/2) = 811.20^3 (132.46 - y)$$

$$y = 28.36$$

$$jd = 123.01 \text{ cm} \quad jd = d - \frac{y}{3}$$

$$f_s = 1639.29 \text{ kgf/cm}^2 \quad f_s = \frac{M_s}{jd \times A_s}$$

$$f_s \leq 0.6 f_y$$

Ok

**SEPARACION MÁXIMA DE REFUERZO**

$$S \leq \frac{125000 \gamma_c}{B_s \times f_s} - 2dc \quad B_s = 1 + \frac{dc}{0.7(h - dc)}$$

Bs	=	1.09
γc	=	0.75
S	=	37.57 cm

OK

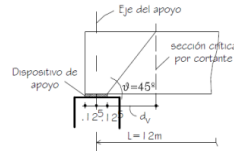
**DISEÑO POR CORTE**

Determinación del peralte efectivo por corte: dv = peralte de corte efectivo =

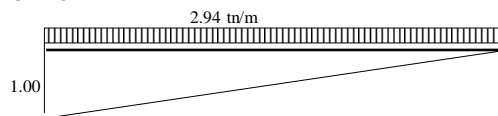
de - a/2 = 122.66 cm

no menor que el mayor valor de : 114.3 OK  
 100.8

La seccion crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo en: 1.35 m



**POR CARGA MUERTA**



VDC = 29.45 Tn

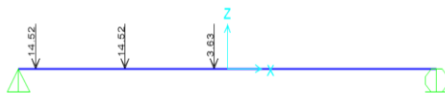
**POR SUPERFICIE DE RODADURA**

VDW = 1.60 Tn

**POR CARGA VIVA**

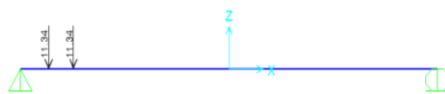
a) Camión de Diseño

$$V = 25.81 \text{ Tn}$$



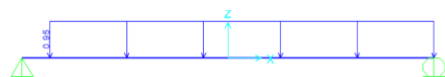
b) Tandem

$$V = 20.47 \text{ Tn}$$



c) Carga de carril

$$V = 8.27 \text{ Tn}$$



$$VLL+IM = 42.5973 \text{ Tn}$$

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

$$g = 0.636$$

$$VLL+IM = 31.73 \text{ Tn}$$

Para dos carriles cargados

$$g = 0.745 \text{ CRITICO}$$

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con  $n=1$ 

$$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$$

$$V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

Diseño de estribos en la sección crítica

$$\text{Cortante actuante: } V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

$$\text{Cortante resistente: } V_r = \phi V_n = 96.97 \text{ OK}$$

$$V_n \text{ es el menor de: } V_n = V_c + V_s + V_p \quad V_n = 107.74 \text{ Tn} \quad \text{el menor}$$

$$V_n = 0.25 f_c b_v d_v + V_p \quad V_n = 430.05 \text{ Tn}$$

$$V_c = 54484.22 \text{ kg} \quad 54.48 \text{ Tn}$$

$$V_s = 53256.77 \text{ kg} \quad 53.26 \text{ Tn}$$

$$V_p = 0 \text{ kg} \quad 0.00 \text{ Tn}$$

Refuerzo transversal mínimo

$$A_v = 1.34 \text{ cm}^2 < 2.58 \text{ cm}^2 \text{ OK}$$

**CORTANTE DE DISEÑO, ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA I**

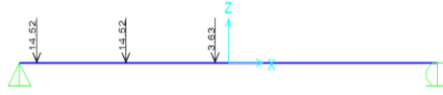
$$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$$

$$V_u = 113.76 \text{ Tn}$$

**POR CARGA VIVA**

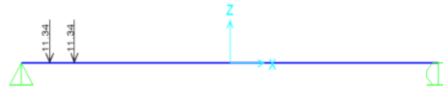
a) Camión de Diseño

$$V = 25.81 \text{ Tn}$$



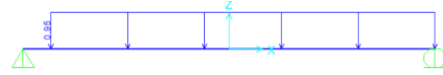
b) Tandem

$$V = 20.47 \text{ Tn}$$



c) Carga de carril

$$V = 8.27 \text{ Tn}$$



$$VLL+IM = 42.5973 \text{ Tn}$$

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

$$g = 0.636$$

$$VLL+IM = 31.73 \text{ Tn}$$

Para dos carriles cargados

$$g = 0.745 \quad \text{CRITICO}$$

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con  $n=1$ 

$$V_u = n[1.25 V_{DC} + 1.50 V_{DW} + 1.75 V_{(LL+IM)}]$$

$$V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

Diseño de estribos en la sección crítica

$$\text{Cortante actuante: } V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

$$\text{Cortante resistente: } V_r = \phi V_n = 96.97 \quad \boxed{\text{OK}}$$

$$V_n \text{ es el menor de: } V_n = V_c + V_s + V_p \quad V_n = 107.74 \text{ Tn} \quad \text{el menor}$$

$$V_n = 0.25 f_c b_v d_v + V_p \quad V_n = 430.05 \text{ Tn}$$

$$V_c = 54484.22 \text{ kg} \quad 54.48 \text{ Tn}$$

$$V_s = 53256.77 \text{ kg} \quad 53.26 \text{ Tn}$$

$$V_p = 0 \text{ kg} \quad 0.00 \text{ Tn}$$

Refuerzo transversal mínimo

$$A_v = 1.34 \text{ cm}^2 < 2.58 \text{ cm}^2 \quad \boxed{\text{OK}}$$

**CORTANTE DE DISEÑO, ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA I**

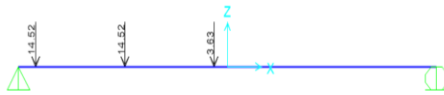
$$V_u = n[1.25 V_{DC} + 1.50 V_{DW} + 1.75 V_{(LL+IM)}]$$

$$V_u = 113.76 \text{ Tn}$$

**POR CARGA VIVA**

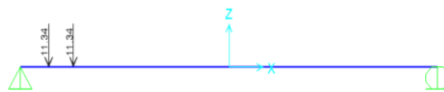
a) Camión de Diseño

$$V = 25.81 \text{ Tn}$$



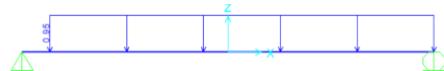
b) Tandem

$$V = 20.47 \text{ Tn}$$



c) Carga de carril

$$V = 8.27 \text{ Tn}$$



$$VLL+IM = 42.5973 \text{ Tn}$$

Distribucion por viga interior

Para un carril Cargado

$$g = 0.636$$

$$VLL+IM = 31.73 \text{ Tn}$$

Para dos carriles cargados

$$g = 0.745 \quad \text{CRITICO}$$

Para el diseño por Estado Límite de Resistencia I, con  $n=1$ 

$$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$$

$$V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

Diseño de estribos en la sección crítica

$$\text{Cortante actuante: } V_u = 94.736 \text{ Tn}$$

$$\text{Cortante resistente: } V_r = \phi V_n = 96.97 \quad \boxed{\text{OK}}$$

$$V_n \text{ es el menor de: } V_n = V_c + V_s + V_p \quad V_n = 107.74 \text{ Tn} \quad \text{el menor}$$

$$V_n = 0.25 f_c b_v d_v + V_p \quad V_n = 430.05 \text{ Tn}$$

$$V_c = 54484.22 \text{ kg} \quad 54.48 \text{ Tn}$$

$$V_s = 53256.77 \text{ kg} \quad 53.26 \text{ Tn}$$

$$V_p = 0 \text{ kg} \quad 0.00 \text{ Tn}$$

Refuerzo transversal mínimo

$$A_v = 1.34 \text{ cm}^2 < 2.58 \text{ cm}^2 \quad \boxed{\text{OK}}$$

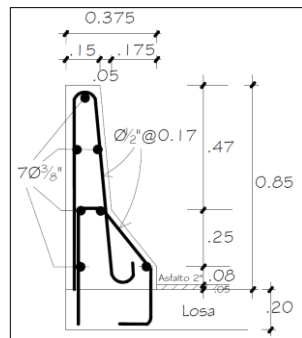
**CORTANTE DE DISEÑO, ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA I**

$$V_u = n[1.25 VDC + 1.50 VDW + 1.75 V(LL+IM)]$$

$$V_u = 113.76 \text{ Tn}$$

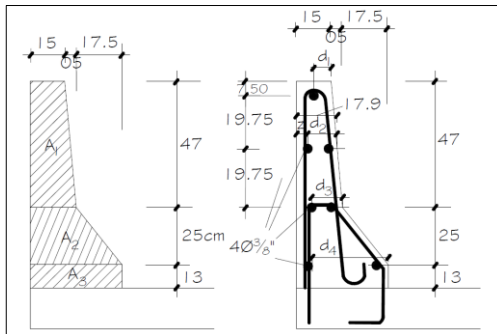
### DISEÑO DE BARRERAS DE CONCRETO

Se propone en este caso un modelo de barrera de concreto con perfil basado en la barrera de New Jersey:



#### A) RESISTENCIA EN FLEXIÓN ALREDEDOR DE UN EJE VERTICAL A LA BARRERA (Mw)

Para determinar el momento resistente se dividirá la sección de barrera en tres partes: A1, A2 y A3, tal como se observa en el gráfico.



##### Sección A1

$$z = \text{recub} + \emptyset + \emptyset/2 = 2'' + 1/2'' + (3/8'')/2 = 2.6875'' = 6.83\text{cm}$$

$$d1 = 15 / 2 \text{ cm} = 7.5 \text{ cm}$$

$$d2 = 17.90\text{cm} - 6.83\text{cm} = 11.07 \text{ cm}$$

$$d3 = 20\text{cm} - 6.83\text{cm} = 13.17 \text{ cm}$$

$$d' = (d1+d2+d3)/3 = 10.58 \text{ cm}$$

$$As = (2 + 0.5) \emptyset 3 / 8'' = 1.78 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 0.67 \text{ cm}$$

$$Mu = \emptyset * As * fy * (d-a/2) = 0.79 \text{ T-m}$$

##### Sección A2

$$d3 = 20\text{cm} - 6.83\text{cm} = 13.17 \text{ cm}$$

$$d4 = 37.5\text{cm} - 6.83\text{cm} = 30.67 \text{ cm}$$

$$d' = (d1+d2+d3)/3 = 21.92 \text{ cm}$$

$$As = (0.5 + 0.5) \emptyset 3 / 8'' = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 0.50 \text{ cm}$$

$$Mu = \emptyset * As * fy * (d-a/2) = 0.65 \text{ T-m}$$

**Sección A3**

$$d4 = 37.5\text{cm} - 6.83\text{cm} = 30.67 \text{ cm}$$

$$d' = d4 = 30.67 \text{ cm}$$

$$As = (0.5) \varnothing 3 / 8'' = 0.36 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 0.49 \text{ cm}$$

$$Mu = \varnothing * As * fy * (d-a/2) = 0.46 \text{ T-m}$$

Total:

$$Mw = Mu = 1.90 \text{ T-m}$$

**B) RESISTENCIA EN FLEXIÓN ALREDEDOR DE UN EJE LONGITUDINAL DEL PUENTE(Mc)**

Se calcula de acuerdo a las líneas de rotura con el momento de flexión negativo.  
Utilizando  $1\varnothing 1/2'' @ 0.17\text{m}$  ( $As = 1.29\text{cm}^2/0.17\text{m} = 7.59 \text{ cm}^2/\text{m}$ ), considerando fajas de 1m de ancho:

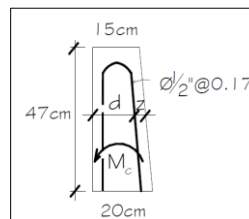
**Sección A1**

$$z = \text{recub} + \varnothing/2 = 2'' + 1/2''/2 = 2.25'' = 5.72 \text{ cm}$$

$$d' = (h-z) = 12.18 \text{ cm}$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 1.34 \text{ cm}$$

$$Mc = \varnothing * As * fy * (d-a/2) = 3.67 \text{ T-m}$$

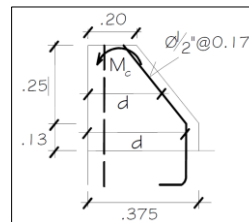
**Sección A2**

$$d' = (20+37.5)/2 - 5.72 = 23.03 \text{ cm}$$

$$As = (0.5 + 0.5) \varnothing 3 / 8'' = 7.59 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 1.34 \text{ cm}$$

$$Mc = \varnothing * As * fy * (d-a/2) = 7.13 \text{ T-m}$$

**Sección A3**

$$d' = 37.5\text{cm} - 5.72\text{cm} = 31.78 \text{ cm}$$

$$As = (0.5) \varnothing 3 / 8'' = 7.59 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \quad a = 1.34 \text{ cm}$$

$$Mc = \varnothing * As * fy * (d-a/2) = 9.92 \text{ T-m}$$

Momento promedio:

$$Mc = 5.64 \text{ T-m}$$

**C) LONGITUD CRÍTICA DE LA LÍNEA DE ROTURA (Lc)**

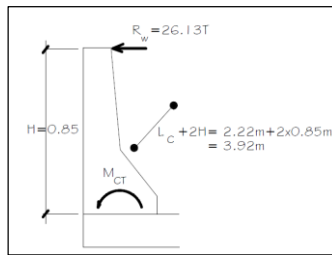
$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{\varnothing H(M_b + M_w)}{M_c}}$$

$$L_c = 1.07/2 + ((1.07/2)^2 + (8 * 0.85 * (0 + 1.88)) / 5.64)^{0.5}$$

$$L_c = 2.13 \text{ m}$$



## COLISIÓN VEHICULAR (CT)



$$M_{ct} = \frac{R_w}{L_c + 2H} * H$$

$$M_{ct} = 5665.943878 \text{ kg-m}$$

$$5.67 \text{ T-m}$$

## C) CÁLCULO DEL ACERO

Para el Estado Límite de Resistencia I:

$$M_u = n[1.25 MDC + 1.50 MDW + 1.75 M(LL+IM)]$$

$$M_u = 1.25(377) + 1.50(5) + 1.75(0)$$

$$M_u = 495.50 \text{ kg-m}$$

$$M_u = 0.50 \text{ T-m}$$

Para el Estado Límite de Evento Extremo II:

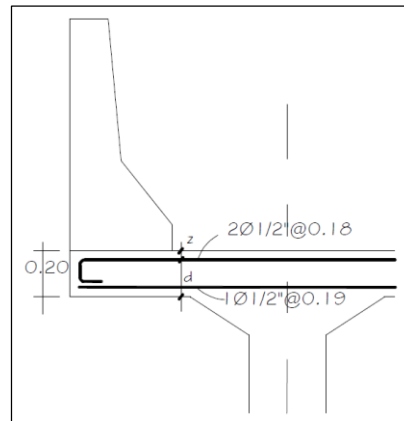
$$M_u = n[1.25 MDC + 1.50 MDW + 1.00 MCT]$$

$$M_u = 1.25(377) + 1.50(5) + 1.00(5670)$$

$$M_u = 6161.44 \text{ kg-m}$$

$$M_u = 6.16 \text{ T-m}$$

$$M_u \text{ max} = 6.16 \text{ T-m}$$



Probaremos con 2 barras de 1/2" @ 0.18 m

$$A_s(-) = 14.33 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$rec = 5 \text{ cm}$$

$$z = 5.64 \text{ cm}$$

$$d = 14.37 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 1 \text{ ''}$$

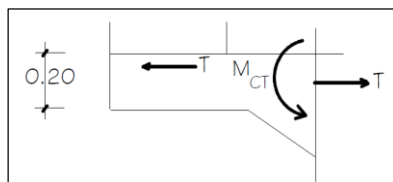
Caso eventos extremos

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$$a = 2.53 \text{ cm}$$

$$\emptyset Mn = \emptyset * A_s * f_y * (d - a/2) = 7.89 \text{ T-m}$$

Este momento debe reducirse por la fuerza de tensión axial ejercida por la colisión en el volado:



$$T = \frac{R_w}{L_c + 2H}$$

$$T = 6.67 \text{ T/m}$$

Siguiendo:  $M_u = \phi M_n * (1 - \frac{r_u}{\phi P_n})$

Siendo:

$$A_{st} = A_{s(-)} + A_{s(+)} = 14.33 \text{ cm}^2/\text{m} + 1.29 \text{ cm}^2/0.19 \text{ m} = 21.12 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$P_u = T = 6.67 \text{ T/m}$$

$$\phi P_n = \phi * A_{st} * f_y = 88.70 \text{ Tn}$$

$$\phi M_n = 7.89 \text{ T-m}$$

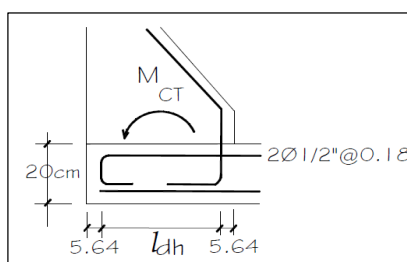
$$M_u = 7.29 \text{ T-m}$$

OK

**USAREMOS 2Ø1/2" @ 0.18**

#### D) LONGITUD DE DESARROLLO

El refuerzo negativo en el volado, inmediatamente debajo de la barrera, debe resistir  $M_{ct} = 5.67$  T-m



$l_{dh} = l_{hb} * \text{factor de modificación}$

Donde:  $l_{hb} = \frac{319 * d_b}{\sqrt{f'c}}$   $l_{hb} = 24.6 \text{ cm}$

Considerando que:  $\frac{A_{s \text{ requerido}}}{A_{s \text{ proveido}}} \approx \frac{M_u \text{ requerido}}{M_u \text{ proveido}} = \frac{5.67}{7.29}$

La longitud de anclaje es el mayor valor de:

$$l_{dh} = 13.5 * 0.7 * (5.67/7.29) = 7.35 \text{ cm}$$

$$l_{dh} = 8d_b = 8 * 1.27 = 10.16 \text{ cm}$$

$$l_{dh} = 15 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

$$l_{dh} = 15 \text{ cm}$$

Se dispone de:  $37.5 \text{ cm} - 2(5.64 \text{ cm}) = 26.22 \text{ cm}$

OK

#### E) LONGITUD DE LAS BARRAS ADICIONALES DEL VOLADO

$$r_{ec} = 5 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.9$$

$$d = 20 \text{ cm} - 5 \text{ cm} - 1.27 \text{ cm}/2 = 14.37 \text{ cm}$$

$$A_s = 1.29 \text{ cm}^2/0.18 \text{ m} = 7.17 \text{ cm}^2/\text{m}$$

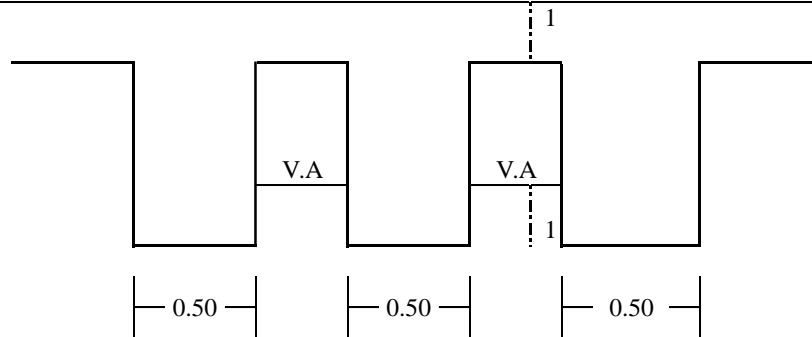
$$a = 1.26 \text{ cm}$$

$$M_u = \phi * A_s * f_y * (d - a/2) = 3.72 \text{ T-m}$$

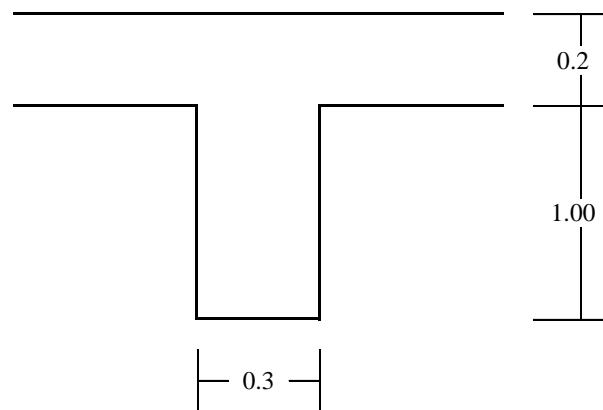
Para el estado límite de Evento Extremo II, el  $M(-)$  con  $\phi=1.0$  se incrementa a:

## DISEÑO DE VIGA DE ARRIOSTRE

### A) CORTE TRANSVERSAL DEL PUENTE

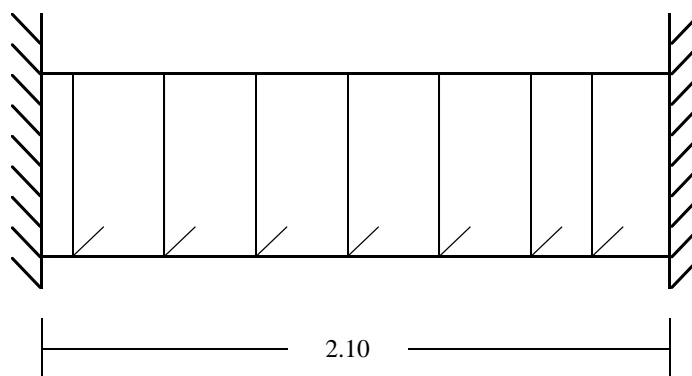


### B) DETALLE DE CORTE 1-1



### C) METRADO DE CARGAS

$$W \text{ viga arriostre} = 0.75 \text{ Tn/m}$$



### D) HALLANDO MOMENTO

$$M = 0.7235 \text{ Tn-m} \quad M = \frac{WxL^2}{8}$$

## F) ÁREA DE ACERO

$$A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

ASUMIENDO UN DIAMETRO DE ACERO PARTE INFERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

ACERO MINIMO

$$A_{s \text{ min}} = 5.6 \text{ cm}^2 \quad A_{s \text{ min}} = 0.002x b x d$$

ASUMIENDO UN DIAMETRO DE ACERO PARTE SUPERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

CORTANTE DE DISEÑO

$$V_{\text{total}} = 0.8 \text{ Tn}$$

## G) DISEÑO DE ESTRIBOS EN LA SECCION CRITICA

$$\text{CORTANTE RESISTENTE} = V_r > \phi V_n \quad \text{Siendo } \phi = 0.9$$

$$\text{SIENDO } V_n \text{ EL MENOR DE } \begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25 x F'_c x b x d + V_p \end{cases}$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE

$$V_c = 59.863 \text{ Tn} \quad V_c = 0.53 \sqrt{F'_c} x b x d$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE DEL ACERO

$$\text{Considerando } \theta = 45^\circ \text{ y } \alpha = 90^\circ$$

UTILIZANDO ESTRIBOS  $\phi$  3/8" espaciados a 25 cm

$$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$$

$$V_s = 32.3 \text{ Tn}$$

ASUME UNA SEPARACION PARA

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

HALLANDO COMPONENTE NOMINAL

$$\begin{cases} V_n 1 = 92.2 \text{ Tn} \\ V_n 2 = 473 \text{ Tn} \end{cases} \quad V_n \text{ sera el menor de ambos}$$

$$V_n \text{ Final es} = 92.185 \text{ Tn}$$

## F) ÁREA DE ACERO

$$A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE INFERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

ACERO MINIMO

$$A_{s \text{ min}} = 5.6 \text{ cm}^2 \quad A_{s \text{ min}} = 0.002x b x d$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE SUPERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

CORTANTE DE DISEÑO

$$V_{\text{total}} = 0.8 \text{ Tn}$$

## G) DISEÑO DE ESTRIBOS EN LA SECCION CRITICA

$$\text{CORTANTE RESISTENTE} = V_r > \phi V_n \quad \text{Siendo } \phi = 0.9$$

$$\text{SIENDO } V_n \text{ EL MENOR DE } \begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25 x F'c x b x d + V_p \end{cases}$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE

$$V_c = 59.863 \text{ Tn} \quad V_c = 0.53 \sqrt{F'c} x b x d$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE DEL ACERO

$$\text{Considerando } \theta = 45^\circ \text{ y } \alpha = 90^\circ$$

ASUME UNA SEPARACION PARA

UTILIZANDO ESTRIBOS  $\phi$  3/8" espaciados a 25 cm

$$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

$$V_s = 32.3 \text{ Tn}$$

HALLANDO COMPONENTE NOMINAL

$$\begin{cases} V_{n1} = 92.2 \text{ Tn} \\ V_{n2} = 473 \text{ Tn} \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} V_n \text{ sera el menor de ambos}$$

$$V_{n \text{ Final es}} = 92.185 \text{ Tn}$$

## F) ÁREA DE ACERO

$$A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE INFERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

ACERO MINIMO

$$A_{s \text{ min}} = 5.6 \text{ cm}^2 \quad A_{s \text{ min}} = 0.002 x b x d$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE SUPERIOR

3/4"

$$\text{Utilizar} = 2 \text{ Varillas}$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

CORTANTE DE DISEÑO

$$V_{\text{total}} = 0.8 \text{ Tn}$$

## G) DISEÑO DE ESTRIBOS EN LA SECCION CRITICA

$$\text{CORTANTE RESISTENTE} = V_r > \phi V_n \quad \text{Siendo } \phi = 0.9$$

$$\text{SIENDO } V_n \text{ EL MENOR DE } \begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25 x F'c x b x d + V_p \end{cases}$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE

$$V_c = 59.863 \text{ Tn} \quad V_c = 0.53 \sqrt{F'c} x b x d$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE DEL ACERO

$$\text{Considerando } \theta = 45^\circ \text{ y } \alpha = 90^\circ$$

UTILIZANDO ESTRIBOS  $\phi$  3/8" espaciados a 25 cm

$$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$$

$$V_s = 32.3 \text{ Tn}$$

ASUME UNA SEPARACION PARA

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

HALLANDO COMPONENTE NOMINAL

$$\begin{matrix} V_{n1} = 92.2 \text{ Tn} \\ V_{n2} = 473 \text{ Tn} \end{matrix} \left. \vphantom{\begin{matrix} V_{n1} \\ V_{n2} \end{matrix}} \right\} V_n \text{ sera el menor de ambos}$$

$$V_{n \text{ Final es}} = 92.185 \text{ Tn}$$

## F) ÁREA DE ACERO

$$A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE INFERIOR

3/4"

Utilizar = 2 Varillas

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

ACERO MINIMO

$$A_{s \text{ min}} = 5.6 \text{ cm}^2 \quad A_{s \text{ min}} = 0.002x b x d$$

ASUMIENDO UN DIÁMETRO DE ACERO PARTE SUPERIOR

3/4"

Utilizar = 2 Varillas

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

CORTANTE DE DISEÑO

$$V_{\text{total}} = 0.8 \text{ Tn}$$

## G) DISEÑO DE ESTRIBOS EN LA SECCION CRITICA

$$\text{CORTANTE RESISTENTE} = V_r > \phi V_n \quad \text{Siendo } \phi = 0.9$$

$$\text{SIENDO } V_n \text{ EL MENOR DE } \begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25 x F'_c x b x d + V_p \end{cases}$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE

$$V_c = 59.863 \text{ Tn} \quad V_c = 0.53 \sqrt{F'_c} x b x d$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE DEL ACERO

$$\text{Considerando } \theta = 45^\circ \text{ y } \alpha = 90^\circ$$

ASUME UNA SEPARACION PARA

UTILIZANDO ESTRIBOS  $\phi$  3/8" espaciados a 25 cm

$$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

$$V_s = 32.3 \text{ Tn}$$

HALLANDO COMPONENTE NOMINAL

$$\begin{cases} V_{n1} = 92.2 \text{ Tn} \\ V_{n2} = 473 \text{ Tn} \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} V_n \text{ sera el menor de ambos}$$

$$V_{n \text{ Final es}} = 92.185 \text{ Tn}$$

## F) ÁREA DE ACERO

$$A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

ASUMIENDO UN DIAMETRO DE ACERO PARTE INFERIOR

3/4"

Utilizar = 2 Varillas

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

ACERO MINIMO

$$A_{s \text{ min}} = 5.6 \text{ cm}^2 \quad A_{s \text{ min}} = 0.002x b x d$$

ASUMIENDO UN DIAMETRO DE ACERO PARTE SUPERIOR

3/4"

Utilizar = 2 Varillas

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

CORTANTE DE DISEÑO

$$V_{\text{total}} = 0.8 T_n$$

## G) DISEÑO DE ESTRIBOS EN LA SECCION CRITICA

$$\text{CORTANTE RESISTENTE} = V_r > \phi V_n \quad \text{Siendo } \phi = 0.9$$

$$\text{SIENDO } V_n \text{ EL MENOR DE } \begin{cases} V_n = V_c + V_s + V_p \\ V_n = 0.25 x F'c x b x d + V_p \end{cases}$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE

$$V_c = 59.863 T_n \quad V_c = 0.53 \sqrt{F'c} x b x d$$

CORTANTE NOMINAL RESISTENTE DEL ACERO

$$\text{Considerando } \theta = 45^\circ \text{ y } \alpha = 90^\circ$$

ASUME UNA SEPARACION PARA

UTILIZANDO ESTRIBOS  $\phi$  3/8" espaciados a 25 cm

$$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$$

$$V_s = 32.3 T_n$$

ASUME UN DIÁMETRO DE ACERO

HALLANDO COMPONENTE NOMINAL

$$\begin{cases} V_{n1} = 92.2 T_n \\ V_{n2} = 473 T_n \end{cases} \quad V_n \text{ sera el menor de ambos}$$

$$V_n \text{ Final es } = 92.185 T_n$$

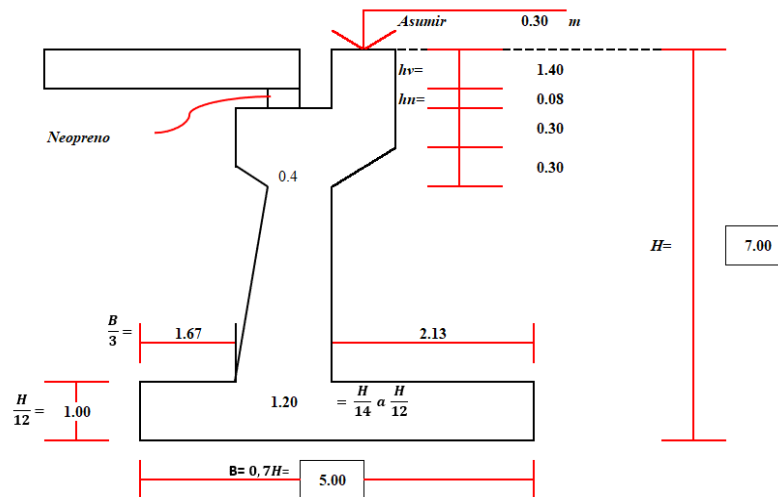
**DISEÑO DE SUB-ESTRUCTURA**  
ESTRIBO DERECHO = ESTRIBO IZQUIERDO

1) DATOS GENERALES		
LUZ LIBRE :	20.00 m	Luz entre los apoyos del puente
Nro de VIAS:	2.00	
Ancho total de la vía	7.20	2 carriles de 3.6 m
Ancho del tablero	7.95 m	Carriles + Barreras de Concreto
Espesor de losa:	0.20 m	
long. losa al apoyo	0.45 m	longitud losa del extremo al apoyo en cajuela
Numero de vigas princip	4.00	solo para el caso de puentes con vigas
Peralte de la viga	1.40	(Peralte de Viga T)
Ancho de la viga	0.50	
Numero de vigas Diafrag	6.00	
Ancho del diafragma	0.20	ancho del diafragma
Ancho de vereda	1.40 m	
Altura de vereda en losa	0.20 m	altura de la vereda desde la losa
Sobrecarga Movil S/C :	LRFD	Carga del Vehiculo
Sobrecar. repart. Vehic:	0.95 t/m2	carga desdistribuida del vehiculo
Resistencia concreto f'c :	280.00 kg/cm	Se asume por durabilidad del Co estribos
Fluencia del acero fy G60 :	4200.00 kg/cm	Acero corrugado losas y estribo
Pesos especifico del Co:	2.50 ton/m3	
Espesor del asfalto	0.05 m	
Peso especifico del asfalto	2.20 ton/m3	
CARACTERISTICAS DEL TERRENO		
Peso especifico del relleno	1.90 ton/m3	
Angulo friccion interna f =	33 grados	estribo derecho
Angulo friccion interna f =	33 grados	estribo izquierdo
Angulo friccion base d =	0 grados	angulo de friccion en la base de cimentacion
Resistencia del suelo qn:	2.60 kg/cm2	
CARACTERISTICAS GEODINAMICA		
Zonificacion sismica Z =	3.00	Ubicacion en el mapa
Factor de aceleracion max =	0.35 g	La aceleracion maxima permitida PGA
Fpga =	1.00	
Parametros geotecnicos :		
Tipo de suelo =	tipo 1	Clase de Sitio B
Periodo de vibracion Tp =	0.40 seg	Periodo predominante
Factor de suelo S =	1.00	

2) PREDIMENSIONAMIENTO

Adoptamos		
H =	7.00 m	altura del estribo
B =	4.67 5.00 m	ancho del cimiento
D =	0.58 1.00 m	Altura del cimientto
Lpunta =	1.67 1.67 m	longitud de punta
Tsup =	0.29 0.40 m	grosor menor de pantalla
Tinf =	0.70 1.20 m	grosor mayor de pantalla
N =	48.15 0.90 m	Longitud de cajuela

Otras medidas tomadas se muestran en el siguiente grafico





3) PROPIEDADES GEOMETRICAS Y MECANICAS

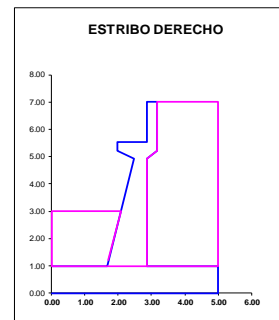
Caso I - Estribo con Puente

Cargas Verticales (considerando 1.00 m. de longitud de estribo)

Cargas DC

Peso Propio estribo de concreto armado (DC)

	COORD. ESTRIBOS		PROPIEDADES GEOMETRICAS Y MECANICAS		COORD. RELLENO	
	X	Y			X	Y
aplicacion (A)	0.00	0.00	AREA ESTR	9.18 m2	2.87	1.00
Ancho de Base	5.00	0.00	X	2.51 m	5.00	1.00
Peralte zapata	5.00	1.00	Y	1.82 m	5.00	7.00
ancho pie	2.87	1.00	F.conc	22.95 Ton	3.17	7.00
	2.87	4.92	M.conc	57.59 Ton-m	3.17	5.22
cajuela	3.17	5.22	M.Inercia Co	41.73 Ton-m	2.87	4.92
	3.17	7.00	AREA RELL	7.76 m2	2.87	1.00
punta	2.87	7.00	X	5.76 m	0.00	1.00
	2.87	5.52	Y	5.28 m	0.00	3.00
	1.97	5.52	F.relleno	14.75 Ton	2.10	3.00
	1.97	5.22	M.relleno	84.94 Ton-m	1.70	1.20
	2.47	4.92	M.Inercia rell	77.82 Ton-m		
	1.67	1.00	M.total (XX)	142.52 Ton-m		
	0.00	1.00	F.total	37.70 Ton		
			M.total (YY)	119.55 Ton-m		
			XX	3.78 m		
			YY	3.17 m		



DC = 22.95 ton/m  
 Xa = 2.51 m Ya = 1.82 m

4) METRADO DE CARGAS PARA LAS CONDICIONES DE CARGA

Peso Propio Superestructura:

tipo	Base/Area	altura/# elem	longitud	Wespecif./s/c	peso
losa	7.95	0.20	20.90	2.50	83.08 Ton
vereda	0.28	2.00	20.90	2.50	29.26 Ton
diafragma	0.02	6.00	6.90	7.85	5.20 Ton
vigas princip	0.06	4.00	20.90	7.85	41.67 Ton

TOTAL = 159.21 Ton

PDC = 10.01 ton/m  
 Xa = 2.33 m

Cargas DW

tipo	Base/Area	altura/# elem	longitud	Wespecif./s/c	peso
carp.asfalto	7.95	0.05	20.90	2.20	18.28 Ton

TOTAL = 18.28 Ton

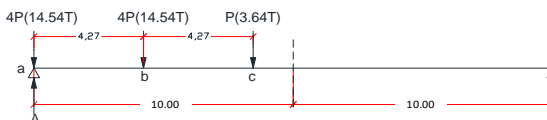
PDW = 1.15 ton/m  
 Xa = 2.33 m

Cargas EV (Peso del Terreno)

EV = 14.75 ton/m  
 Xa = 5.76 m Ya = 5.28 m

Cargas LL+IM

Carga Viva e impacto desde la superestructura



UBICACION DE LA CARGA PARA CORTANTE MAXIMO

L1= 0.00 P= 3.63 Ton  
 L2= 4.27 4P= 14.52 Ton  
 L/2= 10.00 4P= 14.52 Ton  
 L = 20.00

Efectuando equilibrio de fuerzas con respecto a FY

RA + RB = 9P RA + RB = 32.66 Ton

Determinacion del momento con respecto al apoyo A

RB(L)=L2\*4P+(L2+L2)P RB= 4.649 Ton-m  
 RA= 28.012 Ton-m

\*\*Calculo del maximo cortante suponiendo que el tren de carga esta al inicio del puente (a)

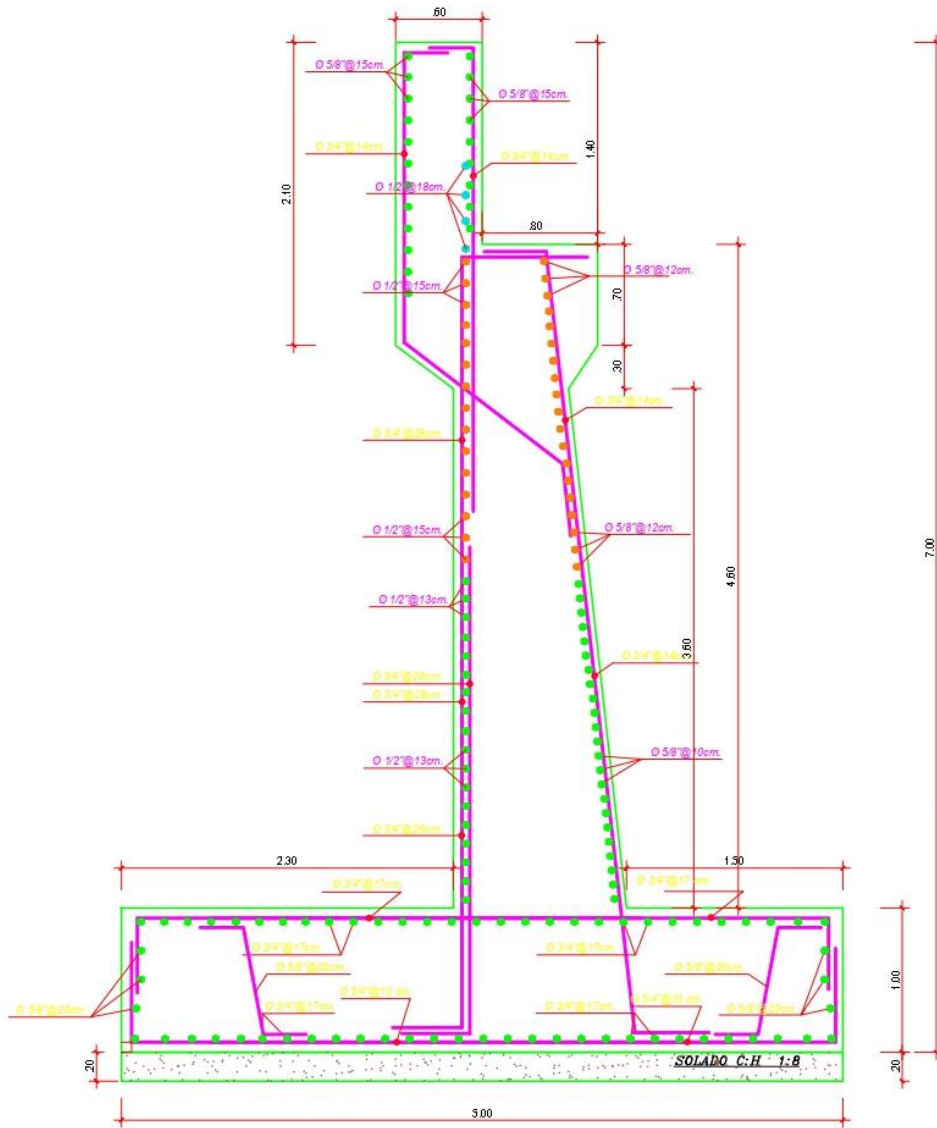
PLL+IM = 10.35 ton/m  
 Xa = 2.33 m

Carga LS (Sobrecarga por carga viva en el terreno)

Altura del muro H (m)	Altura equivalente He (m)
1.50	1.20
3.00	0.90
6.00	0.60
> 6.00	0.60

7.00 Altura del muro (m)  
 Interpolando He (m)= 0.60

LSy = 2.09 ton/m  
 Xa = 4.09 m



**DETALLE DE ESTRIBOS**

ESCALA : 1 / 30

### ANEXO N° 03: TABLAS

**TABLA N°3.1: Datos generales distrito Picsi**

DATOS GENREALES DISTRITO PICSI	
Extensión Territorial	61.59 km <sup>2</sup>
Total de Habitantes	9782 hab
Densidad Poblacional	158.82 hab/km <sup>2</sup>

**Fuente:** Municipalidad distrital de Picsi.

**TABLA N°3.3: Producción Agrícola por temporada**

Producción (t) de los cultivos transitorios y permanentes del distrito de Picsi		
campaña agrícola 2016-2017		
periodo: enero - diciembre		
Distrito	cultivo	2016-2017
Picsi		<b>17,016</b>
	Alfalfa	232
	Algodón Del Cerro	-
	Algodón Delta Píwer	-
	Algodón hazera	-
	Algodón IPA-59	-
	Algodón Pima	-
	Arroz cáscara	16,570
	Arveja G. Seco	-
	Arveja G. Verde	-
	Camote	103
	Caña de Azúcar para azúcar	-
	Frijol Caupí	5
	Frijol grano Seco	-
	Frijol Loctao	-
	Garbanzo	-

	Maíz Amarillo Duro	91
	Pallar Baby	-
	Tara o taya	15
	Zarandaja	-
<b>Total general</b>		<b>17,016</b>
<b>Áreas sembradas (ha) de los cultivos transitorios s del distrito de Picsi</b>		
<b>Distrito</b>	<b>cultivo</b>	<b>2016-2017</b>
<b>Picsi</b>		<b>1,991</b>
	Alfalfa	-
	Algodón Del Cerro	-
	Algodón Delta Píwer	-
	Algodón hazera	-
	Algodón IPA-59	-
	Algodón Pima	-
	Arroz cáscara	1,960
	Arveja G. Seco	-
	Arveja G. Verde	-
	Camote	11
	Caña de Azúcar para azúcar	-
	Frijol Caupí	4
	Frijol grano Seco	-
	Frijol Loctao	-
	Garbanzo	-
	Maíz Amarillo Duro	16
	Pallar Baby	-
	Tara o taya	-
	Zarandaja	-
<b>Total general</b>		<b>1,991</b>

Fuente: Gerencia Regional de Agricultura del Gobierno Regional de Lambayeque.

**Productos agrícolas - Capote - PICSÍ, demanda actual - excedente expor**  
**HECTÁREA**

PRODUCTO	ÁREA	CANTIDAD	PRECIO	EXCEDENTE EXPORTABLE	PRECIO DE EXCEDENTE
ARROZ	1 ha	120 sacos (72kg)	S/. 180 la fanega	95-98% produc.	S/.10,260
CAÑA	1 ha	180 toneladas	S/. 190 la tonelada	100% produc.	S/.34,200
<b>TOTAL</b>					S/.44,460

Fuente: Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico Capote.

**Productos agrícolas - Capote - PICSÍ, PRODUCCIÓN POR**  
**TEMPORADA**

PRODUCTO	PRECIO POR Ha.	Has. SEMBRADAS	TOTAL EN SOLES
ARROZ	S/.10,260	2100 Ha	S/.21,546,000
CAÑA	S/.34,200	1200 Ha	S/.41,040,000
<b>TOTAL</b>			S/.62,586,000

Fuente: Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico Capote.

**TABLA N°3.4: Producción Agrícola por Sécctor Estadístico**

PRINCIPALES CULTIVOS EN EL DISTRITO DE PICSÍ		
campaña agrícola 2016-2017		
periodo: enero - diciembre		
SECTOR ESTADÍSTICO	CULTIVOS	ÁREA SEMBRADA HA.
CAPOTE	Caña de azúcar	800
	Alfafa	6
	Algodón	16
	Arroz	1600
	Maíz Amarillo	30
	Frijol	9
	Frutales	12
	Camote	14
	Algarrobo	5

Fuente: Junta de Ususarios Chancay Lambayeque.

## ANEXO N° 04: IMAGENES

IMAGEN N°4.1: Cuadro resumen de puentes evaluados.

ANEXO 001  
ATENCION DE EMERGENCIAS FEN 2017 - PUENTES

N°	NOMBRE	UBICACIÓN			FECHA	COMISIONADOS	LONGITUD	FICHA
		DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO				
01	PUENTE TABLAZOS	LAMBAYEQUE	CHICLAYO	CHONGOYAPE	No se realizó visita	---	47.30	SI
02	PUENTE MAL PASO	LAMBAYEQUE	FERREÑAFE	PITIPO	30/05/2017	- Ing. Aby Linares - Bach. Ing. Sergio Huamanchumo - Sr. Manuel Chapoñan. - Sr. Artidoro Lupuche	8.70	SI
03	PUENTE LAQUIPAMPA	LAMBAYEQUE	FERREÑAFE	INCAHUASI			48.00	SI
04	PAGAYPUENTE	LAMBAYEQUE	FERREÑAFE	INCAHUASI				NO
05	PUENTE LA OTRA BANDA	LAMBAYEQUE	CHICLAYO	SAÑA	31/05/2017	- Ing. Aby Linares - Est. Norvil - Sr. Oswaldo Curo Monja	37.70	SI
06	PUENTE SORRONGO	LAMBAYEQUE	CHICLAYO	OYOTUN			73.70	SI
07	PUENTE COLLASIQ	LAMBAYEQUE	CHICLAYO	PICSI			30.00	SI
08	PUENTE MAMAGPAMPA	LAMBAYEQUE	FERREÑAFE	CAÑARIS	01/06/2017	- Ing. Aby Linares - Bach. Ing. Sergio Huamanchumo - Sr. Manuel Chapoñan. - Sr. Artidoro Lupuche	18.00	SI

**Fuente:** Dirección de Caminos del Gobierno Regional de Lambayeque, 2018.

## ANEXO N° 05: FOTOGRAFIA

FOTOGRAFÍA N°5.1: Ubicación del proyecto



**Fuente:** Google Earth.

**FOTOGRAFÍA N°5.2: Oficina de la comisión de Usaurios de Capote**



**Fuente: Propia**

**FOTOGRAFÍA N°5.3: Oficina de la comisión de Usaurios de Capote -  
Reunión con el Ingeniero Malca – Jefe de la Comisión**



**Fuente: Propia**

**FOTOGRAFÍA N°5.4: Estado actual del puente Collocsy. (Visita a la zona de estudio)**



**Fuente: Propia.**

**FOTOGRAFÍA N°5.5: Estudios Topográficos – Estación total – Zona de Levantamiento**



**Fuente: Propia**

**FOTOGRAFÍA N°5.6: Estudio de suelos – Muestras Extraídas de campo****FOTOGRAFÍA N°5.7: Ensayos –Laboratorio**

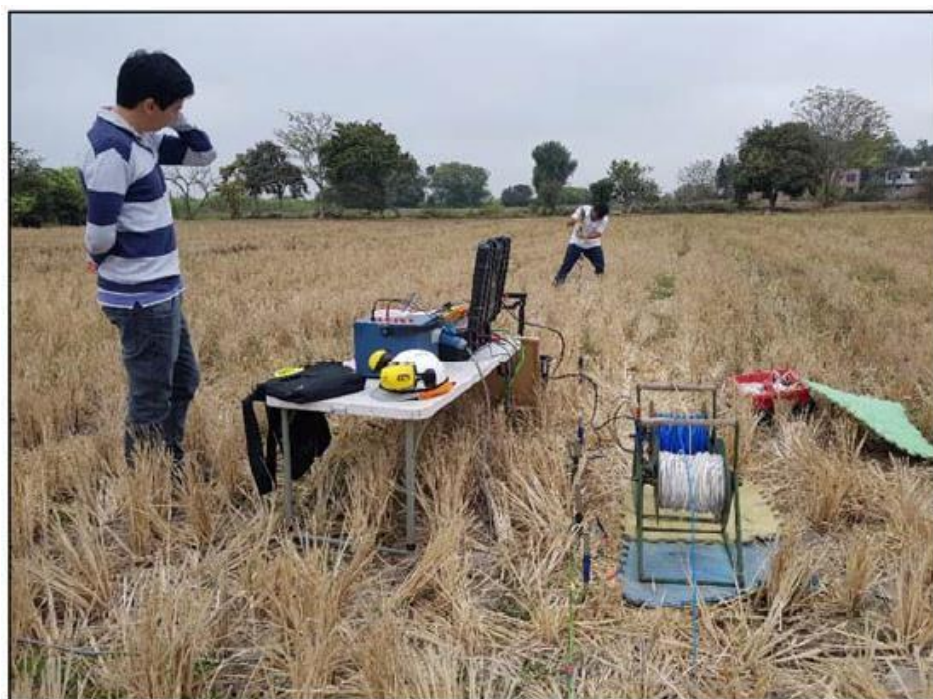
Fuente: Propia

## FOTOGRAFÍA N°5.8: Prospección Geo eléctrica – Instalación de Equipos



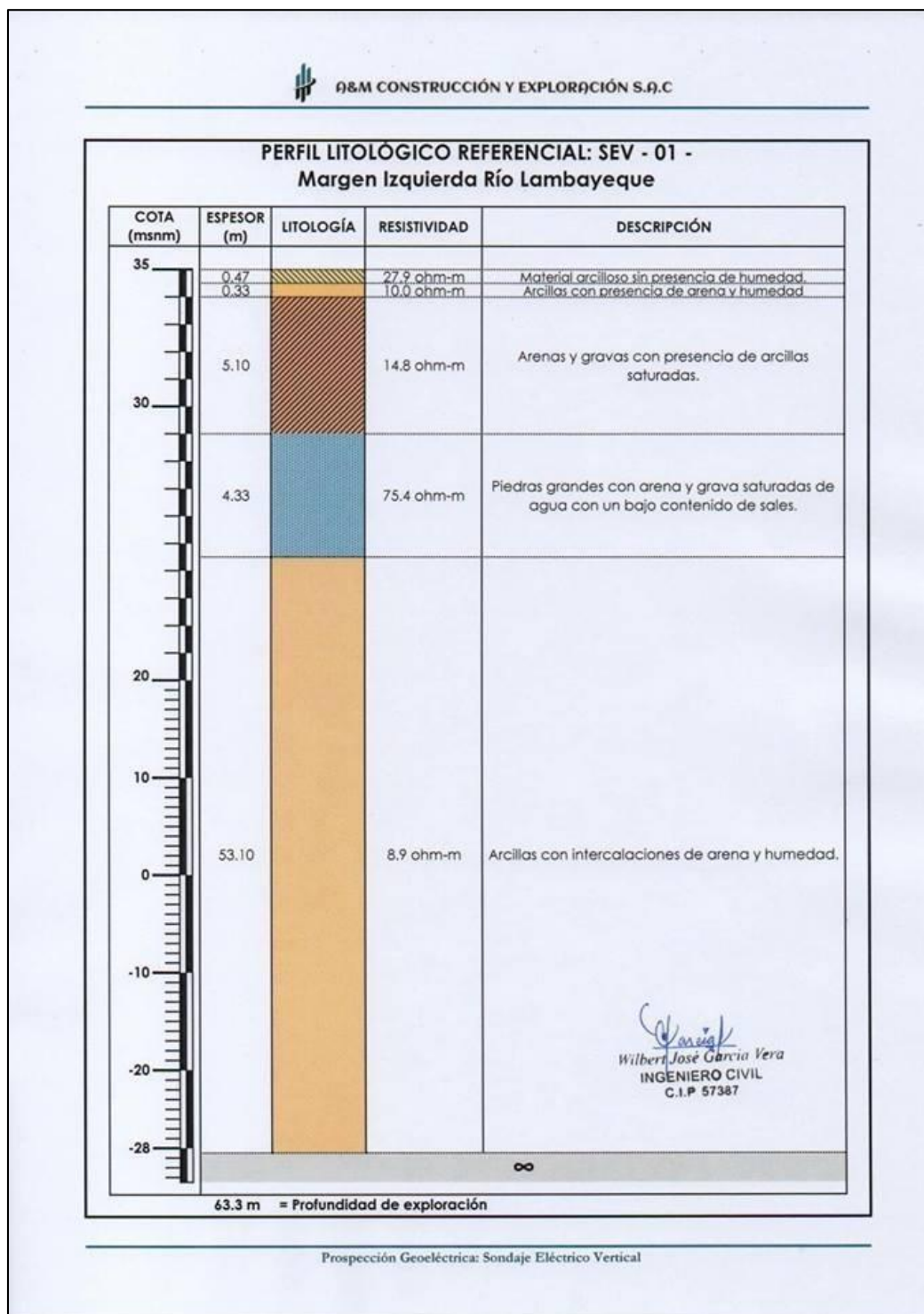
Fuente: Propia

## FOTOGRAFÍA N°5.9: Prospección Geo eléctrica – Ejecución

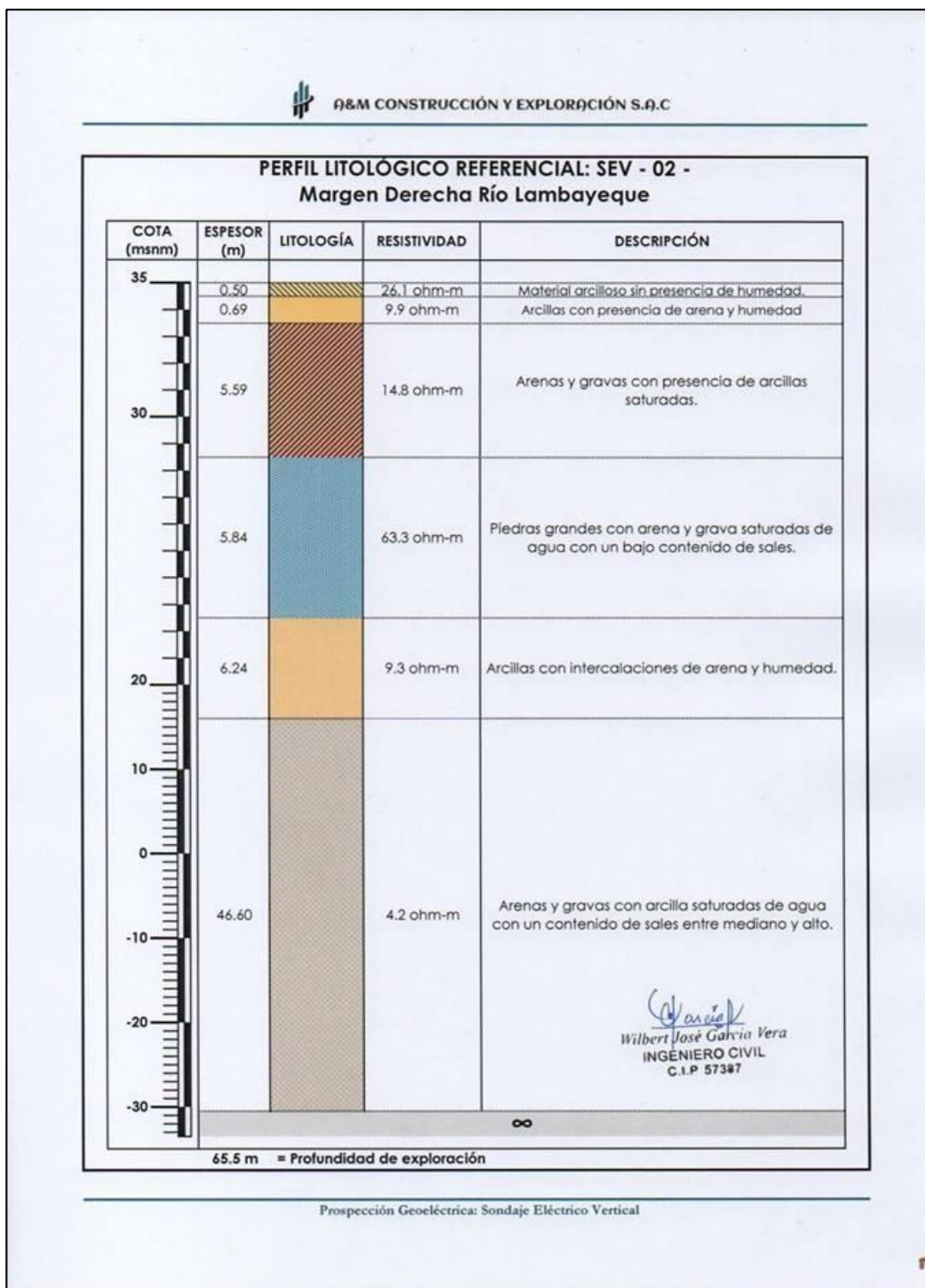


Fuente: Propia

## FOTOGRAFÍA N°5.10: Prospección Geo eléctrica – Resultados Margen Izquierdo del Río Lambayeque




## FOTOGRAFÍA N°5.11: Prospección Geo eléctrica – Resultados Margen Derecho del Río Lambayeque





### FOTOGRAFÍA N°5.13: Plan de presentación de avances

PLAN DE PRESENTACIÓN DE AVANCES CICLO 2018- II			
DATOS GENERALES			
SEMINARIO DE TESIS	I	MODALIDAD DE MATRICULA	REGULAR
TITULO DE TESIS	ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PUENTE COLLOCSY, DISTRITO DE PISCI, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2018.		
ASESOR	ING. MARLON CUBAS ARMAS		
TESISTA	RODOLFO ADRYANZELL IDROGO REGALADO		
HORARIO DE ASESORIA	MIÉRCOLES 9:00 AM - 10:00 AM		
SEMANA	ENTREGABLE		% AVANCE
1	Exposición breve del proyecto de tesis presentación de planos		0%
2	27/08 - 31/08	Presentación de planos	0.00%
3	03/09 - 07/09	Estudios hidrológicos	15.00%
4	10/09-14/09	Estudios Hidráulicos	20.00%
5	17/09-21/09	Estudio de Tráfico	35.00%
6	24/09-28/09	Estudio de Mecánica de suelos	40.00%
7	01/10-05/10	Evaluación de la mejor alternativa del Puente definitivo	50%
8	08/10-12/10	PRESENTACIÓN AL 50%	50.00%
9	15/10-19/10	Definición del tipo y material del puente	60.00%
10	22/10-26/10	Modelamiento y análisis estructural del puente	65.00%
11	29/10-02/11	Modelamiento y diseño estructural de los elementos de	70.00%
12	05/11-09/11	PRESENTACIÓN AL 70 %	70.00%
13	12/11-16/11	Presentamiento de Observaciones	70.00%

  
 Firma del Asesor