

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Diseño estructural de un puente tipo viga-losa ubicado en el  
centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco - 2022”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR: Rodriguez Ruiz, Carlos Romario**

**ASESOR: Jacha Rojas, Johnny Prudencio**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2023**

U

D

H



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO  
<http://www.udh.edu.pe>

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Estructuras

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71960289

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40895876

Grado/Título: Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información

Código ORCID: 0000-0001-7920-1304

### DATOS DE LOS JURADOS:

| Nº | APELLIDOS<br>Y<br>NOMBRES                        | GRADO                                                                                     | DNI      | Código<br>ORCID         |
|----|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------|
| 1  | Lambruschini<br>Espinoza,<br>Reyder<br>Alexander | Título oficial de máster<br>universitario en<br>ingeniería hidráulica y<br>medio ambiente | 45250659 | 0000-0003-<br>0701-2621 |
| 2  | Guarniz<br>Flores, Joel<br>Luis                  | Maestro en ingeniería,<br>con mención en:<br>gestión ambiental y<br>desarrollo sostenible | 46064394 | 0000-0003-<br>1651-8683 |
| 3  | Taboada<br>Trujillo,<br>William Paolo            | Maestro en medio<br>ambiente y desarrollo<br>sostenible, mención<br>en gestión ambiental  | 40847625 | 0000-0002-<br>4594-1491 |

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
(A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día miércoles 26 del mes de abril del año 2023, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

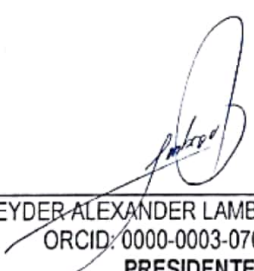
|                                            |              |
|--------------------------------------------|--------------|
| MG. REYDER ALEXANDER LAMBRUSCHINI ESPINOZA | (PRESIDENTE) |
| MG. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES               | (SECRETARIO) |
| MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO         | (VOCAL)      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 794-2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE TIPO VIGALOSA UBICADO EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO, AMARILIS - HUÁNUCO - 2022", presentado por el (la) Bach. Carlos Romario RODRIGUEZ RUIZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) aprobado por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de suficiente (Art 47)

Siendo las 16:50 horas del día 26 del mes de abril del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. REYDER ALEXANDER LAMBRUSCHINI ESPINOZA  
ORCID: 0000-0003-0701-2621  
**PRESIDENTE**



MG. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES  
ORCID: 0000-0003-1651-8683  
**SECRETARIO**



MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO  
ORCID: 0000-0002-4594-1491  
**VOCAL**



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, ...Johnny Prudencio JACHA ROJAS..... ,  
asesor(a) del PA Ingeniería Civil..... y designado(a)  
mediante documento ..RESOLUCIÓN N° 974-2022-D-FI-UDH..... del (los)  
estudiante(s) ..... **RODRIGUEZ RUIZ CARLOS ROMARIO**.....

....., de  
la investigación titulada:

..... **DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE TIPO VIGA-LOSA UBICADO EN EL  
CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO, AMARILIS - HUÁNUCO -2022**.....

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del .....<sup>25</sup> %  
verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el  
Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no  
constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de  
Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime  
conveniente.

Huánuco, 03... de OCTUBRE de 2023

  
 Johnny P. Jacha Rojas  
INGENIERO DE SISTEMAS  
Mg. Jacha Rojas Johnny Prudencio  
DNI: 40895876  
ORCID. 0000-0001-7920-1304  
Asesor

## REVISIÓN POS-SUSTENTACIÓN

### INFORME DE ORIGINALIDAD

|                     |                     |               |                         |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 25%                 | 24%                 | 4%            | 9%                      |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

### FUENTES PRIMARIAS

|   |                                      |     |
|---|--------------------------------------|-----|
| 1 | hdl.handle.net                       | 12% |
|   | Fuente de Internet                   |     |
| 2 | repositorio.udh.edu.pe               | 4%  |
|   | Fuente de Internet                   |     |
| 3 | distancia.udh.edu.pe                 | 3%  |
|   | Fuente de Internet                   |     |
| 4 | Submitted to Universidad Continental | 1%  |
|   | Trabajo del estudiante               |     |
| 5 | repositorio.unp.edu.pe               | 1%  |
|   | Fuente de Internet                   |     |
| 6 | Submitted to Universidad de Huanuco  | 1%  |
|   | Trabajo del estudiante               |     |
| 7 | repositorio.continental.edu.pe       | 1%  |
|   | Fuente de Internet                   |     |
| 8 | repositorio.unheval.edu.pe           | 1%  |
|   | Fuente de Internet                   |     |
| 9 | repositorio.unsa.edu.pe              | <1% |
|   | Fuente de Internet                   |     |



Johnny P. Jacha Rojas  
INGENIERO DE SISTEMAS  
CIP N° 146207

Mg. Jacha Rojas Johnny Prudencio  
DNI: 40895876  
ORCID. 0000-0001-7920-1304  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A Dios por jamás alejarse de mí, y guiarme en cada paso que doy.

A mi mamá y mi papá por su amor incondicional, apoyó e inquietud constante en formarme como un hombre de bien y un excelente profesional.

A mi Hijito Carlos Raul, por ser un hermoso hijo y por quien es el motivo de ser cada día mejor.

A mis hermanitas Giovana y Valentina por estar constantemente apoyándome.

A mi asesor Mg. Johnny P. JACHA ROJAS por brindarme el apoyo y asesoramiento necesario para poder realizar esta presente tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi padre, madre, hermanas, mi hijito, y demás familiares por su apoyo incondicional durante toda nuestra vida universitaria.

Al Mg. Johnny P. JACHA ROJAS, por su constante asesoría y apoyo en el desarrollo de esta tesis.

A los docentes de la escuela de Ingeniería Civil, por los conocimientos otorgados durante toda nuestra fase universitaria.

A nuestros propios compañeros y amigos, por regalarnos su paciencia e incommensurable amistad.

## ÍNDICE

|                                              |      |
|----------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA .....                            | II   |
| AGRADECIMIENTO .....                         | III  |
| ÍNDICE.....                                  | IV   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                       | VII  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                       | IX   |
| RESUMEN .....                                | XII  |
| ABSTRACT .....                               | XIII |
| INTRODUCCIÓN .....                           | XIV  |
| CAPÍTULO I.....                              | 16   |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....              | 16   |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....           | 16   |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....          | 17   |
| 1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....                | 17   |
| 1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....            | 17   |
| 1.3. OBJETIVOS.....                          | 17   |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....                | 17   |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....           | 17   |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... | 18   |
| 1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....          | 18   |
| 1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....           | 18   |
| 1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....       | 18   |
| 1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 19   |
| 1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....     | 19   |
| CAPÍTULO II.....                             | 20   |
| MARCO TEÓRICO .....                          | 20   |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 20   |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....    | 20   |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....         | 22   |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....             | 24   |
| 2.2. BASES TEÓRICAS .....                    | 24   |
| 2.2.1. DEFINICIÓN DE LOS PUENTE.....         | 24   |
| 2.2.2. TIPOS DE PUENTES.....                 | 30   |

|                                      |                                                          |    |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|----|
| 2.2.3.                               | ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....                            | 36 |
| 2.2.4.                               | CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS .....                   | 38 |
| 2.3.                                 | DEFINICIONES CONCEPTUALES .....                          | 62 |
| 2.4.                                 | HIPÓTESIS.....                                           | 63 |
| 2.4.1.                               | HIPÓTESIS GENERAL .....                                  | 63 |
| 2.5.                                 | VARIABLES.....                                           | 63 |
| 2.5.1.                               | VARIABLE DEPENDIENTE .....                               | 63 |
| 2.5.2.                               | VARIABLE INDEPENDIENTE.....                              | 63 |
| 2.6.                                 | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....                     | 64 |
| CAPÍTULO III .....                   |                                                          | 65 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... |                                                          | 65 |
| 3.1.                                 | TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                              | 65 |
| 3.1.1.                               | ENFOQUE .....                                            | 65 |
| 3.1.2.                               | ALCANCE O NIVEL .....                                    | 65 |
| 3.1.3.                               | DISEÑO .....                                             | 65 |
| 3.2.                                 | POBLACIÓN Y MUESTRA .....                                | 65 |
| 3.2.1.                               | POBLACIÓN .....                                          | 65 |
| 3.2.2.                               | MUESTRA.....                                             | 65 |
| 3.3.                                 | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE<br>DATOS ..... | 66 |
| 3.3.1.                               | PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....                        | 66 |
| 3.3.2.                               | PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....                       | 67 |
| 3.3.3.                               | PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS<br>DATOS .....  | 68 |
| CAPÍTULO IV.....                     |                                                          | 69 |
| RESULTADOS.....                      |                                                          | 69 |
| 4.1.                                 | PROCESAMIENTO DE DATOS .....                             | 69 |
| 4.1.1.                               | IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR .....                           | 69 |
| 4.1.2.                               | GEOMETRÍA PARA EL DISEÑO DEL PUENTE .....                | 69 |
| 4.1.3.                               | MATERIALES DEL PUENTE .....                              | 70 |
| 4.1.4.                               | PREDIMENSIONAMIENTO DE LA SUPERESTRUCTURA ....           | 70 |
| 4.1.5.                               | METRADO DE LAS CARGAS .....                              | 72 |
| 4.1.6.                               | ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PUENTE .....                    | 73 |
| 4.1.7.                               | DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA .....                       | 89 |

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.8. DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA .....                                                 | 113 |
| 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE<br>HIPÓTESIS .....                          | 120 |
| CAPÍTULO V.....                                                                         | 121 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                                                            | 121 |
| 5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL<br>TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ..... | 121 |
| CONCLUSIONES .....                                                                      | 124 |
| RECOMENDACIONES.....                                                                    | 125 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                         | 126 |
| ANEXOS.....                                                                             | 129 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|          |                                                                   |     |
|----------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1  | Rango de luces según el tipo de estructura .....                  | 28  |
| Tabla 2  | Pesos unitarios .....                                             | 39  |
| Tabla 3  | Factores de carga viva.....                                       | 42  |
| Tabla 4  | Factores de presencia múltiple “m” .....                          | 43  |
| Tabla 5  | Fracción de camiones en una línea .....                           | 44  |
| Tabla 6  | Fracción de camiones en el tráfico .....                          | 45  |
| Tabla 7  | Valores de $V_0$ y $Z_0$ .....                                    | 50  |
| Tabla 8  | Valores de PB correspondientes a $V_B = 160$ Km/h.....            | 50  |
| Tabla 9  | Coefficiente $C_d$ .....                                          | 51  |
| Tabla 10 | Importancia de la categoría para determinar cargas sísmicas ..... | 53  |
| Tabla 11 | Zonas sísmicas .....                                              | 53  |
| Tabla 12 | Coefficientes de lugar “S” .....                                  | 54  |
| Tabla 13 | Tipos de suelo.....                                               | 54  |
| Tabla 14 | Factores de modificación de respuesta-Subestructuras .....        | 55  |
| Tabla 15 | Factores de respuesta-Conexiones .....                            | 56  |
| Tabla 16 | Factores de conexión en la zona sísmica .....                     | 57  |
| Tabla 17 | Rangos de Temperatura .....                                       | 59  |
| Tabla 18 | Gradientes de temperatura en °C .....                             | 60  |
| Tabla 19 | Sistema de variables-dimensiones e indicadores. ....              | 64  |
| Tabla 20 | Ensayos de Laboratorio .....                                      | 66  |
| Tabla 21 | Metrado de la viga principal- franja interior .....               | 73  |
| Tabla 22 | Metrado de la franja interior y viga principal.....               | 74  |
| Tabla 23 | Combinaciones de carga y factores de carga .....                  | 75  |
| Tabla 24 | Factores de carga permanentes .....                               | 76  |
| Tabla 25 | Momentos Negativos según la luz del puente.....                   | 81  |
| Tabla 26 | Tabla de comparación del método A y B .....                       | 81  |
| Tabla 27 | Momentos por carga en “A” .....                                   | 82  |
| Tabla 28 | Momentos negativos .....                                          | 85  |
| Tabla 29 | Comparación del método A y B .....                                | 85  |
| Tabla 30 | Resumen por cargas en A .....                                     | 86  |
| Tabla 31 | Resumen de momentos en la franja de borde .....                   | 89  |
| Tabla 32 | Momentos resistentes .....                                        | 116 |

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 33 Resumen de momentos del puente .....                                  | 122 |
| Tabla 34 Cuadro de resumen de deflexión del puente .....                       | 122 |
| Tabla 35 Cuadro de momentos últimos del puente.....                            | 122 |
| Tabla 36 Dimensiones de la superestructura y subestructura del<br>puente ..... | 123 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Alineación de la vía con respecto al río .....               | 25 |
| Figura 2 Alineación de pilas y estribos.....                          | 25 |
| Figura 3 Características hidráulicas del flujo bajo un puente .....   | 27 |
| Figura 4 Puente de Concreto Armado .....                              | 31 |
| Figura 5 Puente de madera .....                                       | 31 |
| Figura 6 Puente de mampostería.....                                   | 32 |
| Figura 7 Puente de acero .....                                        | 32 |
| Figura 8 Puente de sección compuesta.....                             | 33 |
| Figura 9 Puente concreto preesforzado.....                            | 33 |
| Figura 10 Puente peatonal.....                                        | 34 |
| Figura 11 Puente Carretero .....                                      | 34 |
| Figura 12 Puente ferroviario .....                                    | 35 |
| Figura 13 Losa cargada en la dirección transversal al tráfico .....   | 36 |
| Figura 14 Losa cargada en la dirección del tránsito.....              | 36 |
| Figura 15 Tipos de vigas.....                                         | 37 |
| Figura 16 Sistemas de apoyos.....                                     | 38 |
| Figura 17 Cargas de diseño de AASHTO .....                            | 41 |
| Figura 18 Línea de diseño .....                                       | 43 |
| Figura 19 Fuerzas de frenado.....                                     | 46 |
| Figura 20 Cargas en barandas peatonales.....                          | 47 |
| Figura 21 Fuerzas debidas a los fluidos .....                         | 48 |
| Figura 22 Perfil de velocidad .....                                   | 49 |
| Figura 23 Mapa de aceleraciones del Perú .....                        | 55 |
| Figura 24 Temperatura que induce dilatación.....                      | 59 |
| Figura 25 Gradientes de Temperatura.....                              | 60 |
| Figura 26 Para la presentación de datos .....                         | 68 |
| Figura 27 Carga de puente .....                                       | 69 |
| Figura 28 Carga de corte transversal del puente .....                 | 70 |
| Figura 29 Proceso de diseño de puente viga-losa.....                  | 71 |
| Figura 30 Detalle transversal del puente .....                        | 76 |
| Figura 31 Carga distribución del peso propio de la losa-SAP2000 ..... | 77 |
| Figura 32 Momento del peso propio de la losa-SAP2000.....             | 77 |

|                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 33 Carga de peso de las barandas .....                                                | 78  |
| Figura 34 Momento por carga de vereda-SAP2000.....                                           | 78  |
| Figura 35 Carga repartida de la carga de rodadura-SAP2000.....                               | 78  |
| Figura 36 Diagrama de momentos por carga de rodadura-SAP2000.....                            | 79  |
| Figura 37 Cargas puntuales por carga viva crítica-SAP2000 .....                              | 79  |
| Figura 38 Diagrama de momentos resultante en la losa por carga viva<br>crítica-SAP2000 ..... | 79  |
| Figura 39 Momento de la C.M a 1.59 m.....                                                    | 83  |
| Figura 40 Momento de la C.M a 1.59m.....                                                     | 84  |
| Figura 41 Momento a una distancia de 1.59 m .....                                            | 84  |
| Figura 42 Momento flector resultante para la carga viva .....                                | 85  |
| Figura 43 Peralte efectivo del tablero .....                                                 | 90  |
| Figura 44 Peralte efectivo del tablero .....                                                 | 92  |
| Figura 45 Acero longitudinal .....                                                           | 94  |
| Figura 46 Esfuerzo del acero .....                                                           | 96  |
| Figura 47 Esfuerzo del acero .....                                                           | 98  |
| Figura 48 Acero negativo de la viga.....                                                     | 99  |
| Figura 49 Carga de camión .....                                                              | 104 |
| Figura 50 Diseño por corte.....                                                              | 107 |
| Figura 51 Carga muerta distribuida.....                                                      | 108 |
| Figura 52 Carga de rodadura distribuida .....                                                | 108 |
| Figura 53 Carga viva distribuida “camión de diseño” .....                                    | 109 |
| Figura 54 Carga viva distribuida “Tándem” .....                                              | 109 |
| Figura 55 Carga viva distribuida “Carga de carril” .....                                     | 110 |
| Figura 56 Detalle transversal del diseño de viga .....                                       | 113 |
| Figura 57 Pre-dimensionamiento de las dimensiones del estribo .....                          | 114 |
| Figura 58 Cargas aplicadas a un estribo .....                                                | 115 |
| Figura 59 Carga aplicada del s. base del estribo .....                                       | 118 |
| Figura 60 Presiones presentes del suelo .....                                                | 119 |
| Figura 61 Plano de ubicación.....                                                            | 131 |
| Figura 62 Plano estructural 1 .....                                                          | 132 |
| Figura 63 Plano estructural 2 .....                                                          | 133 |
| Figura 64 Plano estructural 3 .....                                                          | 134 |
| Figura 65 Ficha de análisis granulométrico del suelo .....                                   | 135 |

|           |                                     |     |
|-----------|-------------------------------------|-----|
| Figura 66 | Ficha de Contenido de Humedad ..... | 136 |
| Figura 67 | Ficha de Limite Liquido .....       | 137 |
| Figura 68 | Ficha de Limite Plástico .....      | 138 |
| Figura 69 | Ficha de Peso especifico .....      | 139 |

## RESUMEN

La presente tesis titulada “Diseño estructural de un puente tipo viga-losa ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022”, tiene por finalidad realizar el diseño estructural de un puente tipo Viga-losa de 12m de luz, ubicado en el centro poblado Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022, La metodología empleada para la elaboración de la presente tesis para el correcto análisis y diseño del puente tipo viga-losa consistió en realizar el análisis y diseño de manera detallada aplicando el manual de puentes de MTC, se comenzó con el diseño de la superestructura y posteriormente se realizó el diseño de la subestructura. El proceso de redacción de la tesis consta de tres fases: a) prediseño de tableros o losas y vigas; b) análisis de cargas aplicadas a tableros, vigas y bermas; y c) diseño de tableros, vigas y bermas. Aquí está el resultado final que obtuve: 1) Las dimensiones finales del elemento final son espesor de losa 20 cm, ancho de calzada 7,80 m, ancho de arcén 90 cm, dimensiones de estribo o subestructura (ancho de estribo) cimentación 2,5 m, peralte 60 cm, talón 30 cm, ancho de pie 30 cm, altura del estribo 3,8 m), se validó el cálculo del momento flector con el software SAP200, dando los siguientes resultados: Momento de rotura calculado manualmente del tándem de diseño  $M_u=60,65 \text{ Tn-m}$ ,  $M_u=60,61 \text{ Tn-m}$  para programas SAP. Momento de rotura calculado manualmente del camión de construcción  $M_u= 61,5 \text{ Tn-m}$ , programa SAP  $M_u= 60,05 \text{ Tn-m}$ . Momento máximo de carga del carril calculado manualmente  $M_u = 17,5 \text{ Tn-m}$ , utilizando el programa SAP  $M_u = 17,5 \text{ Tn-m}$ , desviación máxima de valores inferior al 0,5% para todos los cálculos y 3) Para el diseño , en la zona central que se encuentra paralelo al tráfico se empleara acero de  $1/2'' @ 25 \text{ cm}$  y un acero de distribución de  $1/2'' @ 25 \text{ cm}$  y acero de temperatura de  $3/4 @ 0.30 \text{ m}$  y para las vigas se tendrá que emplear 12 aceros de  $1''$ .

**Palabras clave:** Viga-losa, diseño estructural, Huánuco, Manual de puentes MTC.

## ABSTRACT

This thesis entitled "Structural design of a beam-slab bridge located in the town of Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco - 2022", aims to perform the structural design of a 12m span beam-slab bridge, located in the town of Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco - 2022, The methodology used for the development of this thesis for the correct analysis and design of the beam-slab bridge consisted of performing the analysis and design in detail by applying the MTC bridge manual, starting with the design of the superstructure and then the design of the substructure. The thesis development process consisted of three phases: a) Pre-dimensioning of the deck or slab and beams, b) analysis of the loads applied to the deck, beams and berm, and c) Design of the deck, beams and berm. The final results obtained were the following: 1) The final dimensions of the final elements are: thickness of the slab 20 cm, width of the track 7.80 m, width of the berm 90cm, dimensions of the abutment or substructure (width of the foundation 2.5m, superelevation 60cm), cant 60cm. 5m, cant 60cm, heel 30cm and toe width 30cm, abutment height 3.8m), the calculations of the bending moments were verified using the SAP200 software where the following results were obtained: ultimate moment of the design tandem calculated manually  $M_u=60.65 \text{ Tn-m}$ , with the SAP program  $M_u=60.61 \text{ Tn-m}$ . Ultimate moment of the design truck calculated manually  $M_u=61.5 \text{ Tn-m}$ , with the SAP program  $M_u=60.05 \text{ Tn-m}$ . 3) In the design, the steels in the most critical zone, which is the central part of the deck, were reinforced with main steels parallel to traffic of  $1/2" @ 25 \text{ cm}$ , distribution steel of  $1/2" @ 25 \text{ cm}$  and temperature steel of  $3/4 @ 0.30 \text{ m}$  and for the beams, 12 steels of 1" will have to be used.

**Keywords:** Beam-slab, structural design, Huánuco, MTC Bridge Manual.

## INTRODUCCIÓN

Dado que la infraestructura de un territorio es un aspecto fundamental, y por infraestructura se entiende la estructura de un lugar como la vida privada, este trabajo involucra la investigación y diseño de puentes, tratando de resolver la necesidad de conectividad, incluye la creación de Permite a las personas interactuar económica y socialmente .

Toda infraestructura se realiza con el propósito de solucionar las necesidades y mejorar la calidad de vida humana, por lo que esta tesis comprende el análisis y diseño de un puente tipo viga-losa , el cual busca solucionar el problema que presenta actualmente el puente construido en el centro poblado de Jacao Bajo del distrito de Amarilis , ya que este puente fue construido por los mismos pobladores de la zona para buscar una solución alternativa pero actualmente representa un peligro para los pobladores. La presente tesis tiene como objetivo desarrollar y contribuir a los lineamientos de diseño de puentes en viga-losa utilizando la filosofía LRFD, la cual fue adoptada e incorporada en el Manual de Diseño de Puentes. En este contexto, este estudio se resume en cinco capítulos.

En el capítulo I se presenta el planteamiento del estudio, los objetivos y las justificaciones.

El Capítulo II presenta un marco teórico para puentes de tablonos de vigas basado en el Manual de puentes.

El Capítulo III describe la metodología utilizada, la elección del tipo de puente, la recolección de población y muestra, y los métodos y herramientas para la recolección de datos.

En el Capítulo IV se determinan las posiciones para luego realizar los cálculos estáticos, diseño básico, mediciones de carga.

El Capítulo V contiene una descripción de los resultados obtenidos en el Capítulo IV y un cuadro comparativo de los resultados de última hora obtenidos con el programa SAP y el diseño real. También se presentan

conclusiones, recomendaciones, apéndices, esquemas y referencias utilizadas en el trabajo.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En nuestro país, el Perú, en el contexto de crecimiento socioeconómico, mejora de la infraestructura vial e incluso ante fenómenos naturales, en las últimas décadas surgió la necesidad de realizar Tipos de puentes ya sean tipo losa, vigas-losa, puentes reticulados, puentes colgantes , arcos y cables.

El canal de riego que cruza los límites de los centros poblados El Arsenal, Jancao , Bueno aires y la Pedrosa los cuales pertenecen al distrito de amarilis , región Huánuco. Este canal de riego que beneficia a más de 2000 familias los cuales basan su economía en el sector agrario, debido a ello en los finales de la década de los 90' se construyó un puente peatonal con métodos hoy en día obsoletos y pocos seguros. Esta estructura en los últimos años debido al lluvias intensas que presenta la región de Huánuco representa un peligro latente para la población ya que puede colapsar en cualquier momento.

Partiendo de las premisas mencionadas anteriormente y la necesidad de proteger a los usuarios de esta estructura, además de mejorar la calidad de vida de los habitantes del centro poblado de Jancao Bajo, en proponer realizar mejorar la infraestructura del puente existente en el centro poblado de Jancao Bajo.

En donde es problema a desarrollar es : “Diseño Estructural De Un Puente Tipo Viga-Losa Ubicado En El Centro Poblado De Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022” , esto se plantea realizar a través de la aplicación de normas esenciales para el diseño de puentes. Se asumirán las condiciones topográficas y geotécnicas correspondientes al área del puente. Para el diseño se utilizarán las sobrecargas correspondientes al vehículo HL-93 y todas las especificaciones especificadas en la norma AASHTO y el Manual de Diseño de Puentes elaborado por el MTC. La propuesta de proyecto se realiza en el marco de lineamientos técnicos, sociales y económicos donde la

necesidad radica en solucionar el problema de la transportabilidad del tránsito vial, de los centros poblados de Jancao Bajo y Buenos Aires.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo realizar el diseño estructural de la superestructura y subestructura de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cómo predimensionar las vigas principales y vigas diafragma para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022?
- ¿De qué manera se podrá analizar las vigas principales y vigas diafragma para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022?
- ¿De qué manera se podrá analizar los estribos del puente para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar el diseño estructural de la superestructura y subestructura de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Predimensionar las vigas principales y vigas diafragma para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022.

- Analizar las vigas principales y vigas diafragma para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022.
- Analizar los estribos del puente para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Este trabajo de investigación orientado a mejorar la calidad de vida del centro poblado Jancao Bajo-Amarilis-Huánuco, ya que se tomó en un puente provisional elaborado por los mismos residentes de la zona existente en la zona la cual no cuenta con los requerimientos mínimos de diseño, por lo que se buscara mejorar este puente que sirve como vía de conexión entre dos urbanizaciones y también sirve como medio de transporte para niños y adolescentes para poder llegar a sus instituciones educativas de manera segura.

##### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Este trabajo brindara conocimientos sobre los pasos necesarios para un correcto diseño de los puentes tipo Viga-Losa, mediante el empleo del manual de puentes y el método de diseño LRFD. La obra ayudara en definitiva a todos los profesionales del campo de la ingeniería civil y otras profesiones afines, enriqueciendo sus conocimientos en el diseño de puentes tipo viga-losa.

##### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

El presente trabajo de investigación busca servir como una guía para el análisis y diseño estructural de los elementos que participan en un puente tipo Viga-Losa con el método LRFD, ya que actualmente en la localidad de Huánuco no se cuenta con investigaciones referente a

este tipo de estructuras, las cuales son un elemento muy fundamental para el desarrollo urbano.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El coronavirus fue uno de las principales limitaciones presentes en la investigación ya que debido a ello no se pudo recurrir a bibliotecas locales y se optó por la adquisición libros electrónicos.

Otra dificultad fue la ausencia de antecedentes locales referente al diseño de este tipo de estructuras por lo que se optó por referencias nacionales e internacionales para realizar un correcto modelo del diseño del puente tipo Viga-losa.

### **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación aportara a futuras investigaciones locales acerca del diseño estructural de puentes tipo viga-losa aplicando el manual de puentes y el Reglamento Nacional de Edificaciones, en este proyecto se busca mejorar el diseño de este tipo de estructuras para un uso funcional y seguro para los habitantes del centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis, Huánuco.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Osorio (2018) en su tesis titulado: “Diseño estructural de un puente de 72 metros de luz”; presentada a la Universidad De Los Andes ; De acuerdo con los requisitos de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD en el diseño y evaluación de estructuras de puentes, deben cumplir con ciertos requisitos básicos tales como: seguridad, utilidad, deformación, edificabilidad y economía. De acuerdo con estos parámetros, el diseño estructural del puente debe diseñarse como parte de un estudio integral de todas las variables. Con base en los requisitos anteriores y los requisitos establecidos por el programa de maestría en ingeniería civil para la presentación de un proyecto de grado, este documento proporciona un análisis y evaluación de las características estructurales del puente vehicular. En este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones: El diseño de puentes vehiculares presenta un reto importante tanto en cuanto al diseño como al análisis, diseño, construcción y operación de la estructura. La estructura analizada en este proyecto tiene una serie de consideraciones importantes a analizar, como la ubicación en una zona de alto riesgo, las anomalías geométricas tanto en planta como en elevación, y la combinación de materiales estructurales como el hormigón armado y las estructuras de acero. De acuerdo a lo estudiado en este proyecto, lo más recomendable para analizar este tipo de estructuras es utilizar modelos refinados, ya que pueden existir diferencias significativas en las estimaciones de fuerzas y desplazamientos con el uso de modelos simplificados.

Medina (2017) en su tesis titulado: “*Análisis y diseño estructural en acero y concreto armado de puente peatonal para el cruce al fraccionamiento San José de la Mina en Uruapan, Michoacán*”;

presentada a la Universidad Don Vasco A.C ; la tesis abordara el tema del diseño de un puente peatonal, empleando el manual de diseño de puentes del 2010, donde nos dice que este tipo de estructura es diseñada para librar un paso vehicular o en un cauce de un rio, esta tesis nace debido a la necesidad de la población ya que en lugar existe la carencia de señales de tránsito por parte de los automovilistas y existe un alto nivel de congestión vehicular en horas punta por lo que se veo en la necesidad de diseñar un puente peatonal para esta intersección. En este trabajo se extraen las siguientes conclusiones: según el manual de puentes se debe estimar el peso de la carga viva el cual fue de 415 kg/m<sup>2</sup>, también debemos resaltar que el diseño de este tipo de estructuras para la ciudad de México varía según la región donde se ubique el proyecto así que debemos tener en cuenta estos parámetros que nos indica la norma de diseño de puentes de México, puente contar con un claro de 28 metros de luz y una altura total de 4 metros libre para el tránsito de los vehículos, el ancho de los escalones o escaleras será de 1.5 metros los cuales tendrás barandas metálicas en sus extremos.

Valenzuela (2019) en su tesis titulado: "Análisis De Costos Y Eficiencia Técnica De Vigas Para Superestructuras De Puentes De Diferentes Luces En Hormigón Presforzado Y Hormigón Armado"; presentada a la Pontifica Universidad Católica del Ecuador ; En este plan de titulación se ha estudiado el diseño para vigas de superestructuras de puentes bajo la normativa AASHTO LRFD 2014 la cual rige el diseño de estas construcciones en nuestra región, se ha comparado la estabilidad estructural de las vigas y además el precio de las mismas llevando a cabo el diseño usando hormigón armado y hormigón presforzado usando numerosas luces para hacer esa comparación. Los resultados que se han obtenido del análisis se muestran en el capítulo cuarto en donde se ha llegado a varias conclusiones que van a servir al instante de tomar una elección sobre el material a usar para un plan de un puente en funcionalidad de la luz del mismo. En este trabajo se extraen las próximas conclusiones: Los valores determinados para cada viga en las condiciones que hemos considerado en el presente trabajo nos indican

que para las luces de 15 y 20 metros es un poco más económico el hormigón armado, sin embargo, en las luces más grandes a 20 metros el hormigón presforzado tiene un precio menor, este costo es menor a medida que más enorme es la luz de la viga. Así como comentamos antes se debe tener en cuenta del mismo modo el peso que transmiten las vigas a la subestructura debido a que las vigas en hormigón armado que son más pesadas están afectando en más grande forma a la subestructura del puente.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Roque (2021) en su tesis titulado: "Diseño estructural de un puente continuo de 96m de longitud total, de concreto armado, sobre la vía 54, ubicado en el distrito de Cerro Colorado-Arequipa"; presentada a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa ; este puente consta de un vano libre de 96 metros, en el que se encuentran dos pilas intermedias (Pilar 01 con una altura total de 15m y Pilar 02 con una altura total de 18,80m, en ambos casos incluyen el canto de los cimientos), el eje de los pilares que dividen el puente en tres partes es de 50 metros cada uno y 1,65 metros de pavimento en ambos extremos. En este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones: En el análisis (software CSiBridge) y diseño del puente principal, en base a las especificaciones de la metodología AASTO LRFD, se consideraron las cargas en movimiento del puente camiones HL93 y camiones tándem HL93 , que satisfacen los estados límite de seguridad y usabilidad, con las combinaciones de carga y factorización necesarias. En el diseño de la viga exterior con momento negativo se obtiene el valor  $M_u = 1885 \text{ tonf.m}$  y para el momento positivo el valor  $M_u = 678.20 \text{ tonf.m}$ . Y para el diseño de la pantalla de estribo se ha tenido en cuenta el valor  $M_u = 159.966 \text{ tonf.m}$  todo el vuelco y las cargas aplicadas.

Zamata (2019) en su tesis titulado: "Diseño en concreto armado de un puente de 60m ubicado en la quebrada la Pacha conexión entre la Av. Italia y la autopista la Joya en el distrito de Cerro Colorado - Arequipa"; presentada a la Universidad Nacional de San Agustín de

Arequipa ; El objeto del trabajo es la carretera entre las áreas de la Asociación Peruana de Vivienda Albo y los asentamientos APIPA, en particular la carretera que conecta la Av. Italia y La Jolla. La solución propuesta atraviesa un cañón de 60 m de largo a una altura de unos 20 m. Para él se han propuesto dos tipos de superestructura: de placa y viga cajón de tres tramos continuos (19,0, 22,0 y 19,0m). El pilar central tiene 25,0 m de altura y los extremos de la superestructura están sostenidos por dos pilares cilíndricos. Este trabajo llega a las siguientes conclusiones: Se desarrollan tres modelos para analizar la estructura de la superestructura. El análisis del método de la línea de influencia con el programa LINUNSA, los tipos de marcos y las regiones de la cubierta con el programa CSIBRIDGE arroja los siguientes resultados: , Conclusiones: Elegimos el modelo tipo marco, que arrojó resultados más favorables, porque los modelos de línea de influencia y de barras tuvieron magnitudes de resultados similares, y estos dos modelos compararon el modelo tipo región de forma más conservadora. Este es también el método desarrollado por AASHTO LRFD.

Varona (2019) en su tesis titulado: "Diseño de losa en el puente carrozable de concreto armado sobre el canal Miguel Checa En El C.P. Santa Elena Alta Km 25+ 770, Distrito Querecotillo, Provincia Sullana - Piura"; presentada a la Universidad Nacional de Piura; El trabajo actual analizó un puente vehicular rural en el municipio de Santa Elena Alta en el distrito de Querecotillo para abordar las consideraciones de diseño de infraestructura para mantener de manera eficiente y efectiva la viabilidad de la infraestructura vial. la seguridad. Un minucioso análisis realizado por Evaluación Estructural del Puente encontró que la condición patológica del Puente Santa Elena Alta es de gran importancia cuando las placas y vigas de soporte presentan defectos y grietas que son peligrosas para la seguridad del puente. pérdida social y económica. Este trabajo llega a las siguientes conclusiones: Se observan grietas, fisuras y grietas estructurales en las losas de las carreteras. Por otro lado, se aprecia el alabeo de la estructura antes mencionada evidenciada por una junta estructural de 5,00 cm que originalmente era

de 1,00 cm. La extensión del daño a la viga de acero que afecta la función del elemento está determinada por el daño a los extremos de las vigas, especialmente el anclaje a las vigas horizontales de concreto. Esto se evidencia por pintura desgastada, corrosión y oxidación severa.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Actualmente la ciudad de Huánuco no cuenta con tesis o trabajos de investigación relacionadas al diseño de Puentes tipo Viga-Losa, por ello tomaremos como guía fuentes bibliográficas de otras regiones.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. DEFINICIÓN DE LOS PUENTE**

Los puentes son generalmente estructuras complejas que requieren el estudio de los siguientes aspectos para llegar a un diseño final:

- La ubicación de la estructura o sitio.
- La luz y el tipo de puente son los más adecuados para el sitio elegido, teniendo en cuenta su estética, economía y seguridad.
- Forma y dimensiones geométricas, análisis de sus accesos, superestructuras, subestructuras, canales y cimentaciones.
- Obra de arte y obras complementarias.

A continuación, se mencionan algunos criterios importantes a seguir cuando se decide la ubicación del puente, el espacio libre y el tamaño de la estructura.

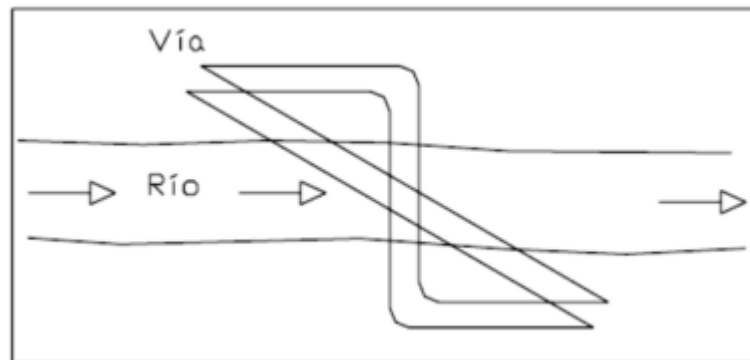
#### **a) Localización**

Para tener una localización correcta del puente, se tienen que aprender algunas posibilidades, dependiendo de los criterios de indagación de tráfico, dirección de la ruta, altura, tipo de lote, disposición de la obra, conservación y estética de la obra del puente.

Generalmente, la colocación de puentes en vías urbanas es imperativa y responde al comportamiento de los vehículos. Sin embargo, la localización en una región rural está definida por el tipo de lote, y en la situación de un flujo de agua, además se debería considerar la conducta del cauce.

**Figura 1**

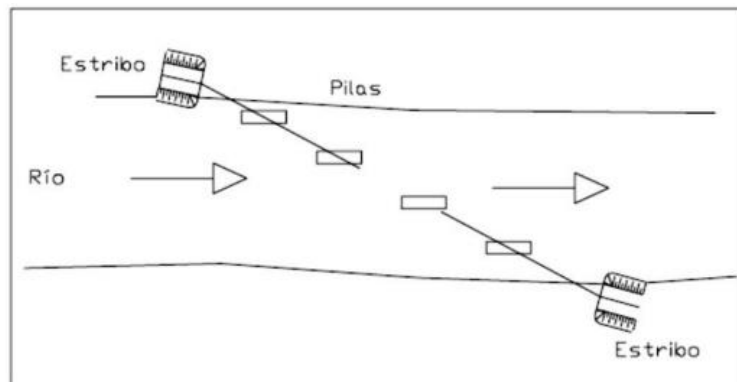
*Alineación de la vía con respecto al río*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

**Figura 2**

*Alineación de pilas y estribos*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

## **b) Luz y tipo de Estructura**

Una vez seleccionada la ubicación de la estructura, es necesario conocer con mayor precisión las características de la topografía y el comportamiento del río. Por lo tanto, se deben realizar los siguientes estudios del área seleccionada:

**Estudio topográfico:** Se debe realizar un estudio del sitio seleccionado, donde se requieren caminos de acceso, se determinan las curvas de nivel y se realizan las secciones transversales de la ruta por el eje y el final del camino, alineación de los canales aguas arriba y aguas abajo con el nivel de agua observado.

Un estudio topográfico deberá tener los siguientes puntos según el MTC:

- La topografía del sitio del puente debe estar documentada mediante planos con curvas de nivel y fotografías, registros e informes técnicos digitales.
- Los informes deben detallar las referencias preliminares consultadas, descripción y especificaciones del equipo utilizado para la recolección de datos.
- Método de seguimiento para procesar datos de campo y obtener resultados.
- Si se cuenta con estudios topográficos previos de las áreas adyacentes o relacionados con el área del proyecto, debemos revisar estos estudios para verificar la compatibilidad de la información obtenida.
- Las grabaciones sonoras digitales se distribuirán en CD en un formato compatible con los programas especializados utilizados por el Ministerio.

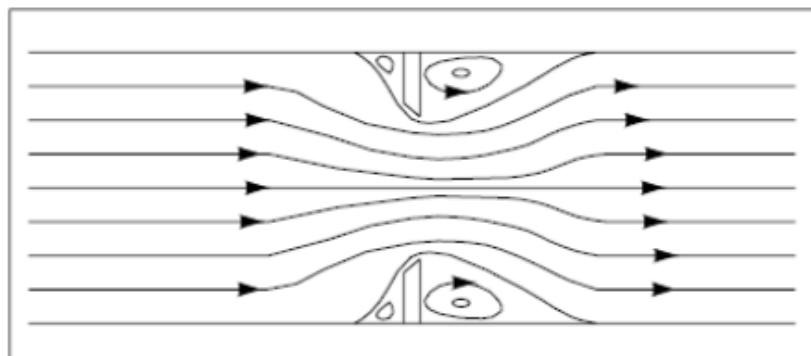
**Estudio hidrológico:** debe realizarse antes del proyecto que muestre la pendiente, el tipo de suelo, el tipo de cultivo, los datos de lluvia, las mediciones en la ubicación del puente, la velocidad del flujo,

las características del río y la descripción física de los datos de construcción que encontraron. Se requiere un levantamiento topográfico de acuerdo con el Manual de Diseño de Puentes:

- Características del río en el área del proyecto
- Régimen de caudal
- Características hidráulicas
- Descarga de diseño y tiempo de retorno
- Definición de la luz del puente y niveles inferiores de la superestructura
- Profundidad mínima recomendada para la colocación de los cimientos, según el tipo de cimiento.
- Características de las obras de defensa y canalización
- Conclusiones y recomendaciones

**Figura 3**

*Características hidráulicas del flujo bajo un puente*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

Una vez determinada la luz total del edificio, se debe seleccionar el tipo de sistema estructural a utilizar. La Tabla muestra los vanos de los diferentes tipos de puentes. Para elegir el tipo de puente, también es necesario considerar la estética del edificio en armonía con el medio

ambiente, el buen servicio y durabilidad del edificio, la facilidad de construcción y la economía del edificio.

**Tabla 1**

*Rango de luces según el tipo de estructura*

| TIPO DE ESTRUCTURA | MATERIAL         | RANGO DE LUCES (m) |
|--------------------|------------------|--------------------|
| <b>Losa</b>        | C. Armado        | 0 a 12             |
|                    | C. Preesforzado  | 14 a 40            |
| <b>Viga</b>        | C. armado        | 12 a 25            |
|                    | C. Preesforzado  | 25 a 325           |
|                    | Acero            | 30 a 300           |
| <b>Arco</b>        | Concreto         | 80 a 390           |
|                    | Acero            | 130 a 400          |
|                    | Acero Reticular. | 240 a 520          |
| <b>Reticulado</b>  | Acero            | 100 a 600          |
|                    | Concreto         | 50 a 450           |
| <b>Atirantado</b>  | Acero            | 100 a 1000         |
| <b>Colgante</b>    | Acero            | 300 a 2000         |

*Fuente: ACI*

### **c) Forma geométrica y dimensiones**

Una vez seleccionada la ubicación y el tipo de puente, el diseño geométrico del puente debe tener en cuenta las recomendaciones dadas por el Manual de Diseño Geométrico del MTC DG2001. Estas recomendaciones están destinadas a proporcionar un nivel aceptable de visibilidad.

Como regla general, se debe mantener el ancho de la calzada. En estructuras normales con luces que no excedan los 20 m, el ancho de la cornisa también debe mantenerse igual. Pero para estructuras de carácter especial por su longitud, luminosidad o altura, reducir el ancho de la cornisa puede ahorrar, aunque sea muy poco tráfico, la ausencia de aceras y la necesidad de colocar barrera en el borde. . De lo contrario, el acceso para peatones (o personal de mantenimiento) debe ser proporcionado por una acera separada de la mediana por una barrera y

protegida por una barandilla. En las zonas urbanas se suelen utilizar tramos similares a calles.

Si por razones de mantenimiento o tránsito peatonal es necesario tener aceras al puente, estas aceras estarán separadas de la acera por cercas y los bordes deberán estar protegidos por barandas. El ancho mínimo de la acera es de 0.75 m.

El diseño geométrico del puente debe cumplir, además de las Normas Peruanas para Puentes, las siguientes restricciones:

- ✓ En las intersecciones con vías vehiculares y ferroviarias, se deben planificar obras futuras como ampliaciones de vías. ✓ En el caso de un puente sobre un río o canal, la dirección horizontal de la vía en el segmento del puente puede ser curva y no necesariamente perpendicular al eje del flujo de agua.
- ✓ No debe usarse en puentes ubicados en curvas horizontales o zonas de transición que deben ajustarse al diseño geométrico especificado en la calzada y no deben exceder el valor máximo permitido
- ✓ Sección transversal: en toda la longitud del puente se mantendrá la sección típica del enlace sobre el que se apoya el puente. Este tramo debe incluir arcenes, aunque la norma permite alguna reducción en función del tipo de velocidad, terreno y clasificación de la vía.
- ✓ En cuanto a la dirección longitudinal del puente, no habrá más restricciones que el diseño geométrico de la sección allí ubicada, lo que significa que en cualquier caso un puente no limitará el diseño de la carretera longitudinal

#### **d) Obras de arte y complementarias**

Por otro lado, las obras de arte deben integrarse al desarrollo de manera flexible y natural, así como también deben ajustarse a la geometría de accidente del terreno que requiere la construcción del edificio. Para que el puente funcione correctamente, también es necesario diseñar bien las instalaciones adicionales, como barandas, drenaje de caminos y entradas, protección de los taludes y, si es necesario, pavimentación de terraplenes, iluminación y embellecimiento de canales.

#### **2.2.2. TIPOS DE PUENTES**

Los puentes podrían clasificarse de la siguiente manera según: (Rodríguez, 2012).

##### **A. Materiales de Construcción**

- “De Madera”
- “De Mampostería”
- “De Concreto Armado”
- “De Concreto Preesforzado”
- “De Acero Estructural”
- “De Sección Compuesta”

**Figura 4**

*Puente de Concreto Armado*



*Fuente: Chuquipoma Azañero- 2020*

**Figura 5**

*Puente de madera*



*Fuente: Chuquipoma Azañero- 2020*

**Figura 6**

*Puente de mampostería*



*Fuente: Chuquipoma Azañero- 2020*

**Figura 7**

*Puente de acero*



*Fuente: Chuquipoma Azañero- 2020*

**Figura 8**

*Puente de sección compuesta*



*Fuente: Chuquipoma Azañero- 2020*

**Figura 9**

*Puente concreto preesforzado*



*Fuente: Chuquipoma Azañero- 2020*

## B. Según su función

- “De Peatonales”
- “De Ferroviarios”
- “De Carreteros”

**Figura 10**

*Puente peatonal*



*Fuente: Chuquipoma Azañero- 2020*

**Figura 11**

*Puente Carretero*



*Fuente: Chuquipoma Azañero- 2020*

**Figura 12**

*Puente ferroviario*



*Fuente: Chuquipoma Azañero- 2020*

### **C. Según su función**

- "De Peatonales"
- "De Carreteros"
- "De Ferroviarios"

### **D. Por el tipo de estructura**

- "De Simplemente apoyados"
- "De Continuos"
- "De Simples de tramos múltiples"
- "De Cantilever (brazos voladizos)"
- "De Atirantado (utilizan cables rectos que atirantan el tablero)"
- "De Colgantes"
- "De Levadizos (basculantes)"
- "De Pontones (puentes flotantes permanentes)".

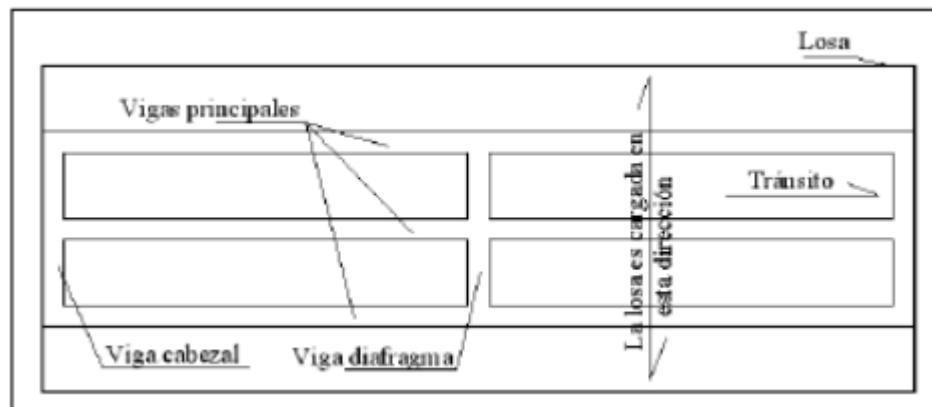
### 2.2.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

#### a) Losa

Las losas de piso son elementos estructurales que soportan el tránsito de vehículos y peatones y luego transmiten sus cargas al sistema de vigas. En estos casos, la losa se carga principalmente en la dirección del tráfico de ida y vuelta. En puentes pequeños ( $L < 8$  m), la losa se puede cargar principalmente en la dirección del tráfico.

**Figura 13**

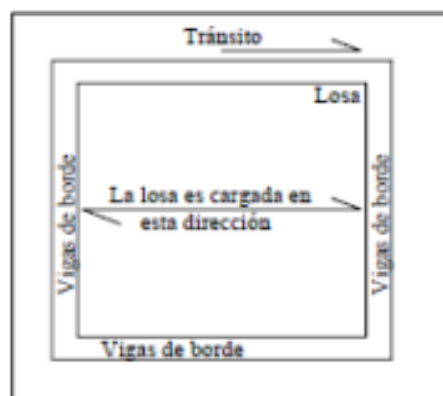
*Losa cargada en la dirección transversal al tráfico*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

**Figura 14**

*Losa cargada en la dirección del tránsito*



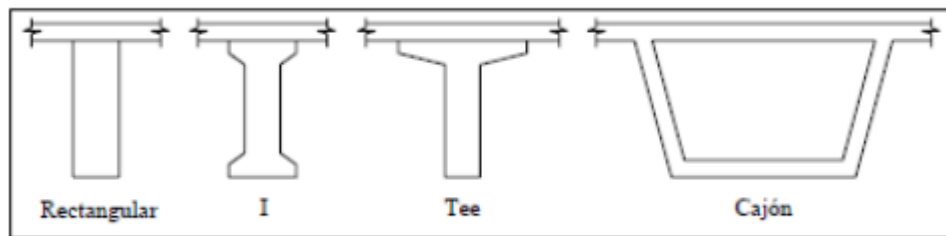
*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

## b) Vigas

Las vigas conforman el factor estructural que aguanta la losa. Actualmente, hay varios tipos de vigas. Conforme con la forma de su parte transversal, las vigas tienen la posibilidad de ser rectangulares, tee, I, cajón, etcétera. Según su material las vigas más frecuentes tienen la posibilidad de ser de madera, concreto o acero. Paralelamente, las vigas de concreto tienen la posibilidad de ser armadas, pretensadas o postensadas.

**Figura 15**

*Tipos de vigas*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

## c) Subestructura

Las subestructuras permanecen constituidas por los estribos y los pilares quienes poseen la capacidad de tolerar a la superestructura. Paralelamente, los estribos y pilares transmiten sus cargas a la cimentación y ésta las transmite al lote. Los estribos y pilares tienen la posibilidad de ser de diversos tipos como se verá después. Asimismo, la cimentación podría ser superficial o intensa (pilotes).

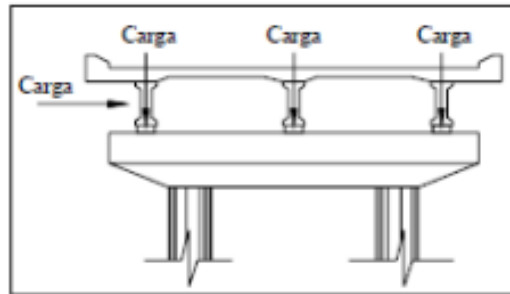
## d) Apoyos y juntas

Los sistemas de apoyo tienen la función de transferir cargas de la superestructura a la subestructura. De manera similar, los sistemas de soporte restringen o permiten los movimientos de traslación o rotación de la superestructura. El sistema de acoplamiento tiene la función de resistir las cargas externas y garantizar la seguridad del tránsito en el espacio entre el puente y el estribo o entre las dos cabezas de puente.

Además, las juntas deben proporcionar una transición suave entre la plataforma y las áreas adyacentes.

**Figura 16**

*Sistemas de apoyos*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

#### **e) Obras complementarias**

El buen funcionamiento del puente requiere un trabajo extra para garantizar la durabilidad de la estructura y brindar seguridad. Las construcciones adicionales incluyen balaustradas, medianas, repisas, paneles de transición, persianas y defensas, trabajos de iluminación, trabajos de señalización, alcantarillas, obras de cuencas, aceras y más.

#### **2.2.4. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS**

La carga que presentamos a continuación se basa en las especificaciones de AASHTO. En general, estas tarifas se pueden dividir en dos grupos grandes: tarifas fijas y tarifas transitorias (bienes, peatones, epidemias, terremotos, helados y colisiones). Además, dependiendo del tipo de estructura, otras fuerzas pueden presentarse como fuerzas debido a crianza, estrechamiento o movimiento de apoyo estructural.

## a) Tipos de Cargas

### Cargas permanentes

Las cargas permanentes incluyen:

- Carga muerta de recursos estructurales y recursos no estructurales ligados (DC).
- Carga muerta de área de revestimiento y complementos (DW).

Los recursos estructurales son los que forman parte del sistema de resistencia. Los recursos no estructurales juntos se refieren a parapetos, barreras, señales, etcétera. En caso de no disponer de las especificaciones técnicas o manuales que den información rigurosa del peso, tienen la posibilidad de utilizar los pesos unitarios de AASHTO presentados en la siguiente tabla.

**Tabla 2**  
*Pesos unitarios*

| <b>Materiales</b>                         | <b>Peso Unitario (Kg/M3)</b> |
|-------------------------------------------|------------------------------|
| <b>Aluminio</b>                           | 280                          |
| <b>Superficies Bituminosas</b>            | 2250                         |
| <b>Arena, Arcilla O Lomos Compactados</b> | 1925                         |
| <b>Concretos Ligeros</b>                  | 1775                         |
| <b>Concreto Ligero Con Arena</b>          | 1925                         |
| <b>Concreto Normal</b>                    | 2400                         |
| <b>Arena, Limos O Grava Suelta</b>        | 1600                         |
| <b>Archilla Suave</b>                     | 2450                         |
| <b>Acero</b>                              | 7850                         |
| <b>Madera Dura</b>                        | 960                          |
| <b>Madera Suave</b>                       | 800                          |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

➤ **Cargas transitorias**

Las cargas que se presentan a continuación comprenden las cargas del tráfico vehicular, del tráfico peatonal, de fluidos, de sismo, de hielo, de deformaciones y las causadas por colisiones.

➤ **Cargas de vehículos**

Los efectos del tráfico vehicular comparados con los efectos del tráfico de camiones son despreciables. Debido a esto el diseño de cargas de AASHTO ha desarrollado modelos de tráfico de camiones que son muy variables, dinámicos, y pueden ser combinados con otras cargas de camiones.

➤ **Cargas debidas al peso de los vehículos:**

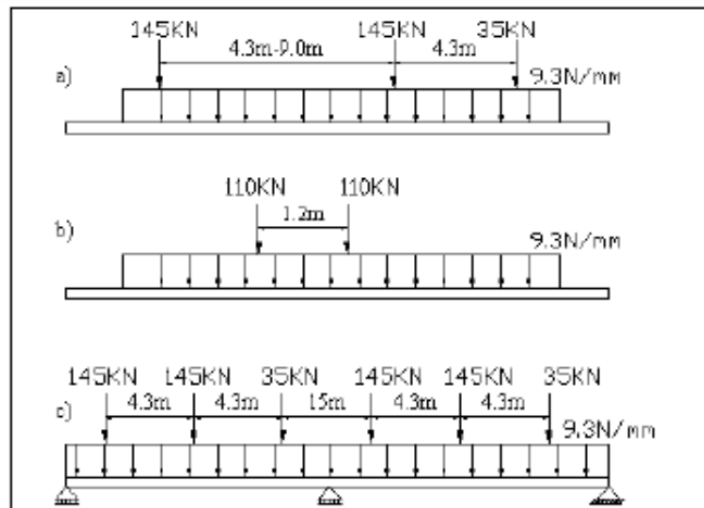
En 1992, Kulak adaptó un estudio de la Junta de Investigación de Transporte (TRB, 1990) para presentar cargas de camiones y desarrolló un nuevo modelo. Este modelo incluye tres tipos de carga diferentes: camión de diseño, camión de diseño paralelo y línea de diseño. El camión de diseño es un semirremolque típico: eje delantero de 35 kN, luego eje de 4.3 m de un eje de 145kN y finalmente un eje posterior de 145kN que está ubicado a una distancia variable de 4.3 m a 9.0 m. Este camión de diseño se utilizó de acuerdo con la especificación estándar AASHTO (1996) y desde 1944 se conoce comúnmente como HS20. H representa carretera, S representa semirremolque y 20 es peso en toneladas estadounidenses. La segunda configuración es el diseño de camiones paralelos. Consta de dos pozos de 110Kn separados 1,2 m. Los efectos (par, cortante, etc.)

Los efectos de Design Tracks y Design Cargo son paralelos a los efectos de Design Lines. Entre 'a' y 'b', se elige de la figura la combinación que provoca el efecto menos favorable, opción c para determinar el momento interno negativo en el apoyo. Estas nuevas combinaciones fueron adoptadas en 1993, designadas como HL93 para cargas en carretera, como se describe en la Especificación para puentes

AASHTO LRFD . Esta combinación de cargas puntuales y distribuciones es bastante engañosa en relación con los requisitos de las especificaciones estándar anteriores de AASHTO. Aquí, los rellenos se consideraron por separado.

**Figura 17**

*Cargas de diseño de AASHTO*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

En resumen, se deben considerar los tres tipos de cargas de diseño: camiones de diseño, camiones de diseño y líneas de diseño. Como se muestra en la figura, estos cargos se superponen de tres maneras. Los factores de carga para estos casos se muestran en las pestañas. Línea de Diseño: A continuación, aclararemos el concepto de línea de diseño utilizado en el modelo AASHTO HL93. Para ello, también es necesario conocer el concepto de circulación.

**Tabla 3***Factores de carga viva*

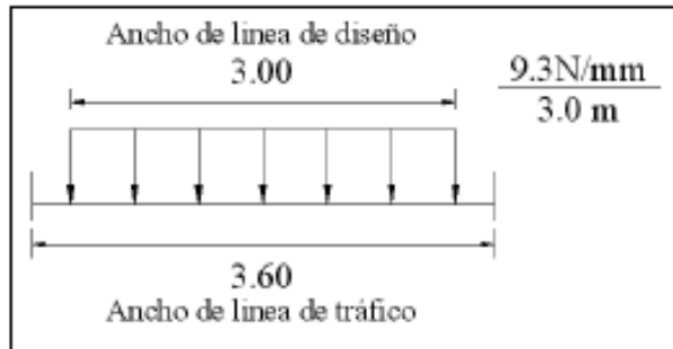
| Combinación<br>De Carga<br>Viva | Camión De<br>Diseño | Camión De<br>Tándem De<br>Diseño | Camiones<br>De Diseño<br>Separado<br>15m | Línea De<br>Diseño |
|---------------------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------|
| A                               | 1                   |                                  |                                          | 1                  |
| B                               |                     | 1                                |                                          | 1                  |
| C                               |                     |                                  | 1                                        | 0.9                |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

Las líneas de tráfico son la cantidad de caminos o rutas que se espera que se utilicen para cruzar el puente. El ancho típico de una vía de tráfico es de 3,6 m. En cambio, la línea de diseño es la línea que ocupa la carga en el camino de circulación. Aquí, ASHTO utiliza un ancho de vía de diseño de 3 metros y vehículos ubicados en la posición más desfavorable de la vía (3,6 m) para influencias extremas. El número de líneas de diseño es la parte entera de la línea divisoria del ancho libre de la calzada 3,6 m. En caso de que el ancho de la vía de circulación sea inferior a 3,6 m, el número de vías diseñadas es igual al número de vías de tránsito y el ancho de la vía de circulación es igual al ancho de la vía diseñada. También se deben considerar los planes de desvío, ya que a menudo interrumpen los patrones de tráfico.

**Figura 18**

*Línea de diseño*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

Presencia múltiple: los camiones tienen la posibilidad de aparecer en carriles adyacentes en carreteras de diversos carriles, sin embargo no es posible que 3 carriles adyacentes se encuentren cargados paralelamente con vehículos pesados. Para este objetivo, AASHTO otorga los coeficientes de ajuste de presencia múltiple que se presentan en la Tabla.

**Tabla 4**

*Factores de presencia múltiple "m"*

| Número De Líneas De Diseño | "M"  |
|----------------------------|------|
| 1                          | 1.2  |
| 2                          | 1    |
| 3                          | 0.85 |
| Mas De 3                   | 0.65 |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

Carga de fatiga: la mayoría de los camiones no superan el límite de peso, por lo que es seguro utilizar la carga completa del modelo para los escaneos de fatiga. Por lo tanto, la carga de fatiga corresponde solo al borg de diseño con eje variable establecido en 9,0 metros y componentes de carga establecidos en 0,75. La carga dinámica (IM) debe estar integrada, lo que significa que solo se carga una fila.

El esfuerzo último de fatiga depende del rango de sobrecarga y del número de ciclos de carga y descarga. Este número de ciclos de carga de tensión se basa en estudios de flujo. A continuación, se dan algunos parámetros para determinar el número de ciclos de carga y descarga. El tráfico promedio diario de camiones (ADTT) en una carretera (sl) se puede estimar de la siguiente manera:  $ADTT_{SL} = P(ADTT)$ , donde P es la porción del tráfico considerada en el trayecto de diseño. Los valores de P se determinan en la tabla No5. Debido a los patrones de flujo inciertos, la frecuencia de la carga de fatiga se aplica a todas las rutas.

**Tabla 5**

*Fracción de camiones en una línea*

| Número De Líneas Disponibles A Camiones | P    |
|-----------------------------------------|------|
| 1                                       | 1    |
| 2                                       | 0.85 |
| 3 o Mas                                 | 0.85 |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

En muchos casos, no se conoce el ADTT y solo se conoce el ADT (Vehículo Promedio Diario). En caso de que no se pueda realizar un estudio y se diseñe un estado límite de fatiga no controlado, AASHTO proporciona factores de orientación para estimar el número de camiones, como se muestra en la tabla. El número de ciclos del rango de tensión se utiliza para establecer la resistencia disponible (tensión aceptable). Esta tensión admisible también depende del tipo de material.

**Tabla 6***Fracción de camiones en el tráfico*

| Clase De Carretera | Fracción De Tráfico |
|--------------------|---------------------|
| Rurales Troncales  | 0.2                 |
| Urbanas Troncales  | 0.15                |
| Otras Rurales      | 0.15                |
| Otras Urbanas      | 0.1                 |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

### ➤ Fuerza Centrífuga

Un camión puede apurar, minimizar la rapidez o modificar de dirección en una curva. Todos estos sucesos producen fuerzas entre el camión y la plataforma.

$$C = \frac{4}{3} \left( \frac{V^2}{R \times g} \right)$$

- V = Velocidad en m/s.
- R = Radio de curvatura de la línea de tráfico (m).
- Fr = la fuerza aplicada en el centro de masa supuesto a una distancia de 1.8 m de la superficie de la plataforma.
- W = Peso del camión

Hay diversos componentes presentes que tienen la posibilidad de utilizar a estas fuerzas, debido a que es poco factible que cada una de las carreteras se encuentren cargadas paralelamente.

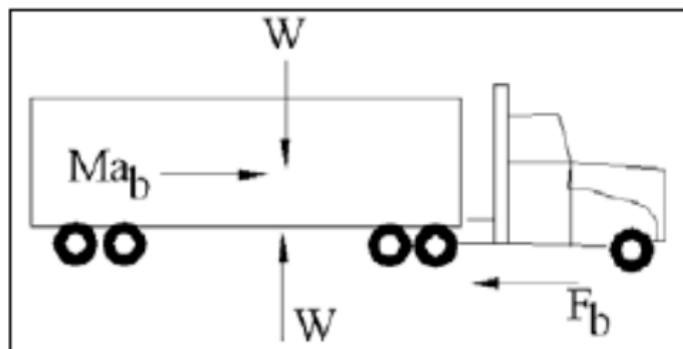
### ➤ Fuerzas de Frenado

Como el camión tiene una masa relativamente grande para su potencia disponible, no puede aumentar su velocidad lo suficiente para causar fuerzas importantes en el puente. el puente. Contrariamente la desaceleración debido a los frenos (braking) puede crear fuerzas importantes en el puente en la dirección del camión de diseño. Los factores de presencia múltiple también se aplican ya que es poco

probable que todas las líneas sean cargadas simultáneamente. Las fuerzas de frenado pueden tomarse como el 25% del peso de los ejes del camión de diseño o del camión tándem ubicado en todas las líneas. Para la línea de diseño no se asume fuerzas de frenos. Se asume que esta acción ocurrirá en diferentes momentos cuando el camión de diseño es máximo. También implícitamente los valores de los coeficientes de AASHTO exceden 0.25 para la interfase plataforma- neumático.

**Figura 19**

*Fuerzas de frenado*



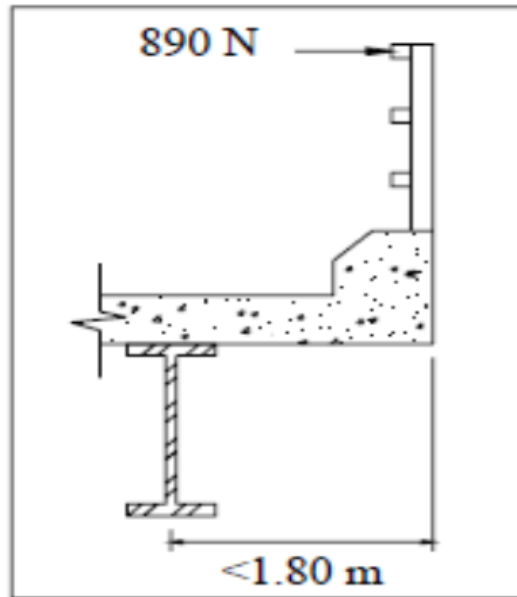
*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

## **b) Cargas de Peatones**

La carga peatonal AASHTO es  $3.6 \times 10^{-3} \text{ MPa}$ , la cual es aplicada a los lados que integran el puente. En el caso de puentes peatonales que permitan el tráfico de bicicletas, la carga viva será  $5.0 \times 10^{-3} \text{ MPa}$ . Las barandas para peatones y/o bicicletas deben ser diseñadas para cargas  $0.73 \text{ N/mm}$ , transversal y verticalmente en cada elemento longitudinal en el sistema de barandas. Además, como se muestra en la figura, las barandas deben ser diseñadas para una fuerza concentrada de  $890 \text{ N}$  aplicada en cualquier lugar y en cualquier dirección.

**Figura 20**

*Cargas en barandas peatonales*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

### **c) Fuerzas Debidas a Fluidos**

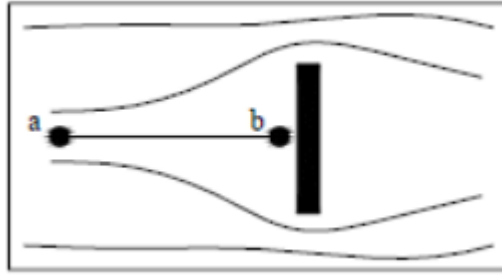
Las fuerzas estructurales debidas al flujo de fluidos (agua o aire) son establecidas por la ecuación de Bernoulli en combinación con unos coeficientes de corrección. De la figura, "a" es el punto inicial y "b" es el punto estancado con velocidad igual a cero:

De la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{1}{2}\rho V_a^2 + P_a + \rho g h_a = \frac{1}{2}\rho V_b^2 + P_b + \rho g h_b$$

**Figura 21**

*Fuerzas debidas a los fluidos*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

Asumiendo que a y b están a la misma altura y que la presión aguas arriba es cero, la presión en b será:

$$\frac{1}{2}\rho V_a^2 = P_b$$

La relación de la presión promedio con la presión de estancamiento es comúnmente llamada drag coeficiente o coeficiente de arrastre:

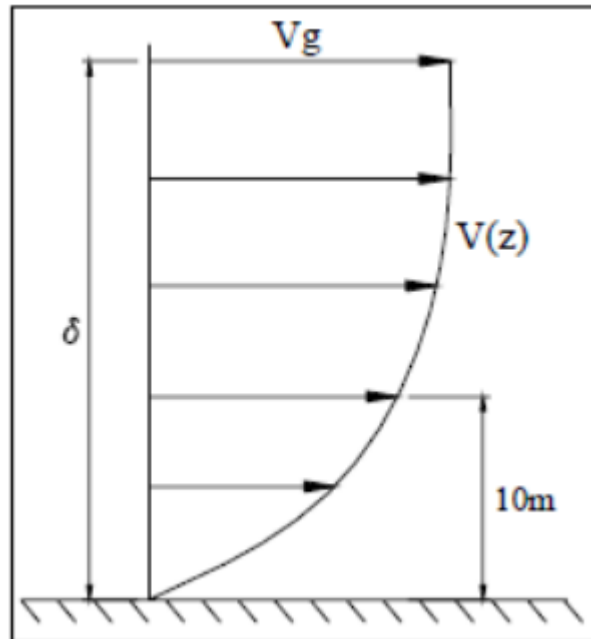
$$P = C_d \frac{1}{2}\rho V_a$$

### ➤ **Fuerzas de Viento**

La velocidad del viento varía con la altura y la rugosidad del terreno que recorre. La velocidad aumenta con la altura como se muestra en la figura. El parámetro  $V_g$  es la velocidad límite de efectos independientemente de cualquier superficie, & es el espesor de la capa y  $V_{10}$  es la velocidad referencial a 10m.

**Figura 22**

*Perfil de velocidad*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

Para puentes a alturas menores a 10m se usará la velocidad  $V_{10}$  (a 10 m), para alturas mayores se usará la ecuación de AASHTO para el perfil de velocidad:

$$V_{DZ} = 2.5V_0 \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right)$$

$V_{DZ}$  es la velocidad de diseño esperada en Km/h a una altura  $Z$ .  $V_B$  es la velocidad base del viento a 160 Km/h y  $V_0$  (velocidad de fricción) y  $Z_0$  (longitud de fricción) se obtienen de la tabla. La constante 2.5 es la inversa de 0.4 de la constante de Kalman.  $V_{10}$  es La velocidad a 10m, si no se conoce 160 Km/h es un buen criterio.

**Tabla 7***Valores de V0 y Z0*

| Condición | Campo Abierto | Semi Urbano | Ciudad |
|-----------|---------------|-------------|--------|
| V0        | 13.2          | 15.2        | 25.3   |
| Z0        | 70            | 300         | 800    |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

La presión sobre la estructura es relacionada con la velocidad base del viento  $V_B = 160$  km/h de la siguiente manera:

$$P_D = P_B \left( \frac{V_D}{V_A} \right)^2 = P_B \left( \frac{V_D}{160} \right)^2$$

Las presiones para la velocidad base de viento son dadas en la tabla. Adicionalmente la carga lineal producto de la presión del viento no puede ser menor que 4.4N/mm en el barlovento y sotavento para puentes tipo viga. Estas cargas deben considerarse en todas las direcciones y se debe usar los valores extremos para el diseño.

También deben considerarse los ajustes de dirección, donde la presión es separada en dos componentes perpendiculares entre sí como función del ángulo de ataque. Sobre los vehículos también debe considerarse una carga de viento de 1.46 N/mm aplicado a 1.8 m sobre la superficie de rodadura.

**Tabla 8***Valores de PB correspondientes a VB = 160 Km/h.*

| Elemento Estructural             | Carga De Barlovento (Mpa) | Carga De Sotavento (Mpa) |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Columnas, Arcos, Armaduras, Etc. | 0.0024                    | 0.0012                   |
| Vigas                            | 0.0024                    | N/A                      |
| Superficies Largas Planas        | 0.0019                    | N/A                      |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

### ➤ **Fuerzas Hidráulicas**

El agua que rodea la estructura del puente crea fuerzas laterales que actúan directamente sobre la estructura, provocando la acumulación de escombros debajo del puente. Con  $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$  en la ecuación deducida anteriormente:

$$P_b = \frac{1}{2} \rho C_d V_a^2 = 500 C_d V_a^2$$

Donde la ecuación de AASHTO es:

$$P = 5.14 \times 10^{-4} C_d V_a^2$$

Donde CD es el coeficiente de arrastre y estos valores están señalados en la tabla.

**Tabla 9**

*Coeficiente Cd*

| Tipo                          | Cd  |
|-------------------------------|-----|
| Pilar Semicircular            | 0.7 |
| Pilar Cuadrado                | 1.4 |
| Pilar Con Flujo Desviado      | 1.4 |
| Pilar Con Cuña De 90° O Menos | 0.8 |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

### **d) Cargas Sísmicas**

Dependiendo de la localización del puente, los efectos sísmicos tienen la posibilidad de ser irrelevantes o tienen la posibilidad de dominar el diseño del sistema de defensa de carga lateral. Las especificaciones de AASHTO se fundamentan en los próximos principios:

- Se tolerarán terremotos leves sin desplazar los elementos fuera del rango flexible y sin perjuicios significativo

- Durante el proceso de diseño se utilizarán los movimientos y fuerzas reales sobre el terreno.
- La exposición prolongada a la vibración no colapsará las estructuras de los puentes donde cualquier daño pueda detectarse fácilmente para su inspección y reparación.

➤ **Procedimiento para determinar las cargas sísmicas**

El primer paso es definir el diseño preliminar, delineando el tipo de puente, el número de losas, la altura de los pilotes, el segmento de carretera típico, la alineación transversal y las condiciones de mejora. También es importante el tipo de conexión entre la losa y la superestructura, entre la superestructura y la subestructura, y entre la subestructura y la cimentación. El segundo paso es determinar el coeficiente de aceleración en función de la posición del puente. Coeficiente de aceleración obtenido de un mapa de la zonificación sísmica del Perú. Dada una localidad, el coeficiente de aceleración tiene una probabilidad del 90% de que este valor no se exceda en 50 años. Este valor corresponde al intervalo de retorno. Hay un 10% de probabilidad de un gran terremoto. En algunos casos, los puentes principales deben diseñarse para un período de recuperación de 2500 años. El tercer paso es la importancia de la categoría puente.

Las obras que se ubican en vías de hospitales, centros de comunicación, instalaciones militares, plantas potabilizadoras, cuerpos de bomberos, policías, aeropuertos, refinerías de petróleo, industrias de defensa, vías férreas y terminales camioneras deberán continuar en operación y los puentes de estas líneas deberán ser clasificados como esencial. En la tabla que resume las características de las tres categorías de importancia, se deben tener en cuenta los cambios futuros en el desempeño del puente. El cuarto paso es determinar el desempeño sísmico del área para cada puente. Las zonas sísmicas tienen el mismo riesgo sísmico. Cuanto mayor sea la aceleración, mayor será el riesgo. Las zonas sísmicas se dan en la tabla.

**Tabla 10***Importancia de la categoría para determinar cargas sísmicas*

| <b>Categoría De Importancia</b> | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Puentes Críticos</b>         | Después del sismo diseño (retorno de 475 años) deben estar abierto a todo el tráfico y después de un sismo largo (retorno de 2500 años) debe estar abierto a vehículos de emergencia. |
| <b>Puentes Esenciales</b>       | Después del sismo de diseño debe estar abierto a vehículos de emergencia.                                                                                                             |
| <b>Otros Puentes</b>            | Puede cerrarse para ser reparado después de un sismo largo.                                                                                                                           |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014***Tabla 11***Zonas sísmicas*

| <b>Coefficiente de aceleración</b>        | <b>Zona</b> |
|-------------------------------------------|-------------|
| <b><math>A \leq 0.09</math></b>           | <b>1</b>    |
| <b><math>0.09 &lt; A \leq 0.19</math></b> | <b>2</b>    |
| <b><math>0.19 &lt; A \leq 0.29</math></b> | <b>3</b>    |
| <b><math>0.29 &lt; A</math></b>           | <b>4</b>    |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

El quinto paso es determinar el coeficiente de ubicación  $S$ , que depende de las condiciones del suelo. Dependiendo de las condiciones naturales del terreno, la aceleración en la superficie puede amplificarse más de dos veces que la aceleración en la roca. Los coeficientes de sitio  $S$  correspondientes a cada tipo de suelo se dan en la siguiente tabla y los cuatro tipos de suelo se dan en la tabla.

**Tabla 12***Coeficientes de lugar "S"*

| <b>Tipo de Suelo</b> | <b>S</b> |
|----------------------|----------|
| I                    | 1        |
| II                   | 1.2      |
| III                  | 1.5      |
| IV                   | 2        |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

El sexto paso es determinar los modificadores de respuesta (coeficientes) que reducen la fuerza sísmica con base en el análisis elástico del sistema del puente. Los coeficientes de respuesta se muestran en la tabla.

**Tabla 13***Tipos de suelo*

| <b>Tipo</b> | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                  |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I           | Roca de cualquier tipo, suelos duros con una profundidad menor a 60 m y los tipos de suelo estables de arena, grava o arcilla dura que están depositadas sobre roca |
| II          | Suelos duros cohesivos con una profundidad mayor a 60 m y los tipos de suelo estables de arena, grava o arcilla dura que están depositadas sobre roca               |
| III         | Arenas y arcillas de dureza media o blandas con más de 9 m con o sin capas intermedias de arena u otros suelos no cohesivos                                         |
| IV          | Arcillas blandas o sedimentos con más de 12 m de profundidad.                                                                                                       |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

**Tabla 14**

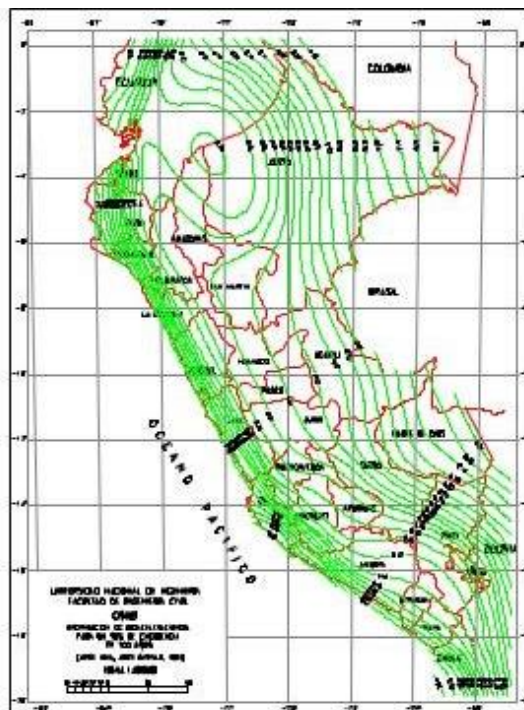
*Factores de modificación de respuesta-Subestructuras*

| subestructura                                           | importancia de la categoría |            |       |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|-------|
|                                                         | críticos                    | esenciales | otros |
| <b>pilares tipo pared-longitudes grandes</b>            | 1.5                         | 1.5        | 2     |
| <b>pilotes de concreto reforzado</b>                    | 1.5                         | 2          | 3     |
| 1.- solo pilotes verticales                             |                             |            |       |
| 2.- uno o más baterías de pilotes                       | 1.5                         | 1.5        | 2     |
| <b>columnas simples</b>                                 | 1.5                         | 2          | 3     |
| <b>pilotes de acero o compuesto de acero y concreto</b> | 1.5                         | 3.5        | 5     |
| 1.- solo pilotes verticales                             | 1.5                         | 2          | 3     |
| 2.- uno o más baterías de pilotes                       |                             |            |       |
| <b>columnas múltiples</b>                               | 1.5                         | 3.5        | 5     |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

**Figura 23**

*Mapa de aceleraciones del Perú*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

El uso de estos coeficientes, generalmente mayores a 1, asume que cuando ocurre un evento sísmico (período de retorno de 475 años), la energía se disipa por deformaciones inelásticas en la subestructura. Si ocurre un evento sísmico importante (período de 2500 años atrás), las áreas deformadas deberán repararse, pero si todas las partes están

conectadas correctamente, la estructura no colapsará. El coeficiente de transferencia de fuerza interna  $R$  depende del tipo de conexión indicado en la tabla.

**Tabla 15**

*Factores de respuesta-Conexiones*

| Conexión                                                                | Todas Las Categorías |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Superestructura Con Estribos                                            | 0.8                  |
| Juntas De Expansión Dentro De Una Luz De La Superestructura             | 0.8                  |
| Columnas, Pilares O Pilotes Con Vigas Principales De La Superestructura | 1                    |
| Columnas O Pilares Con La Cimentación                                   | 1                    |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

#### ➤ **Fuerzas de conexión para sismos mínimos**

Cuando el suelo tiembla debido a un terremoto, la estructura se mueve debido a la fuerza de inercia. Estas fuerzas pueden desarrollarse en cualquier dirección y pueden ser restringidas o disipadas dependiendo del tipo de conexión entre la subestructura y la superestructura. Para puentes de un solo vano, la fuerza de unión mínima de diseño en la dirección elegida es igual al producto del coeficiente de aceleración y la carga muerta asociada con el tipo de conexión. Los puentes de la Zona 1 no requieren análisis sísmico, por lo que se asignan clasificaciones para las fuerzas de conexión. Para puentes con ambos apoyos con apoyos resilientes que proporcionen poca o ninguna resistencia, la conexión se diseñará para resistir solo el esfuerzo cortante transmitido a través de los apoyos, pero nunca menor que el valor de la carga muerta de la subrama con los valores se muestra en la tabla.

**Tabla 16***Factores de conexión en la zona sísmica*

| coeficiente de aceleración | tipo de suelo | factor |
|----------------------------|---------------|--------|
| A<0.025                    | I o II        | 0.1    |
|                            | III o IV      | 0.2    |
| 0.025<A<0.09               | todos         | 0.2    |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

### ➤ Combinaciones de las Fuerzas Sísmicas

Dado que se desconoce la dirección del terremoto, se deben considerar dos casos combinados ya que las fuerzas sísmicas en dos direcciones son perpendiculares entre sí. Para puentes curvos, la fuerza longitudinal se toma horizontalmente con la línea que conecta los dos apoyos. Ambos casos están expresados por AASHTO de la siguiente manera:

Caso 1 :  $1.0 F_L + 0.3 F_T$

Caso 2 :  $0.3 F_L + 1.0 F_T$

FL = Es la fuerza en la dirección Longitudinal del puente.

FT = Es la fuerza en la dirección Transversal al puente.

### ➤ Coeficiente de respuesta sísmica

El coeficiente de respuesta sísmica elástica,  $C_{sn}$  para el "n-ésimo" modo de vibración, deberá tomarse como:

$$C_{sn} = 1.2 \frac{AS}{T_n^{2/3}} \leq 2.5A$$

Dónde:

$T_n$  Periodo de vibración del "n-ésimo" modo.

A Coeficiente de aceleración sísmica.

S = Coeficiente del sitio

Tener en cuenta que en suelos tipo III o IV y en áreas donde el coeficiente A es mayor o igual a 0.30, el Csn deberá tomarse como:

$$C_{sn} = A(0.8 + 4.0T_n) \leq 2.00A$$

Si el periodo de vibración en cualquier modo excede 4.0 s, el valor de Csn para ese modo será:

$$C_{sn} = 3AST_n^{3/4}$$

#### **e) Fuerzas de Hielo**

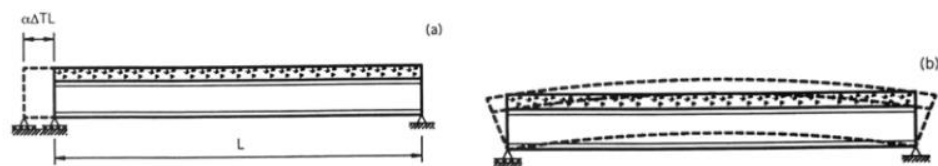
Las fuerzas del hielo deben tenerse en cuenta cuando la estructura o sus componentes se encuentran en agua fría. Al cruzar un lago, embalse o río congelado, existe una fuerza estática, pero cuando el hielo se rompe en placas y choca con la estructura, existe una gran fuerza dinámica. El manual de diseño de puentes no especifica cómo se calcula la fuerza del hielo. Sin embargo, estas fuerzas existen en algunas regiones de nuestro país.

#### **f) Fuerzas debido a deformaciones**

Temperatura Se deben considerar dos tipos de temperaturas al analizar estructuras. El primer tipo es el cambio de temperatura uniforme. Este tipo de cambio de temperatura afecta tanto a puentes largos como cortos, y si los apoyos están constreñidos, provoca una fuerza en el estribo. Este tipo de distorsión se ilustra en la figura (a). El segundo tipo de cambio de temperatura es un gradiente de calentamiento o enfriamiento no homogéneo, como se muestra en la Figura (b). Figura: (a) la temperatura induce la expansión y (b) la temperatura provoca la curvatura.

**Figura 24**

*Temperatura que induce dilatación*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

Cuando se expone a la luz solar, la placa de la plataforma se calienta más que la viga debajo de la plataforma, lo que hace que la viga se doble. Las fuerzas internas ocurren cuando están restringidas por un apoyo interno o una restricción involuntaria.

Si está completamente libre, se generará una fuerza interna debido a una distribución lineal de temperatura, como en el caso de una viga de apoyo simple. El rango de temperatura se utiliza para determinar la variación de temperatura en el análisis. Para definir estos rangos de temperatura, AASHTO define dos condiciones climáticas: templado y frío. Un clima templado es cuando el número de días fríos en un año o FDD es menor a 14. Los días fríos son cuando la temperatura está por debajo de 0° C. La tabla muestra los rangos de temperatura.

**Tabla 17**

*Rangos de Temperatura*

| clima    | acero o aluminio | concreto | madera   |
|----------|------------------|----------|----------|
| moderado | -18 a 50         | -12 a 27 | -12 a 24 |
| frío     | -35 a 50         | -18 a 27 | -18 a 24 |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

Ya que el gradiente de temperatura en varias zonas es más grande que en otras. El gradiente de temperatura se especifica en la tabla. Este gradiente además se tiene presente para la alteración uniforme de la temperatura. Generalmente, estas 2 categorías se parten en el estudio. El gradiente de temperatura se muestra en la tabla.

**Tabla 18**

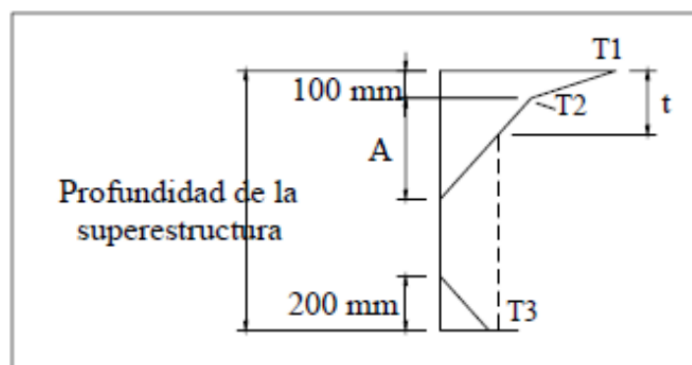
*Gradientes de temperatura en °C*

| Zona   | Superficie De Concreto |    | 50 Mm De Asfalto |    | 100 Mm De Asfalto |    |
|--------|------------------------|----|------------------|----|-------------------|----|
|        | T1                     | T2 | T1               | T2 | T1                | T2 |
| Costa  | 40                     | 15 | 35               | 15 | 30                | 15 |
| Sierra | 40                     | 5  | 35               | 5  | 30                | 5  |
| Selva  | 50                     | 20 | 45               | 20 | 40                | 20 |

*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

**Figura 25**

*Gradientes de Temperatura*



*Fuente: Puentes Con AASHTO-LRFD 2014*

Un incremento de temperatura es considerado positivo en AASHTO. La temperatura  $t_3$  es menor a cero determinados del sitio específico de estudio, pero en ningún caso es mayor a 30°C. En la figura la dimensión A es determinada de la siguiente manera:

- $A = 300\text{mm}$  para estructuras cerradas de concreto con 400mm o más de espesor. Para estructuras menos profundas puede usarse un valor de 100mm menor que el espesor actual.
- $A = 100\text{mm}$  para estructuras de acero.
- $t = \text{Espesor de la losa.}$

➤ **Flujo plástico y contracción de fragua**

Efectos de la fluencia y retracción en el hormigón sobre la tensión, la fatiga y la capacidad de servicio estructural. Estos efectos son particularmente importantes para hormigón pretensado y superestructuras con grandes volúmenes de hormigón.

➤ **Asentamientos**

Las deformaciones elásticas incluyen movimientos que afectan la respuesta del puente a otras cargas, pero las deformaciones permanentes no serán visibles. Estas deformaciones se pueden modelar aproximando la rigidez de los soportes en modelos de análisis estructural. Las deformaciones inelásticas tienden a ser permanentes. Estos movimientos incluyen asentamientos por consolidación, inestabilidad o falla de la cimentación. Algunos de estos movimientos son el resultado de cargas que actúan sobre el puente y se pueden modelar sobre soportes estructurales. Otros movimientos se atribuyen a la acción de la cimentación, independiente de la carga. Estos movimientos se denominan cargas y se denominan fuerzas de apoyo impuestas. Estas deformaciones se pueden estimar de acuerdo con las características geotécnicas del área y del sistema involucrado.

**g) Cargas de colisión**

➤ **Colisión de Embarcaciones**

En áreas marítimas, se deben considerar las fuerzas de colisión del muelle. Consulte el estándar AASHTO para obtener más información.

➤ **Colisión de Trenes**

Si el puente está cerca de las vías, un tren descarrilado puede golpear el puente. Los pilares y soportes se ubican a 9000 mm del borde de la calzada ya 15000 mm del centro de la calzada, lo que les permite soportar 1800 kN a una distancia de 1200 mm del suelo.

## ➤ **Colisión de Vehículos**

También se debe tener en cuenta la fuerza de la colisión de un vehículo con una barandilla o barrera que produce una fuerza.

### **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

**Hormigón armado:** puentes de hormigón y acero, muy demandados en el mercado actual. (MTC, 2016)

**Hormigón pretensado:** es la aplicación del pretensado con el fin de mejorar el comportamiento general, existen dos tipos de sistemas, el pretensado y el postensado, que se utilizan hoy en día para salvar grandes luces. (MTC, 2016)

**Puentes Carreteros:** estos puentes están destinados a unir dos ciudades separadas por un río, arroyo, cañón o similar para el transporte de vehículos. (MTC, 2016)

**Puentes de vigas:** es un puente que conecta rígidamente la superestructura y la subestructura para funcionar como una unidad continua. La estructura generalmente se moldea monolíticamente, lo que hace que la estructura sea continua desde la plataforma hasta los cimientos. (MTC, 2016)

**Cantiléver (brazo en voladizo):** reciben este nombre por su similitud con un hombre cuyos brazos en voladizo sobresalen del poste; tienen una aplicación específica en puentes de pontones de tramos muy largos. (MTC, 2016)

**Pontones:** se consideran puentes de pontones cuando la luz es inferior a 10 metros. (MTC, 2016)

**Tableros:** Construidos con losas de hormigón, pisos de madera o metal, apoyados directamente sobre la viga principal o convirtiéndose en un elemento de carga directa a través de puntales y crucetas. (MTC, 2016)

**Estructura portante:** son los cables en el caso de puentes colgantes y en puentes de arco, será el anillo formando el arco. (MTC, 2016)

**Estribo:** son los apoyos extremos del puente, que tienen el efecto de transferir la carga del puente al suelo y también el material de apoyo para rellenar las entradas al puente. (MTC, 2016)

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

$H_i$ : Se podrá mejorar el diseño estructural de la superestructura y subestructura planteando un modelo de diseño según el manual de diseño de puentes del MTC, aplicado a un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis-Huánuco -2022.

$H_o$ : No se podrá mejorar el diseño estructural de la superestructura y subestructura planteando un modelo de diseño según el manual de diseño de puentes del MTC, aplicado a un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis-Huánuco -2022.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Puente Viga-Losa

#### **Indicadores**

- Longitud de puente
- Número de carriles
- Espesor de vereda
- Tren de cargas
- Ancho de vía

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Diseño estructural

#### **Indicadores**

- Carga viva

- Carga muerta
- Viga principal
- Viga Diafragma
- Losa
- Estribo
- Capacidad portante
- Angulo de fricción

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 19**

*Sistema de variables-dimensiones e indicadores.*

| VARIABLE                                       | DIMENSIÓN                    | INDICADOR                                                                                                                       | TIPO DE VARIABLE | ESCALA DE MEDICIÓN |
|------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| <b>V. independiente<br/>Diseño estructural</b> | Cargas de diseño             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga viva</li> <li>• Carga muerta</li> </ul>                                          | Cuantitativa.    | Discreta           |
|                                                | Elementos estructurales      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viga principal</li> <li>• Viga Diafragma</li> <li>• Losa</li> <li>• Estribo</li> </ul> |                  |                    |
|                                                | Estudio de suelos            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad portante</li> <li>• Angulo de fricción</li> </ul>                            |                  |                    |
| <b>V. dependientes<br/>Puente Viga-Losa</b>    | Propiedades de la estructura | • Longitud de puente                                                                                                            | Cuantitativa.    | Discreta.          |
|                                                |                              | • Número de carriles                                                                                                            |                  |                    |
|                                                |                              | • Espesor de vereda                                                                                                             |                  |                    |
|                                                |                              | • Tren de cargas                                                                                                                |                  |                    |
|                                                |                              | • Ancho de vía                                                                                                                  |                  |                    |

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. ENFOQUE**

El presente proyecto será de carácter cuantitativo ya que empleo las normas vigentes del Manual de puentes y bibliografías para realizar el análisis y diseño de los elementos estructurales.

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

El presente será de carácter correlación ya que se estudió varias normas nacionales e internaciones, en especial la el Manual de puentes y Norma ASSTHO LRFD para el diseño los elementos estructurales del puente Tipo Viga-Losa.

##### **3.1.3. DISEÑO**

El presente proyecto será de carácter no experimental porque se emplea parámetro ya establecidos en el Manual de puentes y el Diseño de Puentes con la Norma ASSTHO LRFD.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **3.2.1. POBLACIÓN**

En el presente proyecto se consideró como población a todos los puentes tipo viga-losa ubicado en el distrito de Amarilis - Huánuco -2022.

##### **3.2.2. MUESTRA**

En el presente proyecto se consideró como muestra al puente tipo viga-losa ubicado en el centro poblado la Jancao Bajo, en el distrito Amarilis - Huánuco -2022.

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

**Técnicas:** La técnica principal empleada para esta tesis fue la observación, en donde se recolecto distintos datos fundamentales para la tesis que luego serán procesados, uno de estos datos es las características del suelo donde se encuentra el actual puente, se necesita conocer las características mecánicas del suelo así también como un levantamiento topográfico y observar el caudal del canal que se encuentra en este lugar. Para poder realizar este procedimiento de las características del suelo se empleará la norma E050.

**Tabla 20**

*Ensayos de Laboratorio*

| ENSAYO                                          | NORMA APLICABLE | PROPÓSITO DEL ENSAYO                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Contenido de Humedad                            | NTP 339. 127    | "Determinar el contenido de humedad natural de suelos y agregados".                                                                                    |
| Análisis Granulométrico                         | NTP 339.128     | "Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo".                                                                                       |
| Límite Líquido                                  | NTP 339.129     | "Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo"                                                                                              |
| Límite Plástico                                 | NTP 339.129     | "Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo".                                                                                             |
| Peso Específico Relativo de Sólidos de un Suelo | NTP 339.131     | "Determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo".                                                                        |
| Corte Directo                                   | NTP 339.171     | "Determinar la resistencia al corte de una muestra consolidada y drenada, que nos permita obtener la cohesión y ángulo de fricción interna del suelo". |

*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones*

**Instrumentos:** los instrumentos empleados para la recolección de datos en el presenta trabajo de investigación son los siguientes:

➤ **Aparatos experimentales**

Para determinar el Angulo de cohesión interna y la capacidad portante del suelo donde se plantea el diseño se empleará los siguientes equipos:

- Horno Eléctrico
- Balanza
- Juego de tamices
- Materiales de vidrio
- Copa de Casagrande

➤ **Documentos de archivo y fuentes**

Se usará distintas fuentes bibliográficas como:

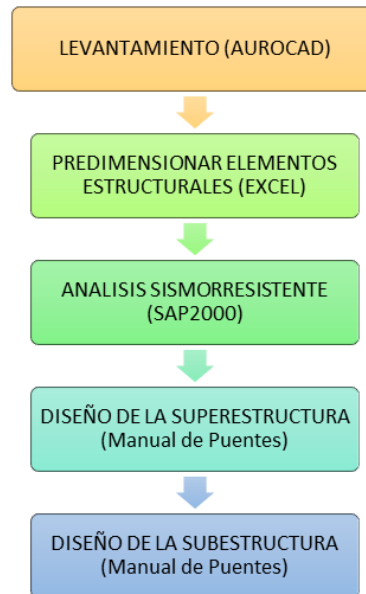
- Reglamento nacional de edificaciones
- Manual de puentes
- Estudio de mecánica de suelos

### **3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS**

En cuanto a la presentación de los datos necesarios para poder realizar la tesis, esta debe incluir los siguientes puntos, realizar el plano del sitio y levantamiento topográfico que se realizará mediante el software AUTOCAD, seleccionar preseleccionar el tamaño de los elementos estructurales que participan en la estructura, se utilizará una hoja de Excel con parámetros establecidos por diferentes autores, para el análisis estructural del puente se utilizará un manual de puentes y finalmente se representarán todos los miembros estructurales en los planos realizados en AUTOCAD, distribuciones de acero negativas y positivas, estribos y muchos otros detalles.

**Figura 26**

*Para la presentación de datos*



### 3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

La presente tesis se enfoca en el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado Jacao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022.

Se toma de un puente temporal de autoconstrucción existente en la zona, el cual no cuenta con él un requisito mínimo de diseño, para ellos en primer lugar es necesario construir las características del lugar como suelo, topografía, función, etc. función, entre otras funciones, con estos parámetros podremos elegir el tipo de puente necesario en la zona. Por lo tanto, el predimensionamiento del puente se inició teniendo en cuenta la luz del puente y su ancho. Para diseño, suponga una carga de diseño HL93.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

##### 4.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR

El lugar donde se ubica el proyecto del puente tipo viga-losa se encuentra ubicado en el centro poblado de Jacao Bajo , Amarilis , Huánuco , este canal tiene un ancho de cause aproximado de 12 metros , y una altura de la parte inferior a la superior de 2.55 metros, otra característica de la zona es que presenta una topografía con una pendiente menor a 8% . Los meses de mayor precipitación en la región de Huánuco son diciembre, enero , febrero y marzo , formando escorrentías debido a que la zona presenta una impermeabilidad debido al suelo arcilloso.

##### 4.1.2. GEOMETRÍA PARA EL DISEÑO DEL PUENTE

Para el diseño del puente tipo viga-losa se tendra en cuenta la siguiente geometria:

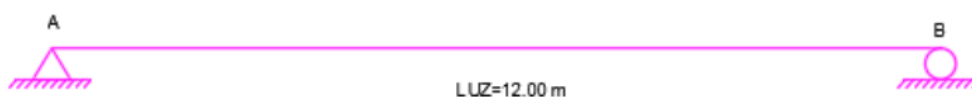
Luz del puente (L) = 12 m

N° de vias = 2

Ancho de berma= 90 cm

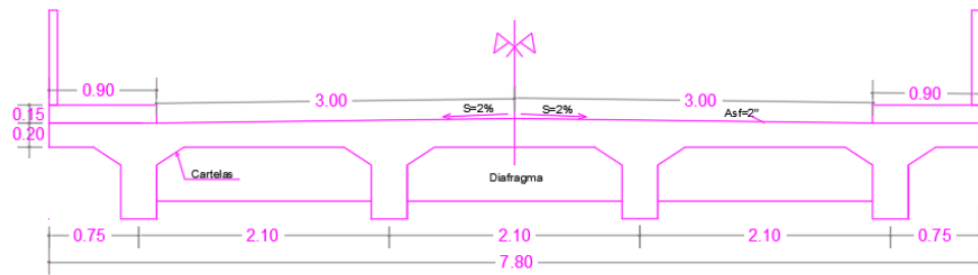
**Figura 27**

*Carga de puente*



**Figura 28**

*Carga de corte transversal del puente*



#### **4.1.3. MATERIALES DEL PUENTE**

Para realizar el diseño de la presente tesis se tomó en cuenta los siguientes materiales, en donde se definirá sus propiedades mecánicas para el análisis y diseño.

- $f'_c$  : 280 Kg/cm<sup>2</sup>
- $f'_y$  : 4200 Kg/cm<sup>2</sup>
- Espesor de la carpeta asfáltica : 0.05 m
- Módulo de elasticidad ( $E_c$ ) : 20000 MPa

#### **4.1.4. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA SUPERESTRUCTURA**

Para realizar el predimensionamiento de la estructura del puente tipo viga-losa debemos tener en cuenta el siguiente esquema:

**Figura 29**

*Proceso de diseño de puente viga-losa*



Según la anterior imagen debemos predimensionar el ancho de las vigas y la losa.

➤ **Ancho de Viga**

La fórmula para determinar el ancho de viga es

$$b = 0.0157 \times \sqrt{S'} \times L$$

$$b = 0.0157 \times \sqrt{2.1} \times 12$$

$$b = 0.273018 \text{ m}$$

$$b = 0.30 \text{ m (redondeando a multiplo de 5)}$$

$$h_{min} = 0.07 \times L$$

$$h_{min} = 0.07 \times 12$$

$$h_{min} = 84 \text{ cm}$$

$$h_{min} = 0.85 \text{ m (redondeando a múltiplo de 5)}$$

#### ➤ **Ancho de Losa**

Para realizar el predimensionamiento sobre el espesor de la losa se emplean tres criterios:

i. En tableros de concreto apoyados en elementos longitudinales:

$t_{min} = 0.175$  debe ser  $> 0$  = a este valor

ii. Aunque el acero principal es perpendicular al tráfico es posible tomar es fórmula como versiones anteriores

$$t_{min} = \frac{S + 3000}{30} \geq 165 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 160 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 165 \text{ mm (tomaremos un valor conservador)}$$

iii. Teniendo en cuenta las disposiciones del espesor de la losa utilizaremos

$$t_{min} = 0.20 \text{ m (valor conservador)}$$

Entonces viendo estos 3 criterios tomaremos como valor del espesor 20 cm.

#### **4.1.5. METRADO DE LAS CARGAS**

La carga que actúa sobre la losa de piso es del tipo de carga: CM, CV, C.I; Como se explica en el marco teórico, la losa del tablero tiene dos componentes en la superestructura: al igual que el tablero y el ancho de canto del puente, teniendo el carácter de losa maciza unidireccional, el respectivo metrado de las cargas se realizará sobre una longitud de 1m, y los cálculos se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 21**

*Metrado de la viga principal- franja interior*

| DISEÑO DE LA FRANJA INTERIOR (tablero):                                                                                                                                                                                                                                                          | DISEÑO DE LA VIGA PRINCIPAL:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>CARGA MUERTA</b></p> <p><math>W_{losa} = 0.20m \times 1m \times 2.4T/m^3 = 480 \text{ Kg/m}</math></p> <p><math>W_{borde} = 0.2m \times 0.825m \times 1m \times 2.4Tn/m^3 = 396 \text{ Kg/m}</math></p> <p><math>W_{asf} = 0.05m \times 1m \times 2.25Tn/m^3 = 113 \text{ Kg/m}</math></p> | <p><b>CARGA MUERTA (DC)</b></p> <p><math>W_{losa} = 0.20m \times 2.1m \times 2400Kg/m^3 = 1008 \text{ Kg/m}</math></p> <p><math>W_{viga} = 0.65m \times 0.30 \times 2400Kg/m^3 = 468 \text{ Kg/m}</math></p> <p><math>W_{cartelas} = 2 \times (0.50 \times 0.15 \times 0.23) \times 2400Kg/m^3 = 83 \text{ Kg/m}</math></p> <p><b>CARGAS PUNTUALES (Pdiaf.)</b></p> <p><math>P_{diaf.} = (0.85 - 0.35) \times (2.10 - 0.3) \times 0.25 \times 2.4 = 0.54 \text{ Tn}</math></p> <p><b>CARGA POR SUPERFICIE DE RODADURA (DW):</b></p> <p><math>W_{asf} = 0.05m \times 2250Kg/m^3 \times 2.10m = 236.25 \text{ Kg/m}</math></p> |

En la anterior tabla se realizó el metrado de la franja interior y la viga principal para posteriormente realzar las combinaciones que nos indica la norma y poder realizar el análisis estructural.

#### 4.1.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PUENTE

En este punto del trabajo se realiza un análisis estático del puente viga-placa con el objetivo de determinar los valores de las cargas de diseño en función de las cargas aplicadas al DMF, DFC, etc. Se pueden determinar las cargas últimas y utilizar estos resultados en el diseño de elementos estructurales. Una sugerencia para el análisis del puente de placa de viga es que este tipo de puente se comporta como una placa sólida unidireccional, lo que facilita el análisis como una estructura isostática para determinar los momentos y las fuerzas cortantes que actúan en la losa maciza.

**Tabla 22**

*Metrado de la franja interior y viga principal*

| DISEÑO DE LA FRANJA INTERIOR<br>(tablero): | DISEÑO DE LA VIGA PRINCIPAL:                 |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>CARGA MUERTA</b>                        | <b>CARGA MUERTA:</b>                         |
| <b>CARGA LOSA</b>                          | $W_{DC} = \frac{W_{DC} \times L^2}{8}$       |
| $-MDC1 = -0.18 T - m$ (eje B)              | $MDC1 = 28.059 T - m$                        |
| $-MDC1.izq. = -0.12 T - m$ (cara izq. B)   | <b>CARGA DE PUNTUALES:</b>                   |
| $-MDC1.der. = -0.12 T - m$ (cara der. B)   | $W_{DC2} = \frac{P_{diaf} \times L^2}{8}$    |
| <b>PESO DE BORDE:</b>                      | $M_{losa} = 1.619 T - m$                     |
| $-MDC2 = 0.07 T - m$ (eje B)               | $TOTAL: 28.059 + 1.619 = 29.68 T - m$        |
| $-MDC1.izq. = 0.04 T - m$ (cara izq. B)    | <b>SUPERFICIE DE RODADURA(DW):</b>           |
| $-MDC1.der. = 0.07 T - m$ (cara der. B)    | $W_{DW} = \frac{W_{DC} \times L^2}{8}$       |
| <b>SUPERFICIE DE RODADURA(DW):</b>         | $M_{losa} = 4.25 T - m$                      |
| $-MDW = -0.05 T - m$ (eje B)               | <b>CARGA VIVA (LL+IM)</b>                    |
| $-MDW.izq. = -0.03 T - m$ (cara izq. B)    | $MLL + IM = 97.72 \times 0.61 = 59.61 T - m$ |
| $-MDW.der. = -0.03 T - m$ (cara der. B)    |                                              |

➤ **Carga muerta de la losa**

Criterios de la LRFD

*Resistencia I:  $U = (1.25 \text{ o } 0.90)DC + (1.50 \text{ o } 0.65)DW + 1.75(LL + IM)$*

*Servicio :  $U = 1.0DC + 1.0DW + 1.0(LL + IM)$*

**Tabla 23**

*Combinaciones de carga y factores de carga*

|                       | DC             | LL              | WA | WS  | WL  | FR | TU        | TG              |                                                                           |
|-----------------------|----------------|-----------------|----|-----|-----|----|-----------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                       | DD             | IM              |    |     |     |    | CR        |                 |                                                                           |
| Combinación De Cargas | D              |                 |    |     |     |    |           |                 | Usar Solamente Uno De Los Indicados En Estas Columnas En Cada Combinación |
|                       | W              | CE              |    |     |     |    | SH        |                 |                                                                           |
|                       | EH             | BR              |    |     |     |    |           | SE              | EQ                                                                        |
|                       | EV             | PL              |    |     |     |    |           |                 | IC                                                                        |
|                       |                |                 |    |     |     |    |           |                 | CT                                                                        |
|                       |                |                 |    |     |     |    |           |                 | CV                                                                        |
| Estado Límite         | ES             | LS              |    |     |     |    |           |                 |                                                                           |
| RESISTENCIA I         | Y <sub>P</sub> | 1.75            | 1  |     |     | 1  | 0.50/1.20 | Y <sub>TG</sub> | Y <sub>SE</sub>                                                           |
| RESISTENCIA II        | Y <sub>P</sub> | 1.35            | 1  |     |     | 1  | 0.50/1.20 | Y <sub>TG</sub> | Y <sub>SE</sub>                                                           |
| RESISTENCIA III       | Y <sub>P</sub> |                 | 1  | 1.4 |     | 1  | 0.50/1.20 | Y <sub>TG</sub> | Y <sub>SE</sub>                                                           |
| RESISTENCIA IV        |                |                 |    |     |     |    |           |                 |                                                                           |
| Sólo EH, EV, ES       | Y <sub>P</sub> | 1               |    |     |     | 1  | 0.50/1.20 |                 |                                                                           |
| DW, DC                |                | 1.5             |    |     |     |    |           |                 |                                                                           |
| RESISTENCIA V         | Y <sub>P</sub> | 1.35            | 1  | 0.4 | 0.4 | 1  | 0.50/1.20 | Y <sub>TG</sub> | Y <sub>SE</sub>                                                           |
| EVENTO EXTREMO I      | Y <sub>P</sub> | Y <sub>EC</sub> | 1  |     |     | 1  |           |                 | 1                                                                         |
| EVENTO EXTREMO II     | Y <sub>P</sub> | 0.5             | 1  |     |     | 1  |           |                 |                                                                           |
| SERVICIO I            | Y <sub>P</sub> | 1               | 1  | 0.3 | 0.3 | 1  | 1/1.2     | Y <sub>TG</sub> | Y <sub>SE</sub>                                                           |
| SERVICIO II           | Y <sub>P</sub> | 1.3             | 1  |     |     | 1  | 1/1.2     | Y <sub>TG</sub> | Y <sub>SE</sub>                                                           |
| SERVICIO III          | Y <sub>P</sub> | 0.8             | 1  |     |     | 1  | 1/1.2     | Y <sub>TG</sub> | Y <sub>SE</sub>                                                           |
| FARTIGA               |                |                 |    |     |     |    |           |                 |                                                                           |
| Sólo LL, IM, CE       |                | 0.75            |    |     |     |    |           |                 |                                                                           |

*Fuente: Manual de puentes de la MTC*

Estos factores se eligen para producir un efecto de factor extremo general.

**Tabla 24**

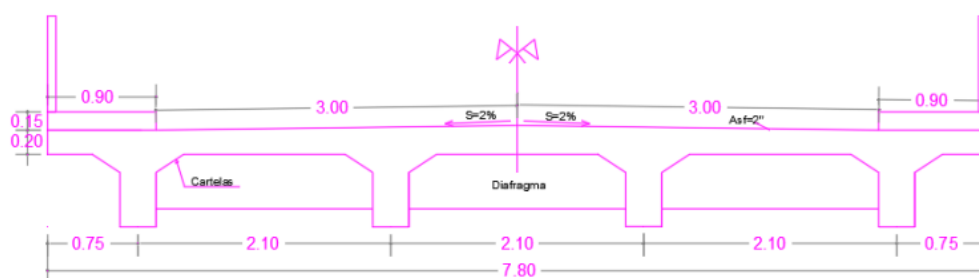
*Factores de carga permanentes*

| TIPO DE CARGA                                                     | Máximo | Mínimo |
|-------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| DC: Elemento y accesorios                                         | 1.25   | 0.9    |
| DC: Sólo Resistencia IV                                           | 1.5    | 0.9    |
| DD: Fricción negativa: Pilotes, método Tomlinson                  | 1.4    | 0.25   |
| Pilotes, Método $\lambda$                                         | 1.05   | 0.3    |
| Ejes perforados                                                   | 1.25   | 0.35   |
| DW: Superficies de rodadura y accesorios                          | 1.5    | 0.65   |
| EH: Presión horizontal de tierra                                  | 1.50   | 0.90   |
| *Activa                                                           | 1.35   | 0.90   |
| * En reposo                                                       |        |        |
| Ev: Presión vertical de tierra                                    | 1.35   | N/A    |
| Estabilidad global                                                | 1.35   | 1.00   |
| Estructuras de retención                                          | 1.30   | 0.90   |
| Estructuras rígidas empotradas                                    | 1.35   | 0.90   |
| Pórticos rígidos                                                  | 1.95   | 0.90   |
| Estructuras flexibles empotrados excepto alcantarillas metálicas. | 1.50   | 0.90   |
| Alcantarillas metálicas                                           |        |        |
| ES: Carga superficial en el terreno                               | 1.5    | 0.75   |

## MOMENTOS DE FLEXIÓN POR CARGAS

**Figura 30**

*Detalle transversal del puente*



### Momentos negativo de diseño

LL+IM : CARGA SIGNIFICATIVA

DC y DW : CARGAS MENORES

Se calculará el M(-) en el apoyo interior en B para franja de losa= 1m

### a) Carga Muerta (DC)

#### Peso propio de la losa

$$Pp.Losa (Wlosa) = t_{min} \times 1m \times 2.4Tn/cm^3$$

$$Pp.losa = 0.48 Tn/m$$

Con el uso del software SAP2000 ,donde se colocara 4 apoyos fijos:

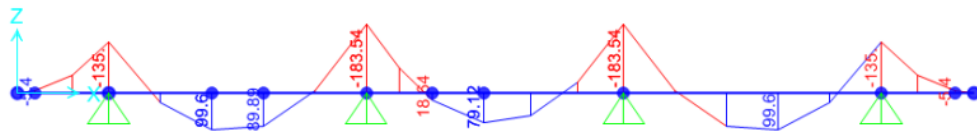
**Figura 31**

*Carga distribución del peso propio de la losa-SAP2000*



**Figura 32**

*Momento del peso propio de la losa-SAP2000*



Se determinaran los momentos negativos en el apoyo B

#### Carga de losa

$$MDC1 = -0.18 T - m \text{ (en el eje B)}$$

$$MDCI.Izq = -0.12 T - m \text{ (cara izquierda de B)}$$

$$MDCI.Der = -0.12 T - m \text{ (cara derecha de B)}$$

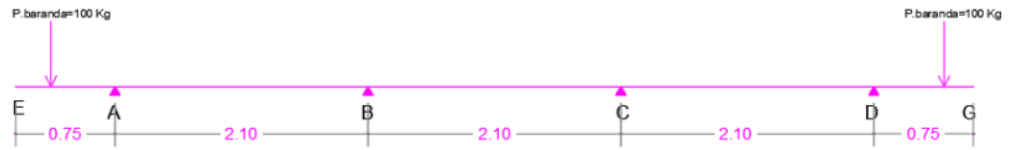
#### Peso de barandas:

$$Pp.baranda = 0.10 m^2 \times 1m \times 2.4Tn/m^3$$

$$Pp.baranda = 0.24 Tn/m$$

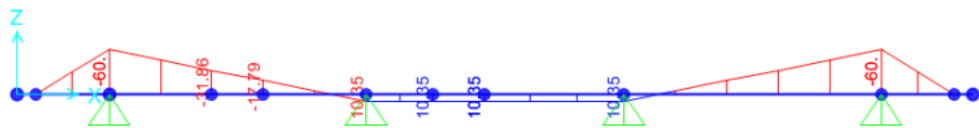
**Figura 33**

*Carga de peso de las barandas*



**Figura 34**

*Momento por carga de vereda-SAP2000*



$$MDC2 = 0.01 T - m \text{ (en el eje B)}$$

$$MDCI.Izq = 0.005 T - m \text{ (cara izquierda de B)}$$

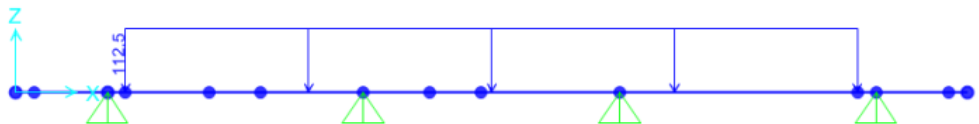
$$MDCI.Der = 0.01 T - m \text{ (cara derecha de B)}$$

**b) Carga por superficie de rodadura (DW)**

$$Asf2'' = 0.05 \times 1.00 \times 2250 = 112.5 \text{ Kg/m}$$

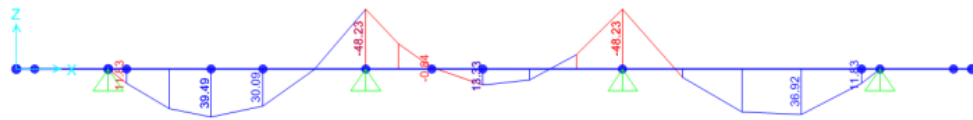
**Figura 35**

*Carga repartida de la carga de rodadura-SAP2000*



**Figura 36**

*Diagrama de momentos por carga de rodadura-SAP2000*



Se considera momentos en eje y en las caras de la viga.

MDW = -48.23 = -0.05 T-m (en el eje B)

MDW.Izq = -30.70 = -0.03 T-m (cara izquierda de B)

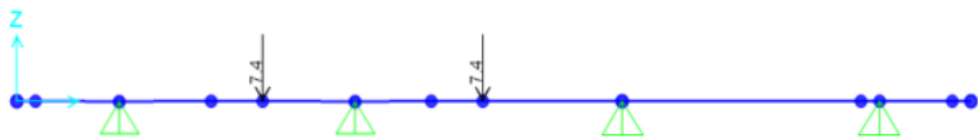
MDW.Der = -32.79 = -0.03 T-m (cara derecha de B)

c) Carga viva y efecto de carga dinámica (LL+IM)

Sabiendo la ubicación de las cargas que generan el M. momento negativo en B y también en las cara.

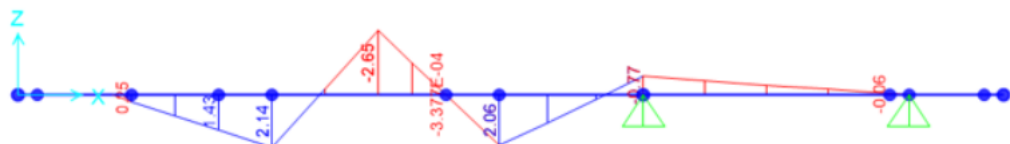
**Figura 37**

*Cargas puntuales por carga viva crítica-SAP2000*



**Figura 38**

*Diagrama de momentos resultante en la losa por carga viva crítica-SAP2000*



De donde se tiene:

Ancho de franja que se distribuye es:

$$E(-) = 1220 + 0.25 \times S'$$

$$E(-) = 1745 \text{ mm}$$

$$E(-) = 1.75 \text{ m}$$

### Para el cálculo de la carga Viva

$$M_{(-)LL+IM} = \frac{M_{(-)} + fact.pres}{E_{(-)}} \times 1.33$$

$$M_{(-)LL+IM} = -2.65 \text{ T} - m \text{ (en el eje B)}$$

$$M_{(-)LL+IM.Izq} = -1.8 \text{ T} - m \text{ (cara izquierda de B)}$$

$$M_{(-)LL+IM.der} = -1.9 \text{ T} - m \text{ (cara derecha de B)}$$

Resultados:

$$M_{(-)LL+IM} = \frac{-2.65 \times 1.2 \times 1.33}{1.75} = -2.4 \text{ (en el eje B)}$$

$$M_{(-)LL+IM} = \frac{-1.8 \times 1.2 \times 1.33}{1.75} = -1.6 \text{ (cara izquierda de B)}$$

$$M_{(-)LL+IM} = \frac{-1.9 \times 1.2 \times 1.33}{1.75} = -1.7 \text{ ((cara derecha de B)}$$

### Otro metodo

En la siguiente tabla se puede determinar el momento máximo de sobrecarga calculado sobre la losa, el momento que actúa sobre la losa apoyada en al menos tres vigas y el ancho mínimo de 4,20 m entre los ejes de las vigas exteriores. Refuerzo de cabeza actual y dinámico. La interpolación también es posible para distancias distintas a las anteriores.

**Tabla 25***Momentos Negativos según la luz del puente*

| <i>S (mm)</i> | <i>Momento positivo</i> | <i>MOMENTO NEGATIVO</i>                                   |              |               |               |               |               |               |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|               |                         | <i>Distancia desde el eje de la viga hasta la sección</i> |              |               |               |               |               |               |
|               |                         | <i>0.0 mm</i>                                             | <i>75 mm</i> | <i>150 mm</i> | <i>225 mm</i> | <i>300 mm</i> | <i>450 mm</i> | <i>600 mm</i> |
| 1300          | 21130                   | 11720                                                     | 10270        | 8940          | 7950          | 7150          | 6060          | 5470          |
| 1400          | 21010                   | 14140                                                     | 12210        | 10340         | 8940          | 7670          | 5960          | 5120          |
| 1500          | 21050                   | 16320                                                     | 14030        | 11720         | 9980          | 8240          | 5820          | 5250          |
| 1600          | 21190                   | 18400                                                     | 15780        | 13160         | 11030         | 8970          | 5010          | 4290          |
| 1700          | 21440                   | 20140                                                     | 17290        | 14450         | 12010         | 9710          | 6060          | 4510          |
| 1800          | 21790                   | 21690                                                     | 18660        | 15630         | 12930         | 10440         | 6270          | 4790          |
| 1900          | 22240                   | 23050                                                     | 19880        | 16710         | 13780         | 11130         | 6650          | 5130          |
| 2000          | 22780                   | 24260                                                     | 20960        | 17670         | 14550         | 11770         | 7030          | 5570          |
| 2100          | 23380                   | 26780                                                     | 23190        | 19580         | 16060         | 12870         | 7410          | 6080          |

*Para S = 2.10 m**En el eje B = 26780 Nmm/mm = - 2.7 Tm/m**En la cara de viga a 15 cm = 19580 Nmm/mm = -2 Tm/m*

Realizaremos una comparacion por ambos metodos y según esto se optara el resutlado según el criterio del autor.

**Tabla 26***Tabla de comparación del método A y B*

| COMPARACIÓN | M(-)LL+IM.izq | M(-)LL+IM.eje.B | M(-)LL+IM.der. |
|-------------|---------------|-----------------|----------------|
| METODO "A"  | -1.6          | -2.4            | -1.7           |
| METODO "B"  | -2            | -2.7            | -2             |

Se eligira Iso resultados por el metodo A.

**Tabla 27***Momentos por carga en "A"*

| CARGA      | TIPO  | M(-).DER | M(-).IZQ | M(-).EJE | γ (RESISTENCIA I) |
|------------|-------|----------|----------|----------|-------------------|
| LOSA       | DC1   | -0.12    | -0.12    | -0.18    | 1.25              |
| VEREDA     | DC2   | 0.1      | 0.005    | 0.1      | 0.9               |
| ASFALTO    | DW    | 0.03     | -0.03    | 0.05     | 1.5               |
| CARGA VIVA | LL+IM | -1.74    | -1.65    | -2.4     | 1.75              |

Diseño para el estado límite de Resistencia I

$$M_u = (1.25 \text{ o } 0.9) MDC + (1.50 \text{ o } 0.65) MDW + 1.75 M(LL + IM)$$

En el eje B

$$M_u = -4.55 T - m$$

En el lado izquierdo

$$M_{u.izq} = -3.08 T - m$$

En el lado izquierdo

$$M_{u.izq} = -3.24 T - m$$

Se elige el mayor .

### **MOMENTOS POSITIVO DE DISEÑO**

Los momentos positivos se determinará empleando el método de línea de influencia como se muestra :

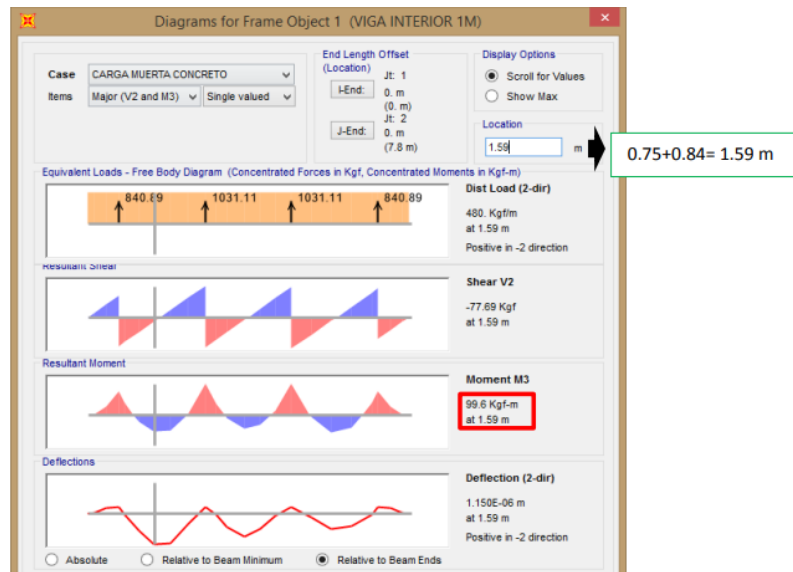
#### **a) Carga Muerta (DC):**

$$MDC = 99.60 Kg - m$$

$$MDC = 0.10 T - m$$

**Figura 39**

*Momento de la C.M a 1.59 m*



**Para baranda:**

$$MDC.bar = -31.86 \text{ Kg} - m$$

$$MDC.bar = -0.03 \text{ Tn} - m$$

**Figura 40**

*Momento de la C.M a 1.59m*



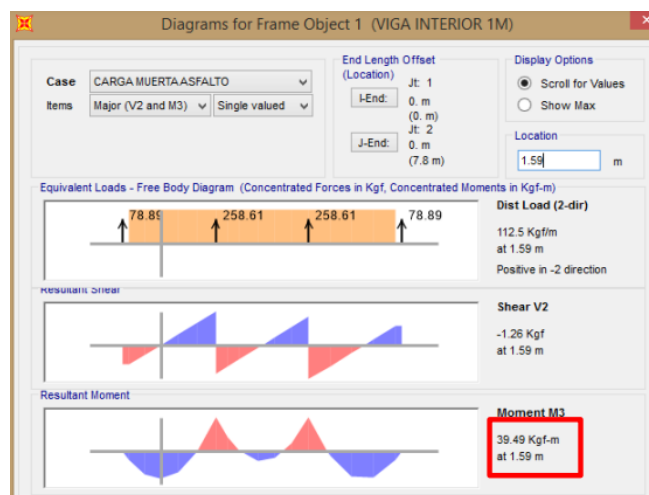
**b) Carga por superficie de rodadura (DW):**

$$MDW = 39.49 \text{ Kg} - m$$

$$MDW = 0.04 \text{ T} - m$$

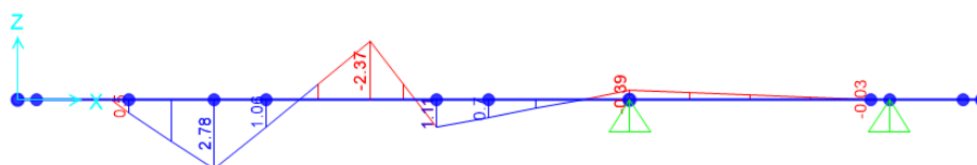
**Figura 41**

*Momento a una distancia de 1.59 m*



**Figura 42**

*Momento flector resultante para la carga viva*



### c) Carga viva y efecto de carga dinámica (LL+M)

Empleando el metodo de tablas por el ingeniero Serquen

**Tabla 28**

*Momentos negativos*

| S (mm) | Momento positivo | MOMENTO NEGATIVO                                   |       |        |        |        |        |        |
|--------|------------------|----------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        |                  | Distancia desde el eje de la viga hasta la sección |       |        |        |        |        |        |
|        |                  | 0.0 mm                                             | 75 mm | 150 mm | 225 mm | 300 mm | 450 mm | 600 mm |
| 1300   | 21130            | 11720                                              | 10270 | 8940   | 7950   | 7150   | 6060   | 5470   |
| 1400   | 21010            | 14140                                              | 12210 | 10340  | 8940   | 7670   | 5960   | 5120   |
| 1500   | 21050            | 16320                                              | 14030 | 11720  | 9980   | 8240   | 5820   | 5250   |
| 1600   | 21190            | 18400                                              | 15780 | 13160  | 11030  | 8970   | 5010   | 4290   |
| 1700   | 21440            | 20140                                              | 17290 | 14450  | 12010  | 9710   | 6060   | 4510   |
| 1800   | 21790            | 21690                                              | 18660 | 15630  | 12930  | 10440  | 6270   | 4790   |
| 1900   | 22240            | 23050                                              | 19880 | 16710  | 13780  | 11130  | 6650   | 5130   |
| 2000   | 22780            | 24260                                              | 20960 | 17670  | 14550  | 11770  | 7030   | 5570   |
| 2100   | 23380            | 26780                                              | 23190 | 19580  | 16060  | 12870  | 7410   | 6080   |

Se obtendra como resultados:

**Tabla 29**

*Comparación del método A y B*

| COMPARACIÓN | M(+ )LL+IM.izq. |
|-------------|-----------------|
| METODO "A"  | 2.8             |
| METODO "B"  | -2.38           |

Se eligira el metodo A

**Tabla 30**

*Resumen por cargas en A*

| CARGA      | TIPO  | M(+).LL+IM | $\gamma$ (RESISTENCIA I) |
|------------|-------|------------|--------------------------|
| LOSA       | DC1   | 0.1        | 1.25                     |
| VEREDA     | DC2   | 0.03       | 0.9                      |
| ASFALTO    | DW    | 0.05       | 1.5                      |
| CARGA VIVA | LL+IM | 2.8        | 1.75                     |

Diseño mediante el estado límite de Resistencia I

$$Mu = (1.25 \text{ o } 0.9)MDC + (1.50 \text{ o } 0.65) \times MDW + 1.75M(LL + IM)$$

$$Mu = 5.019 T - m$$

### VIGA PRINCIPAL

A) Pre-dimensionamiento de losa:

Para predimensionar la losa se utiliza el siguiente criterio:

$$h_{min} = 0.07 \times L$$

$$h_{min} = 0.84 m, \text{ se eligira}$$

$$h_{min} = 85 \text{ cm y un diafragma de } = 25 \text{ cm}$$

### B) MOMENTO DE FLEXION POR CARGAS (viva interior)

#### CARGA MUERTA (DC):

Cargas distribuidas

$$W_{losa} = 0.20m \times 2.10m \times 2.4 Tn/m^3 = 1.0 Tn/m$$

$$W_{viga} = 0.65m \times 0.30m \times 2.4 Tn/m^3 = 0.47 Tn/m$$

$$W_{vereda} = 2 \times (0.5 \times 0.15m \times 0.23m) \times 2.4 Tn/m^3 = 0.083 Tn/m$$

$$W_{DC1} = 1.56 Tn/m$$

Este resultado se reemplazará en la siguiente ecuación:

$$W_{DC1} = \frac{W_{DC} \times L^2}{8}$$

$$W_{DC1} = \frac{1.56 \times 12^2}{8}$$

$$W_{DC1} = 28.066 tn - m$$

#### Cargas puntuales

$$P_{diaf} = (0.85m - 0.2m - 0.15m) \times (2.10m - 0.30m) \times 0.25m \times 2.4 Tn/m^3$$

$$P_{diaf} = 0.54 \text{ Tn}$$

Este resultado se reemplazará en la siguiente ecuación:

$$W_{DC2} = \frac{W_{DC} \times L^2}{8}$$

$$W_{DC2} = \frac{0.54 \times 12^2}{8}$$

$$W_{DC2} = 1.61 \text{ tn} - \text{m}$$

Luego se sumará estos momentos:

$$W_{DC1} + W_{DC2} = 28.066 + 1.61$$

$$W_{DC1} + W_{DC2} = 29.676 \text{ T} - \text{m}$$

Carga por superficie de rodadura (DW)

$$\times W_{asf.2''} = 0.05 \times 2.250 \times 210$$

$$W_{asf.2''} = 0.23 \text{ T} - \text{m}$$

$$W_{DW} = \frac{W_{DW} \times L^2}{8}$$

$$W_{DW} = \frac{0.23 \times 12^2}{8}$$

$$W_{DW} = 4.2 \text{ tn} - \text{m}$$

### **Carga viva y efecto de carga dinámica (LL+IM)**

Consideraremos el momento por la carga dinámica anteriormente hallado

$$MLL+IM = 99.23 \text{ T-m}$$

Donde:

% de momento "g" que se distribuye

g: factor de distribución

$$g = 0.06 + \left(\frac{S}{4300}\right)^{0.4} \times \left(\frac{S}{L}\right)^{0.3} \times \left(\frac{K_g}{L \times t_s^3}\right)^{0.1}$$

Se determinará el centro de gravedad de la losa y viga (eg), el momento de inercia y el área de la viga:

$$e_g = \left(\frac{65}{2}\right) + \left(\frac{20}{2}\right)$$

$$e_g = 42.5 \text{ cm}$$

$$I_{viga} = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$Iviga = \frac{30 \times 65^3}{12}$$

$$Iviga = 686562 \text{ cm}^4$$

$$Aviga = b \times hviga$$

$$Aviga = 0.30m \times 0.65m$$

$$Aviga = 0.1950 \text{ m}^2$$

$$Kg = n(Iviga + Aviga \times e_g^2)$$

$$Kg = 1 \times (686562 \text{ cm}^2 + 1950 \text{ cm}^2 \times (42.5 \text{ cm})^2)$$

$$Kg = 4208749.85 \text{ cm}^4$$

Reemplazaremos en la ecuación presentada anteriormente:

$$\left( \frac{Kg}{L \times t_s^3} \right)^{0.1} = 0.92$$

Entonces tendremos:

$$g = 0.06 + \left( \frac{S}{4300} \right)^{0.4} \times \left( \frac{S}{L} \right)^{0.3} \times \left( \frac{Kg}{L \times t_s^3} \right)^{0.1}$$

Reemplazando tenemos que :

$$g = 0.47$$

Para el caso hipotético de 2 carriles

$$g = 0.075 + \left( \frac{S}{2900} \right)^{0.6} \times \left( \frac{S}{L} \right)^{0.2} \times \left( \frac{Kg}{L \times t_s^3} \right)^{0.1}$$

Reemplazando tenemos que :

$$g = 0.61$$

Entonces:

$$MLL + IM = 0.61 \times 99.23$$

$$MLL + IM = 60.6 \text{ T} - m$$

**Tabla 31***Resumen de momentos en la franja de borde*

| CARGA | M(+) T-m | Yp (factor de carga) |          |        |
|-------|----------|----------------------|----------|--------|
|       |          | Resiste. I           | Serví. I | Fatiga |
| DC    | 29.7     | 1.25                 | 1        | 0      |
| DW    | 4.2      | 1.5                  | 1        | 0      |
| LL+IM | 60.6     | 1.75                 | 1        | 0.75   |

$$Mu = 1.25 \times MDC + 1.50 \times MDW + 1.75LL + IM$$

$$Mu = 149.5 \text{ T} - m$$

#### 4.1.7. DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA

Datos para el diseño de la estructura:

- Luz (L) : 12 metros
- N° de vías : 2
- s/c : HL-93
- S : 2.1 m
- S' : 1.8 m
- Espesor de Asfalto : 5 cm
- F'c : 280 Kg/cm<sup>2</sup>
- F'c : 2400 Kg/cm<sup>2</sup>

Una vez que se obtienen los momentos últimos, se procede al diseño de acero.

#### DISEÑO DEL TABLERO ACERO NEGATIVO

$$Mu = -3.23 \text{ T} - m$$

As. Principal paralelo al tráfico

Se asume que se utilizará  $\varnothing 1/2''$ , el recubrimiento 5 cm

$$\Phi = 12.7 \text{ mm}$$

La suma del diámetro del acero y la mitad del recubrimiento (z)

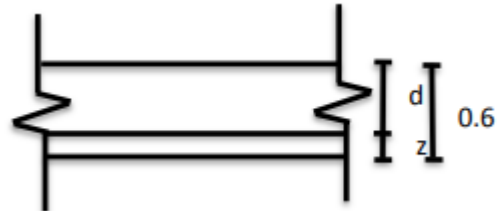
$$z = \varnothing 1'' + \Phi / 2$$

$$z = 5 \text{ cm} + \left( \frac{1.27 \text{ cm}}{2} \right)$$

$$z = 5.64 \text{ cm}$$

**Figura 43**

*Peralte efectivo del tablero*



Seguidamente procedemos a determinar el peralte efectivo:

$$d = 20 \text{ cm} - 5.64 \text{ cm}$$

$$d = 14.37 \text{ cm}$$

Reemplazaremos los valores encontrados:  $f_y$ ,  $M_u$  y “ $d$ ”.

$$AS = \frac{M_u}{0.9 \times f'_y \times (d - a/2)}$$

$$As = 6.5 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

Luego se reemplaza este resultado en la siguiente ecuación considerando como  $b$  ancho unitario de 100 cm:

$$a = \frac{AS \times f'_y}{0.85 \times f'_c \times b}$$

$$a = 0.176 \times As = 1.15 \text{ cm}$$

Para determinar la separa “ $S$ ” para acero de 1/2” , sabiendo que el acero de 1/2” tiene un área de 1.29 cm<sup>2</sup>

$$N^\circ \text{ de varillas} = \frac{6.5}{1.29} \cong 5$$

Por lo tanto, se colocará acero de 1/2” cada 20 cm.

**As. Máximo**

Una sección que no se encuentre sobre reforzada cumple con:  $f'c > 280 \times f'c/cm^2$ , a continuación, se reemplaza el valor de  $f'c=280$  Kg/cm<sup>2</sup>, para cada ecuación.

$$B1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f'c - 280}{70}$$

$$B1 = 0.85$$

$$c \leq \frac{a}{B1}$$

$$c = 1.35 \text{ cm}$$

Por lo tanto,  $c/de \leq 0.42$

$$\frac{c}{de} = 0.094 \leq 0.42 \quad \langle \rangle \quad SI \text{ CUMPLE}$$

### As mínimo

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir al menos valor de 1.20 Mcr y 1.33 Mu.

$$f'r = 2.01 \times \sqrt{f'c}$$

$$f'r = 33.63 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S \leq \frac{b \times h^2}{6}$$

$$S = 6666.6 \text{ cm}^3$$

$$1.20 \times Mcr = 1.20 \times f'r \times S$$

$$f'r = 2.69 T - m$$

$$1.33 \times Mu = 4.53 T - m$$

### DISEÑO DEL TABLERO ACERO POSITIVO

$$Mu = 5.02 T - m$$

As. Principal paralelo al tráfico

Se asume que se utilizará  $\emptyset 1/2"$ , el recubrimiento 2.5 cm

$$\Phi = 12.7 \text{ mm}$$

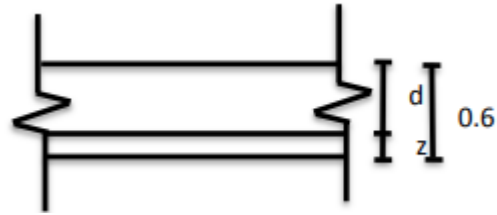
$$z = \emptyset 1" + \Phi / 2$$

$$z = 2.5 \text{ cm} + \left( \frac{1.27 \text{ cm}}{2} \right)$$

$$z = 3.14 \text{ cm}$$

**Figura 44**

*Peralte efectivo del tablero*



Seguidamente procedemos a determinar el peralte efectivo:

$$d = 20cm - 3.14cm$$

$$d = 16.87 cm$$

Reemplazaremos los valores conocidos como:  $f'y$ ,  $M_u$  y " $d$ ".

$$AS = \frac{M_u}{0.9 \times f'y \times (d - a/2)}$$

$$As = 6.8 cm^2/cm$$

Luego se reemplaza este resultado en la siguiente ecuación considerando como  $b$  ancho unitario de 100 cm:

$$a = \frac{AS \times f'y}{0.85 \times f'c \times b}$$

$$a = 0.176 \times As = 1.2cm$$

Para determinar la separa " $S$ " para acero de 1/2" , sabiendo que el acero de 1/2" tiene un área de 1.29 cm<sup>2</sup>

$$N^\circ de varillas = \frac{6.8}{1.29} \cong 5.25$$

Por lo tanto, se colocará acero de 1/2" cada 17.5 cm.

### As. Máximo

Una sección que no se encuentre sobre reforzada cumple con:  $f'c > 280 \times f'c/cm^2$ , a continuación, se reemplaza el valor de  $f'c=280$  Kg/cm<sup>2</sup>, para cada ecuación.

$$B1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f'c - 280}{70}$$

$$B1 = 0.85$$

$$c \leq \frac{a}{B1}$$

$$c = 1.42 \text{ cm}$$

Por lo tanto,  $c/de \leq 0.42$

$$\frac{c}{de} = 0.084 \leq 0.42 \quad \langle \rangle \quad SI \text{ CUMPLE}$$

### As mínimo

La cantidad de acero proporcionada es al menos 1.20 Mcr y 1.33 Mu.

$$f'r = 2.01 \times \sqrt{f'c}$$

$$f'r = 33.63 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S \leq \frac{b \times h^2}{6}$$

$$S = 6666.6 \text{ cm}^3$$

$$1.20 \times Mcr = 1.20 \times f'r \times S$$

$$f'r = 2.69 \text{ T-m}$$

$$1.33 \times Mu = 6.68 \text{ T-m}$$

### As. De Distribución

Si es paralela al tráfico:

$$\% = \frac{3840}{\sqrt{S}} \leq 67\%$$

$$\% = 90.5096$$

$$As. \text{ Repartido} = 4.55 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

Se utilizará varillas de  $\emptyset$  1/2" separados:

$$\emptyset 5/8" = 1.29 \text{ cm}^2 \quad ; \quad s = 0.25 \text{ m}$$

Por lo tanto, se colocará acero de 1/2" cada 25 cm

### As. De temperatura

Para el proyecto se colocará el acero de temperatura en dos capas, ya que para elementos con peralte mayor a 15 cm se debe incluir este tipo de sistema constructivo.

$$AT^{\circ} = 0.0018 \times Ag$$

$$AT^{\circ} = 3.6 \text{ cm}^2$$

$$AT^{\circ} \times \text{capa} = 1.80 \text{ cm}^2 / \text{capa}$$

Emplearemos acero de  $\varnothing 3/8"$  separados a:

$$A_{ac.} = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$S = 0.39 \text{ cm} = 0.40 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 3 \times t$$

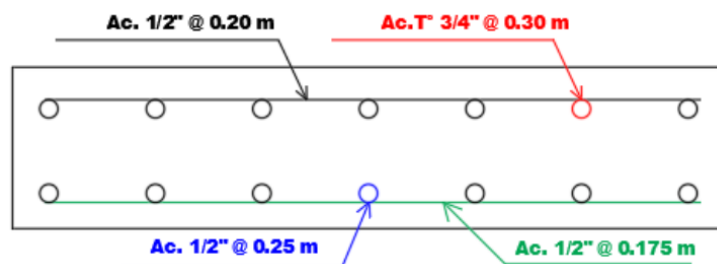
$$S_{max} = 0.45$$

$$S_{max} = 3 \times 0.2 = 0.6$$

Según los resultados obtenidos vemos que nuestro espaciamiento resultante es 40 cm, pero cambiaremos el espaciamiento a cada 30 centímetros para un valor más conservador.

**Figura 45**

*Acero longitudinal*



## REVISIÓN DE FISURACIÓN POR DISTRIBUCIÓN

### ACERO NEGATIVO

Según el código ACI 350r-01 , nos indica que se debe verificar el espaciamiento "S" en los aceros de refuerzo esto con el objetivo de cumplir las condiciones del medio ambiente.

$$f_{sa} = \frac{Z}{(dc \times A)^{1/3}} / \leq 0.60 f_y$$

La suma del diámetro del acero y la mitad del recubrimiento (z)

$$dc = r'' + \phi 1'' / 2$$

$$dc = 5 + \frac{1.27}{2}$$

$$dc = 5.64 \text{ cm}$$

Reemplazamos el valor de "dc" en la siguiente ecuación:

b: espacio del acero = 0.10 m y nv: número de varillas = 1.00

$$A = \frac{(2dc) \times b}{n_v}$$

$$A = \frac{(2 \times 5.64) \times 0.20}{1.00}$$

$$A = 225.4 \text{ cm}^2$$

Para parámetros relacionado con el ancho de fisuras "Z", y para elementos en condición de exposición moderada

$$Z = 30000 \text{ N/mm}$$

Se realiza la conversión donde 1N=9.8067; 1MPa=10.197 Kg/cm<sup>2</sup> , obteniendo

$$Z = 30591.33 \text{ Kg/cm}$$

Después de hallar "A", " dc ", reemplazamos en fsa

$$f_{sa} = \frac{30591.33}{(5.64 \times 225.40)^{1/3}} / \leq 0.60 f_y$$

$$f_{sa} = 2825 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sa} = 0.6 \times 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sa} = 2520 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_s = \frac{M_s \times c}{I}$$

$$M_s = (1 \times MDC + 1 \times MDW + 1 \times MLL + IM)$$

$$M_s = -1.95 \text{ T} - m$$

Para un ancho tributario de 1 metro:

$$M_s = -0.39 \text{ T} - m$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa} = 2039400.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 15344 \times \sqrt{f'c}$$

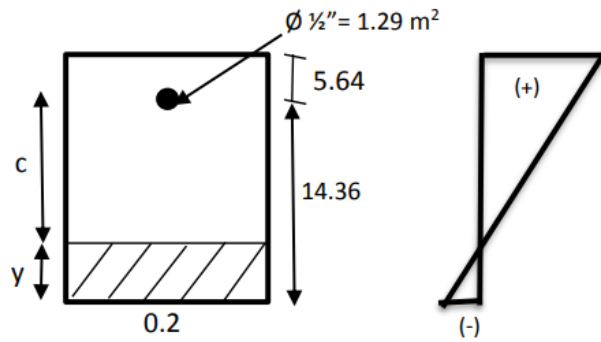
$$E_c = 256754.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$n = E_s/E_c$$

$$n = 8.00$$

**Figura 46**

*Esfuerzo del acero*



Área de acero transformada

$$A_{st} = \text{relación modular} \times \text{Área de acero}$$

$$A_{st} = 10.32 \text{ cm}^2$$

Se determinará el valor de "y"

$$20y\left(\frac{y}{2}\right) = 10.32 \times (14.37 - y)$$

$$y = 3.37 \text{ cm}$$

$$c = 14.36 - y$$

$$c = 10.99 \text{ cm}$$

$$I = A_{st} \times c^2 + \frac{b \times y^3}{3}$$

$$I = 10.32 \times 10.99^2 + (20) \times \frac{(3.37)^3}{3}$$

$$I = 1501.60 \text{ cm}^4$$

Luego:

$$f_s = \frac{(M_s) \times c}{I} \times n$$

$$f_s = \frac{(-0.39 \times 100000) \times 10.99}{1501.60} \times 8$$

$$f_s = 2282.87 \text{ Kg/cm}^2 < 2520 \text{ Kg/cm}^2 \ll \gg \text{ SI CUMPLE}$$

### ACERO POSITIVO

Según el código ACI 350r-01 , nos indica que se debe verificar el espaciamiento "S" en los aceros de refuerzo esto con el objetivo de cumplir las condiciones del medio ambiente.

$$f_{sa} = \frac{Z}{(dc \times A)^{1/3}} / \leq 0.60f_y$$

La suma del diámetro del acero y la mitad del recubrimiento (z)

$$dc = r'' + \phi 1'' / 2$$

$$dc = 2.5 + \frac{1.27}{2}$$

$$dc = 3.14 \text{ cm}$$

Reemplazamos el valor de "dc" en la siguiente ecuación:

b: espacio del acero = 0.10 m y nv: número de varillas = 1.00

$$A = \frac{(2dc) \times b}{n_v}$$

$$A = \frac{(2 \times 3.14) \times 0.20}{1.00}$$

$$A = 124.4 \text{ cm}^2$$

Para parámetros relacionado con el ancho de fisuras "Z", y para elementos en condición de exposición moderada

$$Z = 30000 \text{ N/mm}$$

Se realiza la conversión donde 1N=9.8067; 1MPa=10.197 Kg/cm<sup>2</sup> , obteniendo

$$Z = 30591.33 \text{ Kg/cm}$$

Después de hallar "A", " dc ", reemplazamos en f<sub>sa</sub>

$$f_{sa} = \frac{30591.33}{(3.14 \times 225.40)^{1/3}} / \leq 0.60f_y$$

$$f_{sa} = 4187.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sa} = 0.6 \times 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sa} = 2520 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_s = \frac{M_s \times c}{I}$$

$$M_s = (1 \times MDC + 1 \times MDW + 1 \times MLL + IM)$$

$$M_s = 2.89 T - m$$

Para un ancho tributario de 1 metro:

$$M_s = 0.55 T - m$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa} = 2039400.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 15344 \times \sqrt{f'_c}$$

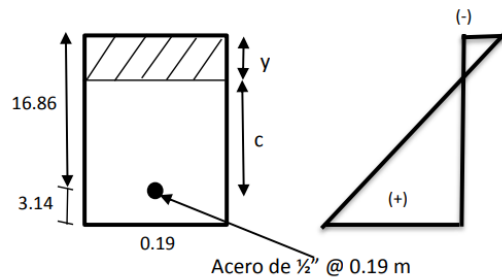
$$E_c = 256754.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$n = E_s/E_c$$

$$n = 8.00$$

**Figura 47**

*Esfuerzo del acero*



Área de acero transformada

$$A_{st} = \text{relación modular} \times \text{Área de acero}$$

$$A_{st} = 10.32 \text{ cm}^2$$

Se determinará el valor de "y"

$$20y\left(\frac{y}{2}\right) = 10.32 \times (16.86 - y)$$

$$y = 3.77 \text{ cm}$$

$$c = 16.86 - y$$

$$c = 13.09 \text{ cm}$$

$$I = A_{st} \times c^2 + \frac{b \times y^3}{3}$$

$$I = 10.32 \times 13.09^2 + (20) \times \frac{(3.77)^3}{3}$$

$$I = 2107.67 \text{ cm}^4$$

Luego:

$$f_s = \frac{(M_s) \times c}{I} \times n$$

$$f_s = \frac{(0.55 \times 100000) \times 13.09}{2107.67} \times 8$$

$$f_s = 2228 \text{ Kg/cm}^2 < 2520 \text{ Kg/cm}^2 \ll \gg \text{ SI CUMPLE}$$

## DISEÑO DE LA VIGA PRINCIPAL INTERIOR

### Análisis del acero principal

Para determinar el momento ultimo debemos tener en cuenta la siguiente ecuación:

$$Mu = 1.25 * M_{DC} + 1.50 * M_{DW} + 1.75M_{LL+IM}$$

$$Mu = 1.25 * 29.7 \text{ T-m} + 1.50 * 4.3 \text{ T-m} + 1.75 * 60.5 \text{ T-m}$$

$$Mu = 149.5 \text{ T-m}$$

Ancho efectivo:

$$L/4 = 12/4 = 3$$

$$12tf + tw = 12 * 0.20 + 0.30 = 2.7$$

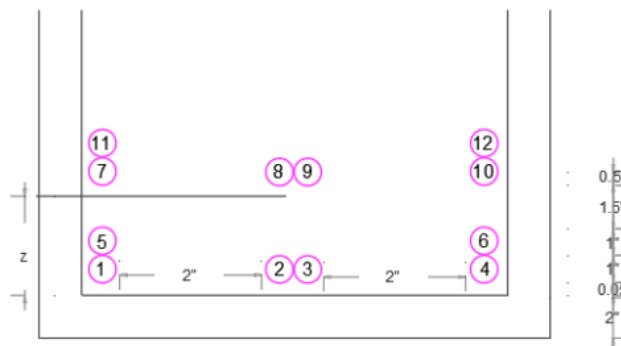
$$S = 2.1$$

Suponiendo:  $c = t = 0.20$

$$a = 0.85c = 0.17$$

**Figura 48**

Acero negativo de la viga



Para el cálculo de “Z” debemos tener en cuenta que la cantidad de acero.

$$A = 5.10$$

$$(12A)z = (4 \times A)(3.5'') + (4 \times A)(7'') + (2 \times A)(3'') + (2 \times A)(6.5'')$$

$$z = 5.08''$$

$$z = 13 \text{ cm}$$

$$d = 85 \text{ cm} - 13 \text{ cm}$$

$$d = 72.00 \text{ cm}$$

Luego se reemplazaremos los valores calculados y conocidos como:  $f'y$ ,  $M_u$  y “d”.

$$A_s = \frac{M_u}{0.9 \times f'y \times (d - a/2)}$$

$$A_s = \frac{149.5 * 10^5}{0.9 \times 4200 \times (72 - a/2)}$$

$$A_s = 59.22 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$\rho = \frac{59.22}{210 * 72}$$

$$\rho = 0.00412$$

$$c = 1.18 * \frac{\rho \times f_y \times d}{0.85 \times f'_c}$$

$$c = 6.18 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$$

$$A_s = \text{con } 12 \text{ } \emptyset 1'' = 61.2 \text{ cm}^2, \text{ para } b: 2.10 \text{ m}$$

$$a = \frac{A_s \times f'y}{0.85 \times f'_c \times b}$$

$$a = 0.084 \times A_s = 4.98 \text{ cm}$$

Ahora reemplazaremos “a” en la ecuación de “ $A_s$ ” :

$$A_s = \frac{148.3 * 10^5}{0.9 \times 4200 \times (72 - a/2)}$$

$$A_s = 59.22 \text{ cm}^2$$

Para determinar la separa “S” para acero de 1” , sabiendo que el acero de 1” tiene un área de 5.1 cm<sup>2</sup>

$$N^{\circ} \text{ de varillas} = \frac{59.22}{5.1} \cong 12$$

Por lo tanto, se colocará 12 varillas de acero de 1"

### As. Máximo

Una sección que no se encuentre sobre reforzada cumple con:  $f'c > 280 \times f'c/cm^2$ , a continuación, se reemplaza el valor de  $f'c=280$  Kg/cm<sup>2</sup>, para cada ecuación.

$$B1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f'c - 280}{70}$$

$$B1 = 0.85$$

$$c \leq \frac{a}{B1}$$

$$c = 5.85 \text{ cm}$$

Por lo tanto,  $c/de \leq 0.42$

$$\frac{c}{de} = 0.089 \leq 0.42 \quad \langle \rangle \quad SI \text{ CUMPLE}$$

### As mínimo

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir al menos valor de 1.20 M<sub>cr</sub> y 1.33 M<sub>u</sub>.

$$f'r = 2.01 \times \sqrt{f'c}$$

$$f'r = 33.63 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S \leq \frac{b \times h^2}{6}$$

$$S = 252875 \text{ cm}^3$$

$$1.20 \times M_{cr} = 1.20 \times f'r \times S$$

$$f'r = 102.07 \text{ T-m}$$

$$1.33 \times M_u = 198.9 \text{ T-m}$$

El menor valor es 102.07 T-m, la cantidad de acero calculada 59.22 cm<sup>2</sup>, resiste  $159.22 > 102.07$  T-m.

Por lo tanto, se usará 12 varillas de acero de 1"

### As. De temperatura

Para el puente tipo viga-losa se colocará el acero de temperatura en dos capas, ya que para elementos con peralte mayor a 15 cm se debe incluir este tipo de sistema constructivo.

$$AT^{\circ} = 0.0018 \times Ag$$

$$AT^{\circ} = 3.5 \text{ cm}^2$$

$$AT^{\circ} \times \text{capa} = 1.75 \text{ cm}^2 / \text{capa}$$

Emplearemos acero de  $\varnothing 5/8$ " separados a:

$$Aac. = 2 \text{ cm}^2$$

$$S_{max} = 3 \times t$$

$$S_{max} = 0.45$$

$$S_{max} = 3 \times 0.3 = 0.9$$

### Revision de fisuración por distribución de armadura

Según el código ACI 350r-01 , nos indica que se debe verificar el espaciamiento "S" en los aceros de refuerzo esto con el objetivo de cumplir las condiciones del medio ambiente.

$$f_{sa} = \frac{Z}{(dc \times A)^{1/3}} / \leq 0.60f_y$$

$$dc = \text{recubrimiento} + \varnothing_{estribo} + \frac{\varnothing}{2}$$

$$dc = 5 + 6.64$$

$$dc = 11.64 \text{ cm}$$

$$bw = \text{ancho del alma}$$

$$bw = 30 \text{ cm}$$

Reemplazamos el valor de "dc" en la siguiente ecuación:

b: espacio del acero = 0.10 m y nv: número de varillas = 12.00

$$A = \frac{(2dc) \times b}{n_v}$$

$$A = \frac{(2 \times 6.64) \times 0.30}{12.00}$$

$$A = 58.2 \text{ cm}^2$$

Para parámetros relacionado con el ancho de fisuras "Z", y para elementos en condición de exposición moderada

$$Z = 30000 \text{ N/mm}$$

Se realiza la conversión donde  $1\text{N}=9.8067$ ;  $1\text{MPa}=10.197 \text{ Kg/cm}^2$ , obteniendo

$$Z = 30591.33 \text{ Kg/cm}$$

Después de hallar "A", "dc", reemplazamos en  $f_{sa}$

$$f_{sa} = \frac{30591}{(11.64 \times 58.2)^{1/3}} / \leq 0.60 f_y$$

$$f_{sa} = 3483 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sa} = 0.6 \times 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sa} = 2520 \text{ Kg/cm}^2$$

Ahora se calcula la tensión del acero bajo la carga de servicio:

$$f_s = \frac{M_s \times c}{I}$$

$$M_s = (1 \times MDC + 1 \times MDW + 1 \times MLL + IM)$$

$$M_s = 93.58 \text{ T-m}$$

Para un ancho tributario de 1 metro:

$$M_s = 93.58 \text{ T-m}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa} = 2039400.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 15344 \times \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 256754.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$n = E_s/E_c$$

$$n = 8.00$$

Área de acero transformada

$$A_{st} = \text{relación modular} \times \text{Área de acero}$$

$$A_{st} = 489.6 \text{ cm}^2$$

Ahora se determinará el valor de "y"

$$210y\left(\frac{y}{2}\right) = 489.6 \times (72 - y)$$

$$y = 16.139 \text{ cm}$$

$$c = 72 - y$$

$$c = 55.86 \text{ cm}$$

$$I = A_{st} \times c^2 + \frac{b \times y^3}{3}$$

$$I = 489.6 \times 55.86^2 + (30) \times \frac{(16.14)^3}{3}$$

$$I = 1822030 \text{ cm}^4$$

Luego:

$$f_s = \frac{(M_s) \times c}{I} \times n$$

$$f_s = \frac{(94.5 \times 100000) \times 55.86}{1822030} \times 8$$

$$f_s = 2318 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 2520 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \ll \gg \text{ SI CUMPLE}$$

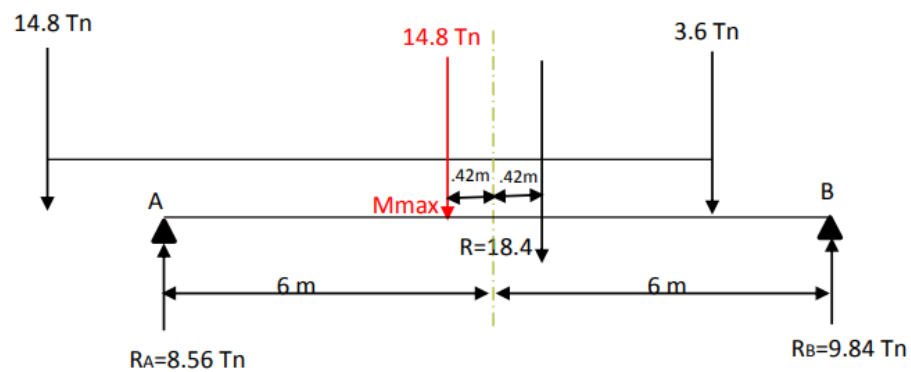
## FATIGA

### A) CARGA DE FATIGA

Se verifica considerando un camión de diseño, con una separación entre ejes de 14.8 T

**Figura 49**

*Carga de camión*



Para determinar el momento de la carga viva se realizará lo siguiente:

$$M_{LL} = 8.56 \text{ Tn} \times (6 \text{ m} - 0.42 \text{ m})$$

$$M_{LL} = 47.8 \text{ Tn} - m$$

Considera la distribución "g" de congestión de un carril y no considera el factor de distribución.

$$g_{FAT} = \frac{0.47}{1.2}$$

$$g_{FAT} = 0.39$$

$$M_{LL} + IM = 47.8 * 0.39$$

$$M_{LL} + IM = 18.72$$

Para el diseño por fatiga, consideraremos un aumento en el estado limite por fatiga de 1.15.

$$M_{fat} = n \times 0.75 \times M_{S/C} \times I_M$$

$$M_{fat} = 16.14 T - m/m$$

#### b) SECCION FISURADA

Se utiliza si la suma de los esfuerzos debido a las cargas permanentes no mayor más 1.5 veces la carga de fatiga, resultado una tensión de tracción mayor que:  $0.25 \times \sqrt{f'c}$

$$f_{tracc} = 0.25 \times \sqrt{f'c} \text{ MPa} = 0.8 \times \sqrt{f'c}$$

$$f_{tracc} = 13.4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M'_{fat} = M_{DC} + M_{DW} + 1.5 \times M_{fat}$$

$$M'_{fat} = 58.13 T - m$$

$$f_{fat} = \frac{M'_{fat}}{S}$$

$$f_{fat} = 23.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$23.00 > 13.4$$

#### c) VERIFICACION DE ESFUERZOS

De los datos calculados anteriormente se tendrán :

$$I_{ag} = 1822030 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{M_{fat} \times C}{I_{ag}}$$

$$f_s = \frac{(16.13 \times 10^5) \times 55.86}{1822030}$$

$$f = 49.45 \text{ Kg/cm}^2$$

Como

$$f = \frac{fs}{n}$$

$$f_{ll} = fs = 395.8 \text{ Kg/cm}^2$$

### Rango máximo de esfuerzo

Momento por carga muerta por franja interior:

$$M_{DL} = M_{DC} + M_{DW}$$

$$M_{DL} = 26.7 T - m + 4.25 Tn - m$$

$$M_{DL} = 33.95 T - m$$

Momento por carga muerta

$$f_{DL} = \frac{n \times M_{DL} \times c}{I_{ag}}$$

$$f_{DL} = \frac{8 \times 33.95 \times 10^5 \times 55.86}{1822030}$$

$$f_{DL} = 832.2 \text{ Kg/cm}^2$$

Por ser simplemente apoyada el esfuerzo mínimo es:

$$f_{min} = 0 + f_{DL}$$

$$f_{min} = 832 \text{ Kg/cm}^2$$

El esfuerzo máximo es el esfuerzo por carga viva + esfuerzo por carga muerta

$$f_{max} = fs + f_{min}$$

$$f_{max} = 396 \text{ Kg/cm}^2 + 832 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{max} = 1228 \text{ Kg/cm}^2$$

El rango de esfuerzos es:

$$f = f_{max} - f_{min}$$

$$f = 1228 \text{ Kg/cm}^2 - 832 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f = 396 \text{ Kg/cm}^2$$

El rango límite es:

$$f \leq 145 - 0.33 \times f_{min} + 55 \times r/h$$

$$r/h = 0.3$$

Es la relación entre el radio de base y la altura de las deformaciones transversales. Si se desconoce podemos utilizar 0.3

$$f \leq 145 - 0.33 \times 199.18 \text{ Mpa} + 55 \times 0.3$$

$$F_{max} = 134.6 \text{ Mpa}$$

$$F_{max} = 1372 > 395.8$$

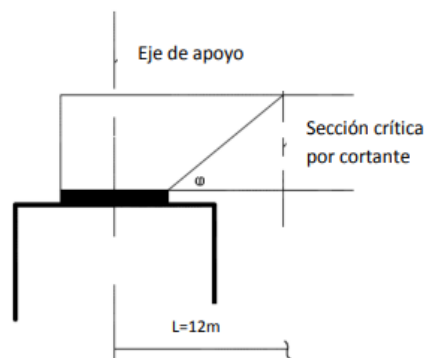
<<>> **SI CUMPLE**

### DISEÑO POR CORTE (Viga Interior)

Para el diseño por corte debemos tener en cuenta Sección crítica por cortante cerca del extremo de la viga:

**Figura 50**

*Diseño por corte*



$$\omega = 45^\circ$$

$dv = \text{peralte efectivo}$

$$dv = de - \frac{a}{2}$$

$$dv = 72 - \frac{4.97}{2}$$

$$dv = 69.5 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{l} \text{No menor que } \{ 0.9de = 0.9(72\text{cm}) = 64.8 \text{ cm} \\ \text{mayor valor que } \{ 0.72h = 0.72(85\text{cm}) = 61.2 \text{ cm} \end{array}$$

La sección de corte se ubicará en:

$$0.125 + 0.6962 = 0.82$$

### Carga Muerta (DC)

$$WDC = 1559$$

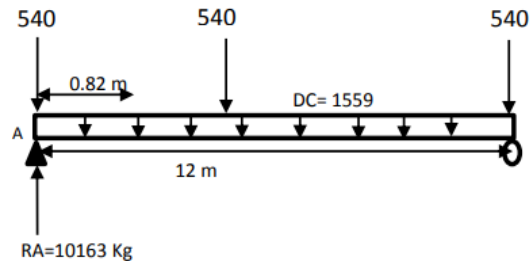
$$Pdiaf = 540$$

$$VDC = (10163 - 540) - 0.82 + 1559$$

$$VDC = 8345 \text{ Kg}$$

**Figura 51**

*Carga muerta distribuida*



### Carga Rodadura (DW)

$$WDW = 236$$

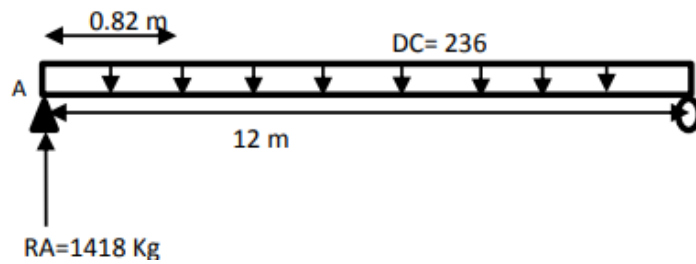
$$VDW = 1418 - 0.82 + 236$$

$$VDW = 1224 \text{ Kg}$$

$$VDW = 1.22 \text{ Tn}$$

**Figura 52**

*Carga de rodadura distribuida*



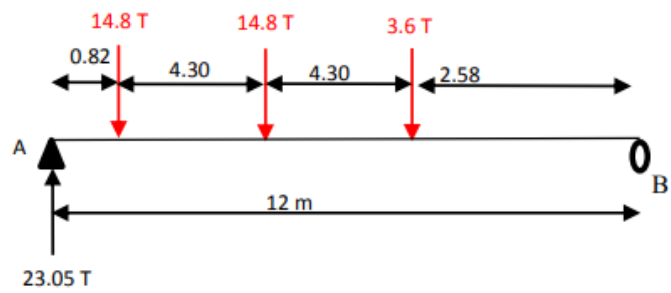
### Carga Viva (LL)

*Camión de diseño*

$$V = 23.05 \text{ T}$$

**Figura 53**

*Carga viva distribuida "camión de diseño"*

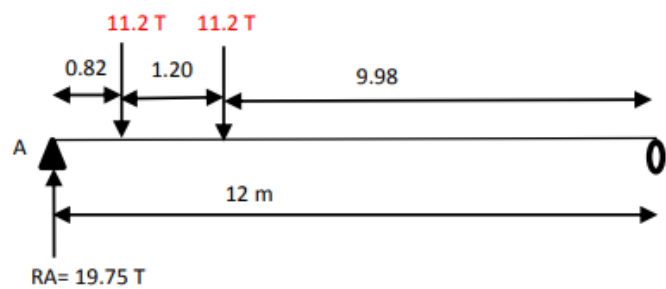


*Tándem:*

$$V = 19.75 T$$

**Figura 54**

*Carga viva distribuida "Tándem"*

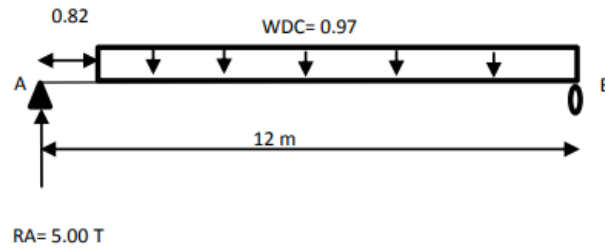


*Carga de carril*

$$V = 5.00 T$$

**Figura 55**

*Carga viva distribuida "Carga de carril"*



Luego se determinará:

$$VLL + IM = 23.05 * 1.33 + 5$$

$$VLL + IM = 36.1$$

### **Distribución en viga interior**

Se empleara la siguiente expresion matematica:

$$g = 0.36 + \frac{S}{7600}$$

$$g = 0.36 + \left(\frac{2100}{7600}\right)$$

$$g = 0.6366$$

Para el caso de 2 carriles cargados se empleara siguiente expresion matematica:

$$g = 0.2 + \frac{S}{3600} - \left(\frac{S}{10700}\right)^2$$

$$g = 0.2 + \left(\frac{2100}{3600}\right) - \left(\frac{2100}{10700}\right)^2$$

$$g = 0.745 \dots \text{CRÍTICA}$$

$$VLL + IM = 0.745 * 36.02$$

$$VLL + IM = 26.87 \text{ Tn}$$

$$VLL + IM = 26870 \text{ Kg}$$

Para el caso de diseño por Estado Límite de Resistencia I:

$$Vu = 1.25 * VDC + 1.5 * VDW + 1.5(LL + IM)$$

$$Vu = 1.25 * 8345 + 1.5 * 1224 + 1.75 * 26870$$

$$Vu = 59290 \text{ Kg}$$

Cortante actuante

$$Vu = \phi * Vn$$

$$Vu = 0.9$$

$$Vn \text{ el menor valor de } \begin{cases} Vn = Vc + Vs + V \\ Vn = 0.25 * fc * bv * dv + V \end{cases}$$

Donde

Cortante resistente del concreto

$$VC = 0.083\beta * \sqrt{f'c} * bv * dv \text{ (N)}$$

$$VC = 0.53 * \sqrt{f'c} * bv * dv \text{ (Kg)}$$

Cortante de acero

$$Vs = \frac{Av * fy * dv * (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) * \sin(\alpha)}{S}$$

$$\text{con } \begin{cases} \theta = 45^\circ \\ \alpha = (\text{angulo del estribo}) \end{cases} \ll \gg Vs = \frac{Av * fy * dv}{S}$$

Cortante resistente del concreto (Vc)

$$VC = 0.53 * \sqrt{f'c} * bv * dv$$

$$VC = 0.53 * \sqrt{280} * 30 * 69.5$$

$$Vc = 18494 \text{ Kg}$$

Cortante resistente del acero (Vs)

Se propone estribos 1/2" espaciadas a cada 15 cm

$$Av = 2 * 1.29 \text{ m}^2 = 2.58 \text{ m}^2$$

Suponiendo que se asumira en dos capas

$$Vs = \frac{Av * fy * dv * (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) * \sin(\alpha)}{S} \text{ o } Vs = \frac{Av * fy * dv}{S}$$

$$Vs = \frac{2.58 \text{ m}^2 * 4200 \text{ Kg/cm}^2 * 69.51 \text{ cm}}{15}$$

$$Vs = 50216 \text{ Kg}$$

Componente fuerza pretensada  $Vp = 0$

Cortante Nominal Resistente

$$Vn \text{ el menor valor de } \begin{cases} Vn = 18494 + 50216 + 0 = 68710 \text{ Kg} \\ Vn = 0.25 * 280 * 30 * 69.51 + 0 = 145977 \text{ Kg} \end{cases}$$

Entonces se eligira :

$$V_n = 68710 \text{ Kg}$$

Cortante resistente total

$$V_r = \phi V_n$$

$$V_r = 0.9 * 68710$$

$$V_r = 61839 > 59289 \text{ Cumple!}$$

### Refuerzo transversal mínimo

$$A_v \geq 0.27 \times \sqrt{280} \times \frac{b_v \times s}{f_y}$$

$$A_v = 0.48 < 2.58 \text{ Cumple}$$

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal

$$V_u = \frac{V_u - \phi V_p}{\phi * b_v * d_v}$$

$$V_u = \frac{V_u}{\phi * b_v * d_v}$$

$$V_u = \frac{59290}{0.9 * 30 * 69.5}$$

$$V_u = 31.6 \text{ Kg/cm}^2$$

O tambien podemos emplear:

$$\text{Si: } V_u < 0.125 * f'c \text{ } S_{max} = 0.8 * d_v \leq 60$$

$$\text{Si: } V_u > 0.125 * f'c \text{ } S_{max} = 0.4 * d_v \leq 30$$

$$\text{Como: } 31.6 \text{ Kg/cm}^2 < 0.125 * 280 = 35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_{max} = 0.8 * d_c = 0.8 * 69.51 = 55.62 \text{ cm}$$

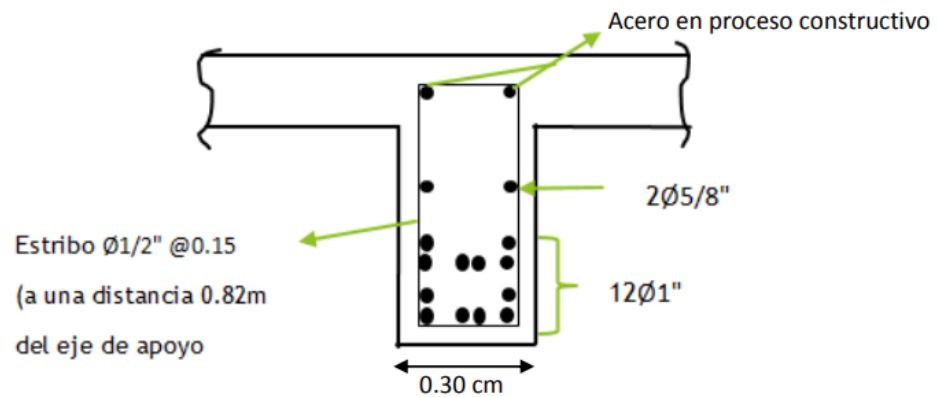
$$S_{max} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Luego: } 15 < S_{max} = 55.62 \text{ cm OK}$$

Entonces segun los resultados ponemso usar estribos de 1/2" a una distancia de 82 cm del apoyo cada 15 cm.

**Figura 56**

*Detalle transversal del diseño de viga*



#### **4.1.8. DISEÑO DE LA SUBESTRUCTURA**

##### **DISEÑO DEL ESTRIBO**

*ALTURA:  $H = 3.80\text{ m}$*

Datos generales:

$$\sigma = 1.94\text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi = 28^\circ \text{ (ángulo de fricción interna)}$$

$$Pu(\text{conc}) = 2.4\text{ Tn/m}^3$$

$$Pu(\text{terr}) = 1800\text{ Kg/m}^3$$

$$u = 0.4$$

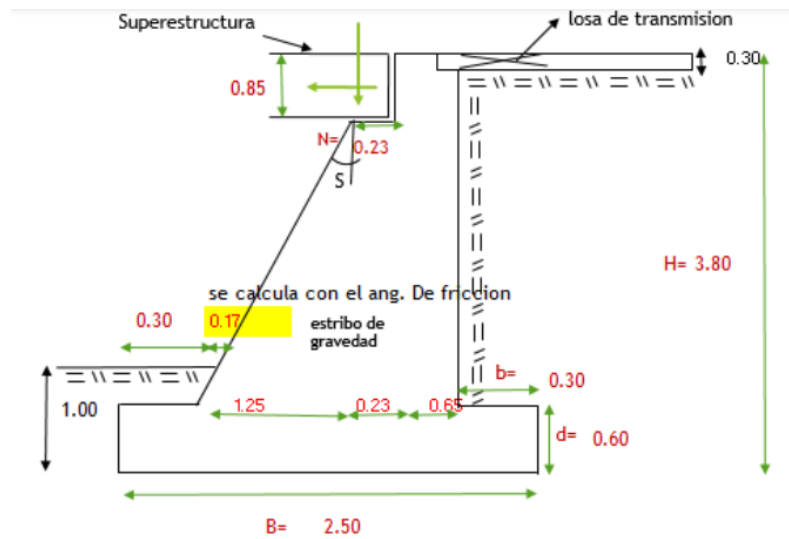
$$H = 3.8\text{ m}$$

$$\text{Anch. caja} = 7.8\text{ m}$$

$$\delta = 24^\circ \text{ (ángulo de fricción Suelo y muro)}$$

**Figura 57**

*Pre-dimensionamiento de las dimensiones del estribo*



## PRE-DIMENSIONAMIENTO

$H = 3.8$

- B: Ancho de la cimentación

$$B = \frac{1}{2}H \sim \frac{2}{3}H$$

$$B = 1.80 \sim 2.40$$

$$B = 2.50 \text{ m (asumimos)}$$

- a: longitud De punta

$$a = \frac{H}{12} \sim \frac{H}{6}$$

$$a = 0.30 \sim 0.60$$

$$a = 0.30 \text{ m}$$

- d: altura del cimiento

$$d = \frac{H}{6} \sim \frac{H}{8}$$

$$d = 0.60 \sim 0.45$$

$$d = 0.60 \text{ m (asumimos)}$$

- b: longitud Del talón

$$b = \frac{H}{12} \sim \frac{H}{6}$$

$$b = 0.30 \sim 0.60$$

$$b = 0.30 \text{ m (asumimos)}$$

Emplearemos las ecuaciones propuestas por el ingeniero Rodríguez.

$$N_{min} = (200 + 0.0017 \times L + 0.0067 \times H)(1 + 0.000125 \times \sqrt{S})$$

$$N_{min} = 0.23 \text{ m}$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$\Gamma = \left(1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta)}{\cos \phi}}\right)^2$$

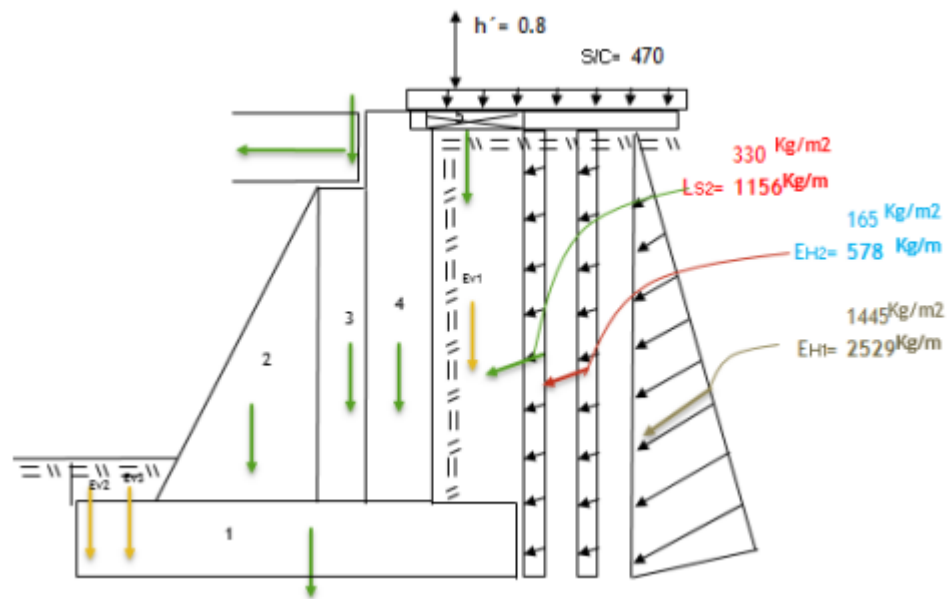
$$\Gamma = 3.72$$

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\theta + \phi)}{\Gamma(\text{sen}^2 \text{sen}(\theta - \delta))}$$

$$K_a = 0.23$$

**Figura 58**

*Cargas aplicadas a un estribo*



Determinaremos el valor de la presión activa “Ca” considerando un empuje del relleno al estribo y un empuje pasivo “Ha”.

EMPUJE ACTIVO (Ca):

$$Ca = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi}$$

$$Ca = 0.36 \text{ Kg} - f$$

EMPUJE PASIVO (Ha):

$$Ha = \frac{Ca \times Pu \times H^2}{2}$$

$$Ha = 4692 \text{ Kg} - f$$

MOMENTO DE VOLTEO / F. ACTUANTE

$$Mvol = Ha \times H / 3$$

$$Mvol = 5943.2 \text{ Tn} - m$$

**Tabla 32**

*Momentos resistentes*

|               | Elemento | Brazo (M) | Fuerza (Tn) | Momento(Tn-M) |
|---------------|----------|-----------|-------------|---------------|
| <b>Dc1</b>    | 1        | 1.25      | 3.6         | 4.5           |
| <b>Dc2</b>    | 2        | 1.12      | 3.523       | 3.94576       |
| <b>Dc3</b>    | 3        | 1.64      | 1.295       | 2.1238        |
| <b>Dc4</b>    | 4        | 2.1       | 3.668       | 7.7028        |
| <b>Dc5</b>    | 5        | 2.35      | 0.216       | 0.5076        |
| <b>Dc6</b>    | 6        | 1.64      | 4.751       | 7.79164       |
| <b>P viva</b> | 7        | 1.64      | 0.00419     | 0.0068716     |
| <b>P fre</b>  | 8        | 3.8       | 0.00021     | 0.000798      |
| <b>Ev1</b>    | 9        | 2.35      | 1.566       | 3.6801        |
| <b>Ev2</b>    | 10       | 0.14      | 0.216       | 0.03024       |
| <b>Ev3</b>    | 11       | 0.36      | 0.0612      | 0.022032      |
| <b>Eh1</b>    | 12       | 2.5       | 2.53        | 6.325         |
| <b>Eh2</b>    | 13       | 2.5       | 0.578       | 1.445         |
| <b>Ls2</b>    | 14       | 2.5       | 1.156       | 2.89          |
| <b>S/C</b>    | 15       | 2.5       | 0.47        | 1.175         |

$$\sum P_n = 23.636 \text{ Tn}$$

$$\sum M_n = 43.261 \text{ Tn} - m$$

### VERIFICACION DE LA ESTABILIDAD DEL MURO

El equilibrio de cimentación del estribo se estima 1.2 m de elevación, esta hondura produce empuje pasivo en el estribo y optimización su seguridad

### FUERZA DE VOLTEO Y DESLIZAMIENTO

Con las magnitudes seleccionadas verificamos el equilibrio del muro al vuelco, deslizamiento y determinamos las presiones de contacto del suelo y estribo.

Factores de estabilidad de vuelco: > 2: Atraído para obtener un momento opuesto para compensar la fuerza de vuelco. Para esto obtenemos el peso del piso y la longitud del tacón después.

$$Fs.volteo = \sum M_n / M_{vol}$$

$$Fs.volteo = 7.13 > 2$$

SI CUMPLE

Factor de deslizamiento: > 1.50: El factor de seguridad para contrarrestar el deslizamiento debe ser mayor a 1.50.

$$Fs.desl. = \sum P_n / H_a$$

$$Fs.desl. = 2.01 > 1.50 \text{ SI CUMPLE}$$

Si consideramos el empuje pasivo

$$Ca = \frac{1 + \operatorname{sen} \phi}{1 - \operatorname{sen} \phi}$$

$$Ca = 2.75 \text{ Kg} - f$$

$$H_p = \frac{Ca \times W \times H^2}{2}$$

$$H_p = 895.41 \text{ Kg} - f$$

Factor de deslizamiento: > 1.50

$$F_{desl.} = \frac{(u \times \sum P_n) + H_p}{H_a}$$

$$Fs.desl. = 2.2 > 1.50$$

SI CUMPLE

$$Mr > Mv$$

Verificamos la resultante para por el núcleo central

$$x = \frac{M_n - M_v}{P_n}$$

$$x = 1.54 \text{ m}$$

Por ser triangular:

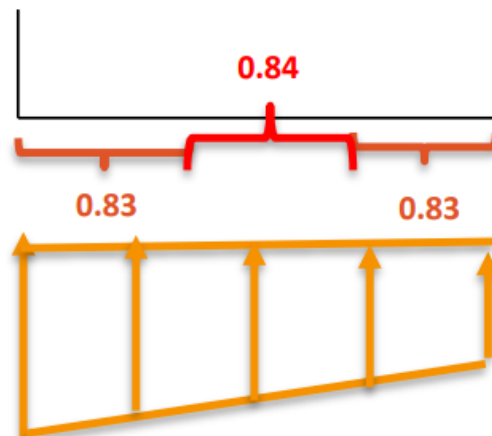
$$c(g) = \frac{B}{3}$$

$$c(g) = 0.83 \text{ m}$$

El valor obtenido de 1.540 metros se ubica dentro del núcleo de la base del estribo del puente.

**Figura 59**

*Carga aplicada del s. base del estribo*



Determinación de la excentricidad

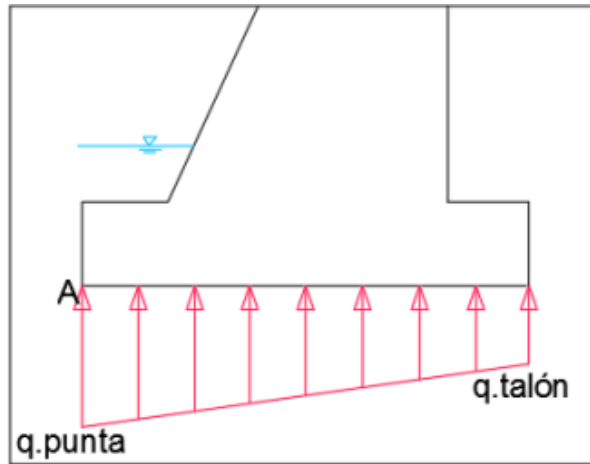
$$e = \frac{B}{2} - x < B/6$$

$$e = 0.2900\text{m} < 0.42\text{m OK}$$

**CALCULO DE LAS PRESIONES:** Debido que la resultante de fuerzas actúa dentro del núcleo central, la distribución de las presiones en la cimentación es trapezoidal.

**Figura 60**

*Presiones presentes del suelo*



Para 1.0

$$\sigma_{punta} = \frac{P_n}{A_{zap}} + \frac{6 \times P_n \times e}{B^2}$$

$$\sigma_{punta} = \frac{23.636}{2.50 \times 1.00} + \frac{6 \times 23.636 \times -0.29}{2.5^2 \times 1.0}$$

$$\sigma_{punta} = 2857 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\sigma_{punta} = 2.86 \frac{Tn}{m^2}$$

$$\sigma_{punta} = 0.29 \frac{Kg}{cm^2} < 1.94 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{talón} = \frac{P_n}{A_{zap}} - \frac{6 \times P_n \times e}{B^2}$$

$$\sigma_{talón} = \frac{23.636}{2.50 \times 1.00} - \frac{6 \times 23.636 \times -0.29}{2.5^2 \times 1.0}$$

$$\sigma_{talón} = 16050 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\sigma_{talón} = 16.05 Tn/m^2$$

$$\sigma_{talón} = 1.60 Kg/cm^2 < 1.94 Kg/cm^2$$

#### **4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS**

En este trabajo se presenta una hipótesis general “Se podrá mejorar el diseño estructural de la superestructura y subestructura planteando un modelo de diseño según el manual de diseño de puentes del MTC, aplicado a un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis-Huánuco -2022” La cual demostrada a lo largo de todo el proceso de esta tesis, en donde se realizó el análisis meticuloso del puente tipo viga-losa siguiendo los parámetros indicados en el manual de puentes del MTC y Diseño de Puentes con la Norma ASSTHO LRFD , en donde estos resultados fueron comparados con el software SAP2000 y tuvieron diferencias mínimas , por lo que se puede afirmar que el diseño realizado es correcto.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

La tesis titulada “Diseño estructural de un puente tipo viga-losa ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022” tiene como finalidad el diseño de un puente tipo viga-losa de 12m de luz, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022. La presente tesis consta de 3 etapa:

Primera etapa consta de realizar el reconocimiento del terreno, como el levantamiento topográfico y el estudio de suelos.

Segunda etapa consta realizar el predimensionamiento del espesor de la losa del puente , de la viga principal y diafragmas así también como el tipo de carga de diseño que en este caso se empleó HL-93.

Tercera etapa consta de metrado de las cargas y el análisis de la estructura con las diferentes combinaciones que nos brinda el manual de puentes. Como método de comprobación de este análisis realizado manualmente se hizo una comparación con el software SAP2000, donde se presentó diferencias entre los resultados obteniendo de los momentos flectores mediante el análisis manual y del programa SAP2000, Con estas diferencias minimizadas, podemos basar nuestro diseño en las recomendaciones del Bridge Manual y varias fuentes bibliográficas.

**Tabla 33***Resumen de momentos del puente*

| <b>MOMENTOS</b>         |                 |       |            |
|-------------------------|-----------------|-------|------------|
| <b>PUENTE VIGA-LOSA</b> | Análisis manual | SAP   | diferencia |
| <b>tándem de diseño</b> | 60.65           | 60.61 | 0.02       |
| <b>camión de diseño</b> | 61.5            | 60.05 | 1.45       |
| <b>Carga de carril</b>  | 17.5            | 17.5  | 0          |

**Tabla 34***Cuadro de resumen de deflexión del puente*

| <b>DEFLEXION - SAP</b>  |         |
|-------------------------|---------|
| <b>tándem de diseño</b> | 2.03 cm |
| <b>camión de diseño</b> | 2.22 cm |
| <b>Carga de carril</b>  | 0.66 cm |

Finalmente, con los resultados verificados por ambos métodos tanto el manual y el software, se realizó el diseño de los elementos del puente tipo Viga-Losa teniendo como momentos últimos y como dimensiones finales las siguientes tablas:

**Tabla 35***Cuadro de momentos últimos del puente*

| <b>PUENTE Viga-Losa – MOMENTOS ÚLTIMOS</b> |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| <b>Diseño de losa-Acero negativo</b>       | 3.2 T-m   |
| <b>Diseño de losa-Acero positivo</b>       | 5.01 T-m  |
| <b>Diseño de la viga principal</b>         | 149.5 T-m |

**Tabla 36***Dimensiones de la superestructura y subestructura del puente*

| SUPERESTRUCTURA              |         |
|------------------------------|---------|
| Espesor de losa (t min)      | 20 cm   |
| Base de viga (b)             | 30 cm   |
| Altura de viga (h)           | 85 cm   |
| SUBESTRUCTURA                |         |
| Ancho del cimiento (B)       | 2.50 m  |
| Peralte del cimiento (d)     | 0.60 m  |
| Ancho de la punta (a)        | 30 cm   |
| Ancho del talón (b)          | 30 cm   |
| Altura total del estribo (H) | 3.80 m  |
| Altura de la cajuela         | 22.5 cm |

## CONCLUSIONES

- El MTC no presenta procedimientos de cálculo detallados, por lo que permite realizar el proceso de diseño de los puentes de vigas y losas que conectan los centros poblados de El Arsenal, Jancao, Buenos Aires y La Pedrosa de manera detallada y detallada. Cree guías de diseño que sean accionables y para estudiantes y/o profesionales
- Se ha asumido un  $Q_{adm}$  de  $1.940 \text{ kg/cm}^2$  para la presente tesis. Este valor se obtuvo a partir de proyecto realizados en la zona y la zonificación geotécnica del distrito de Amarilis.
- Se obtuvo como espesor de losa  $20 \text{ cm}$ , con un ancho de vía de  $7.8 \text{ m}$ , ancho de vereda de  $90 \text{ cm}$ , para un puente que posee una luz de  $12 \text{ m}$ .
- Sé que el último momento del tándem de diseño fue de  $60,65 \text{ tn-m}$  manualmente y  $60,61 \text{ tn-m}$  programáticamente.
- Sabemos que el último momento de la pista de diseño es de  $61,5 \text{ tn-m}$  manualmente y  $60,05 \text{ tn-m}$  programáticamente.
- Sabemos que el momento de carga última del carril es de  $17,5 \text{ tn-m}$  manualmente y de  $17,5 \text{ tn-m}$  programáticamente
- Para el diseño se obtuvo para la zona más crítica que se ubica en la parte central del tablero una distribución de aceros paralelo al tráfico de  $1/2'' @ 0.25 \text{ cm}$ , acero de distribución de  $1/2'' @ 30 \text{ cm}$  y acero de temperatura de  $3/4$  cada  $30 \text{ cm}$ .
- Se concluye que en la viga se colocará 12 varillas de acero de  $1''$  según el diseño.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuras investigaciones emplear softwares estructurales para este tipo de estructuras que son los puentes como por ejemplo el software CSI Bridge.
- Antes del diseño estructural del Puente , se propone completar todos los levantamientos topográficos básicos, análisis geomecánicas y análisis hidráulicos.
- Para proyectos de construcción de puentes, además de realizar pruebas de refracción sísmica, se propone realizar estudios geofísicos de reconocimiento mediante perforación diamantina con sustracción de muestras. Los estudios mencionados son más consistentes cuando se seleccionan y, por lo tanto, están mejor diseñados para la financiación de la Fundación.
- Se fomenta que los proyectos de construcción de puentes estudien los fenómenos de socavación.
- Los levantamientos topográficos recomiendan usar equipos más avanzados como GPS y estaciones para estudios de datos más precisos. por su futuro buen trabajo. Sin embargo, opté por utilizar una estación total para este trabajo académico, ya que representa un esfuerzo económico considerable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. (2006). *Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary*. EEUU: American Concrete Institute.
- Balestrini Acuña, M. (1997). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: BI Consultores Asociados.
- Boroschek, R. (2009). *Dinamica avanzada de estructural*. Santiago-Chile: Universidad de Chile.
- Concepto.pe. (2021). *Concepto.pe*. Fonte: <https://concepto.de/>
- DePerú. (2020). *DePerú*. Fonte: <https://www.deperu.com/centros-poblados/matibamba-56220>
- Hernández Sampieri, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Hernandez, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta ed.). México D.F: McGraw-Hill.
- IGP. (2021). *Instituto Geofísico del Perú*. Fonte: Instituto Geofísico del Perú: <https://www.gob.pe/igp>
- Medina Vaca, S. G. (2017). *Análisis y diseño estructural en acero y concreto armado de puente peatonal para el cruce al fraccionamiento San José de la Mina en Uruapan, Michoacán*. Michoacán-México: Universidad Don Vasco A.C.
- MTC. (2016). *Manual de Puentes*. Lima-Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Osorio Bustamante, E. (2018). *Diseño estructural de un puente de 72 metros de luz*. Bogotá, Colombia: Universidad De Los Andes.

- RNE. (2019). *NORMA E.020*. Fonte: NORMA E.020:  
<https://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E.030*. Fonte: NORMA E.030:  
<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISEÑO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E.060*. Fonte: NORMA E.060:  
[http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)
- RNE. (2019). *NORMA E070*. Fonte: NORMA E070:  
<https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5bITu7uyv/view>
- Rodríguez Serquén, A. (2017). *PUENTES CON AASHTO-LRFD 2014*. Lima-Perú: Biblioteca Nacional .
- Roque Huacasi, R. (2021). *Diseño estructural de un puente continuo de 96m de longitud total, de concreto armado, sobre la vía 54, ubicado en el distrito de Cerro Colorado-Arequipa*. Arequipa - Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Salinas, R. (2001). *curso de segunda especializacion de ingenieria sismorresistente*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- San Bartolome Ramos, A. F. (1998). *Análisis de edificios*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.
- Valenzuela Carrasco, R. A. (2019). *Análisis De Costos Y Eficiencia Técnica De Vigas Para Superestructuras De Puentes De Diferentes Luces En*

*Hormigón Presforzado Y Hormigón Armado.* Quito-Ecuador: Pontifica Universidad Católica del Ecuador.

Varona Morante, M. R. (2019). *Diseño de losa en el puente carrozable de concreto armado sobre el canal Miguel Checa En El C.P. Santa Elena Alta Km 25 + 770, Distrito Querecotillo, Provincia Sullana - Piura.* Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura.

Zamata Calcina, W. N. (2019). *Diseño en concreto armado de un puente de 60m ubicado en la quebrada la Pacha conexión entre la Av. Italia y la autopista la Joya en el distrito de Cerro Colorado - Arequipa.* Arequipa - Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

#### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Rodriguez Ruiz, C. (2024). *Diseño estructural de un puente tipo viga-losa ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

# **ANEXOS**

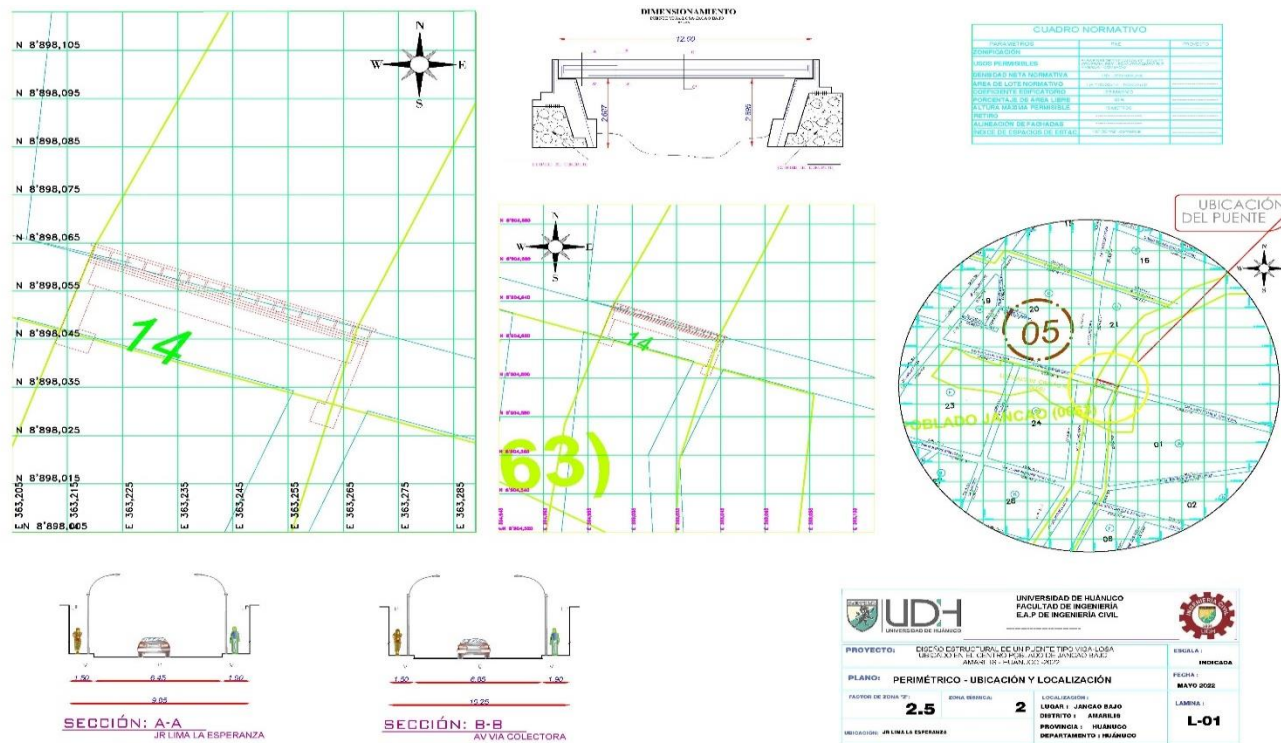
## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

| TÍTULO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE TIPO VIGA-LOSA UBICADO EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO, AMARILIS - HUÁNUCO -2022                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                    |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Formulación del problema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Objetivos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Hipótesis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Variables                                                                                                          | Metodología                                                                                                                                                   | Población y muestra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p><b>Problema general:</b><br/>¿Cómo realizar el diseño estructural de la superestructura y subestructura de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022?</p> <p><b>Problema específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo predimensionar las vigas principales y vigas diafragma para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco - 2022?</li> <li>• ¿De qué manera se podrá analizar las vigas principales y vigas diafragma para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco - 2022?</li> <li>• ¿De qué manera se podrá analizar los estribos del puente para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022?</li> </ul> | <p><b>Objetivo General</b><br/>Realizar el diseño estructural de la superestructura y subestructura de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Predimensionar las vigas principales y vigas diafragma para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022.</li> <li>• Analizar las vigas principales y vigas diafragma para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco -2022.</li> <li>• Analizar los estribos del puente para el diseño estructural de un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis - Huánuco - 2022.</li> </ul> | <p><b>Hipótesis General</b><br/><b>Hi:</b> Se podrá mejorar el diseño estructural de la superestructura y subestructura planteando un modelo de diseño según el manual de diseño de puentes del MTC, aplicado a un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis-Huánuco -2022.<br/><b>H0:</b> No se podrá mejorar el diseño estructural de la superestructura y subestructura planteando un modelo de diseño según el manual de diseño de puentes del MTC, aplicado a un puente tipo viga-losa, ubicado en el centro poblado de Jancao Bajo, Amarilis-Huánuco -2022.</p> | <p><b>Variable dependiente:</b><br/>Puente Viga-Losa<br/><b>Variable independiente:</b><br/>Diseño estructural</p> | <p><b>Enfoque</b><br/>Será cuantitativo<br/><b>Alcance o nivel</b><br/>El alcance del proyecto es correlacional.<br/><b>Diseño</b><br/>Es no experimental</p> | <p><b>Población</b><br/>En el presente proyecto se consideró como población a todos los puentes tipo viga-losa ubicado en el distrito de Amarilis - Huánuco - 2022.<br/><b>Muestra</b><br/>En el presente proyecto se consideró como muestra al puente tipo viga-losa ubicado en el centro poblado la Jancao Bajo, en el distrito Amarilis - Huánuco -2022.</p> |

## ANEXO 2

*Figura 61*



## ANEXO 3

### PLANOS ESTRUCTURALES

Figura 62

Plano estructural 1

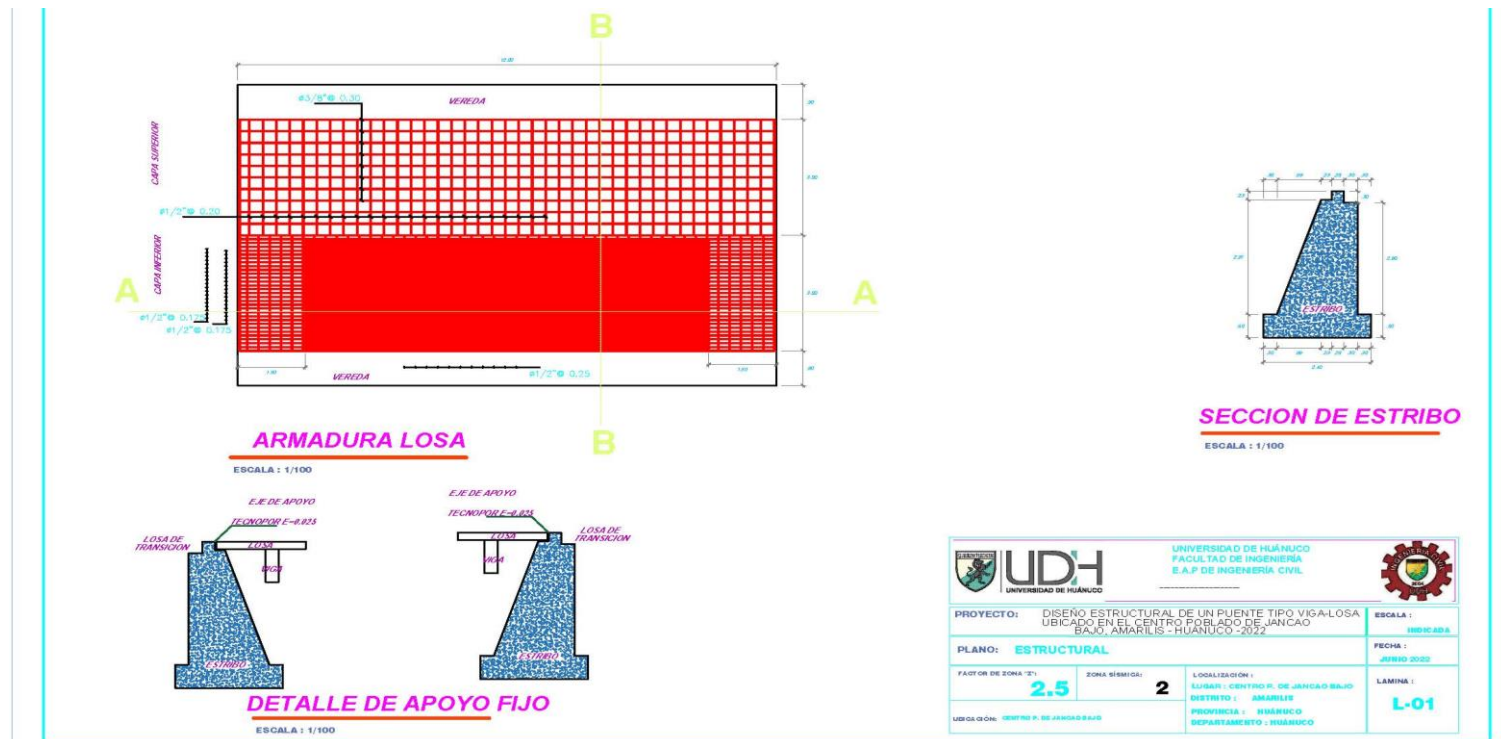
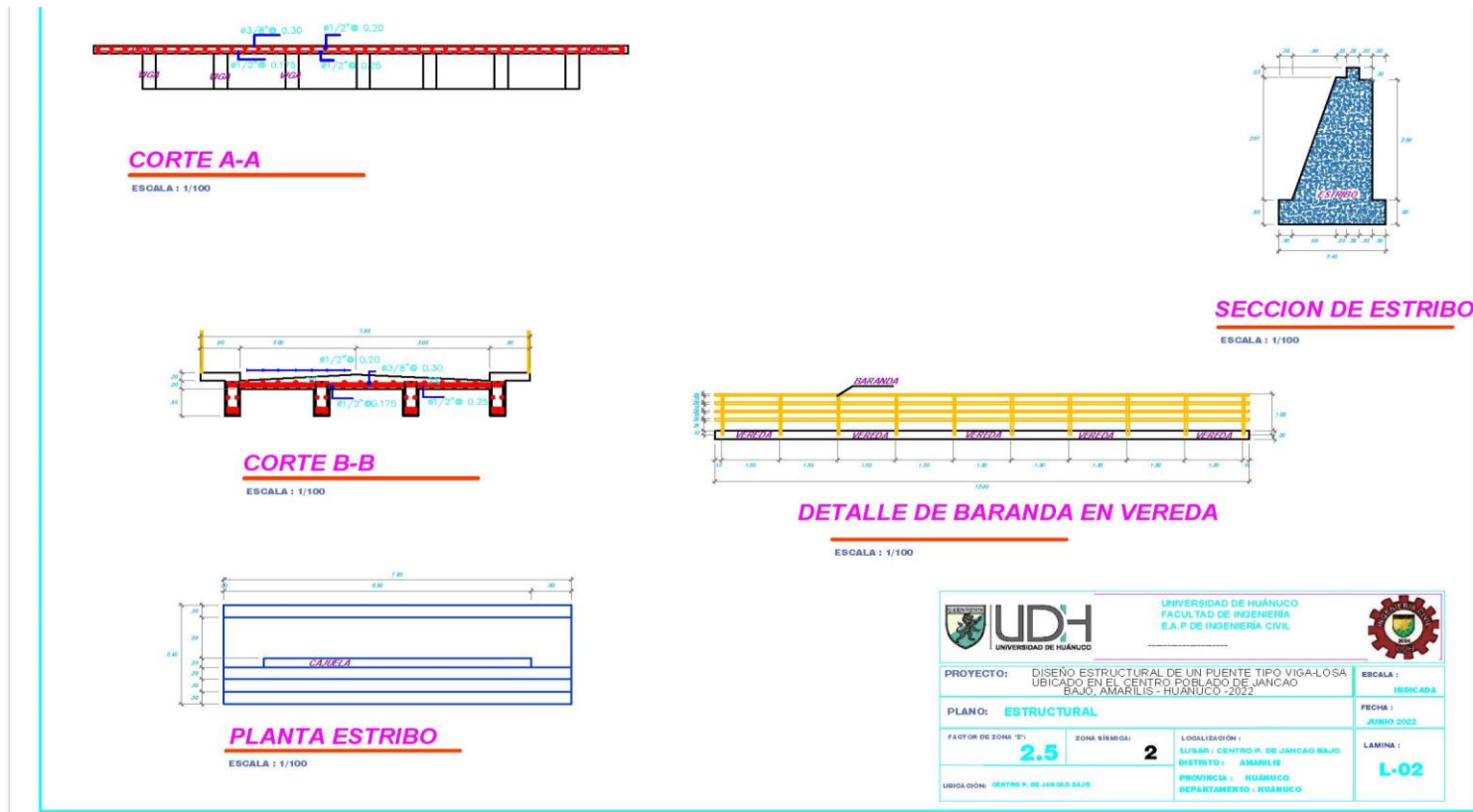


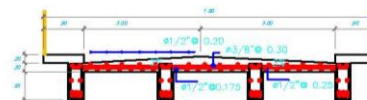
Figura 63  
Plano estructural 2



### Plano estructural 3

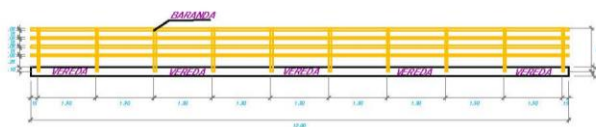


ESCALA : 1/100



**CORTE B-B**

ESCALA : 1/100



**DETALLE DE BARANDA EN VEREDA**

ESCALA : 1/100

[illegible]

|                                                                                                                                                                             |                 |                                                                                 |              |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                 | UNIVERSIDAD DE HUANCAYO<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>E.A.P. DE INGENIERIA CIVIL |              |  |
| PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUNTE TIPO VIGA-LOSA<br>UBICADO EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO<br>BAJO, AMARILIS - HUANCAYO - 2022                                       |                 |                                                                                 |              | ESCALA: 1<br>MEDICA                                                                   |
| PLANO: ESTRUCTURAL                                                                                                                                                          |                 |                                                                                 |              | FECHA: 1<br>JUNIO 2022                                                                |
| FACTOR DE ZONA "Z": 2.5                                                                                                                                                     | ZONA SISMICA: 2 | LOCALIZACIÓN:<br>LUGAR: CENTRO P. DE JANCAO BAJO<br>DE TITO - AMARILIS          | LAMINA: L-03 |                                                                                       |
| UBICACIÓN: CENTRO P. DE JANCAO BAJO                                                                                                                                         |                 |                                                                                 |              |                                                                                       |
| PROVINCIA: HUANCAYO<br>DEPARTAMENTO: HUANCAYO                                                                                                                               |                 |                                                                                 |              |                                                                                       |

## ANEXO 4

### INSTRUMENTOS

**Figura 65**

*Ficha de análisis granulométrico del suelo*

| UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO                                                            |                                                                                                                                             |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS                                                     |                                                                                                                                             |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
|  | <b>TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE TIPO VIGA-LOSA<br/>UBICADO EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO,<br/>AMARILIS - HUÁNUCO - 2022</b> |                                                                 |                                |                                  |  |
| <b>TESISTA:</b>                                                                   |                                                                                                                                             | <b>BACH.</b>                                                    |                                |                                  |                                                                                     |
| <b>UBICACIÓN:</b>                                                                 |                                                                                                                                             | <b>CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO, AMARILIS - HUÁNUCO - 2022</b> |                                |                                  |                                                                                     |
| <b>FECHA:</b>                                                                     |                                                                                                                                             |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| <b>ENSAYO:</b>                                                                    |                                                                                                                                             | <b>ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO</b>                        |                                |                                  |                                                                                     |
| <b>CALICATA:</b>                                                                  |                                                                                                                                             |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| <b>NTP:</b>                                                                       |                                                                                                                                             | <b>339.128</b>                                                  |                                |                                  |                                                                                     |
| <b>TAMIZ</b>                                                                      | <b>DIAMETRO<br/>(mm)</b>                                                                                                                    | <b>PESO<br/>RETENIDO(gr)</b>                                    | <b>RETENIDO<br/>PARCIAL(%)</b> | <b>RETENIDO<br/>ACUMULADO(%)</b> | <b>QUE PASA(%)</b>                                                                  |
| 3"                                                                                | 76.2                                                                                                                                        |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| 1 1/2"                                                                            | 38.1                                                                                                                                        |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| 1"                                                                                | 25.4                                                                                                                                        |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| 3/4"                                                                              | 19.05                                                                                                                                       |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| 1/2"                                                                              | 12.7                                                                                                                                        |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| 3/8"                                                                              | 9.525                                                                                                                                       |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| N°4                                                                               | 4.76                                                                                                                                        |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| N°10                                                                              | 2                                                                                                                                           |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| N°16                                                                              | 1.3                                                                                                                                         |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| N°30                                                                              | 0.59                                                                                                                                        |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| N°40                                                                              | 0.426                                                                                                                                       |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| N°50                                                                              | 0.297                                                                                                                                       |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| N°60                                                                              | 0.25                                                                                                                                        |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| N°100                                                                             | 0.149                                                                                                                                       |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| N°200                                                                             | 0.074                                                                                                                                       |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| <b>CAZOLETA</b>                                                                   |                                                                                                                                             |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |
| <b>TOTAL</b>                                                                      |                                                                                                                                             |                                                                 |                                |                                  |                                                                                     |

Figura 66

Ficha de Contenido de Humedad

| UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO                                                            |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS                                                     |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |
|  | <b>TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE TIPO VIGA-LOSA UBICADO EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO, AMARILIS - HUÁNUCO -2022</b> |             |             |             |             |  |
| <b>TESISTA:</b>                                                                   | <b>BACH.</b>                                                                                                                       |             |             |             |             |                                                                                     |
| <b>UBICACIÓN:</b>                                                                 | <b>CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO, AMARILIS - HUÁNUCO -2022</b>                                                                     |             |             |             |             |                                                                                     |
| <b>FECHA:</b>                                                                     |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |
| <b>ENSAYO:</b>                                                                    | <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>                                                                                                        |             |             |             |             |                                                                                     |
| <b>CALICATA:</b>                                                                  |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |
| <b>NTP:</b>                                                                       | <b>339.127</b>                                                                                                                     |             |             |             |             |                                                                                     |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                | <b>M-01</b>                                                                                                                        | <b>M-02</b> | <b>M-03</b> | <b>M-04</b> | <b>M-05</b> | <b>PROMEDIO</b>                                                                     |
| Peso de Bandeja                                                                   |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |
| Peso natural húmedo + bandeja                                                     |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |
| Peso natural seco + bandeja                                                       |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |
| Peso natural húmedo                                                               |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |
| Peso natural seco                                                                 |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |
| Contenido de Humedad                                                              |                                                                                                                                    |             |             |             |             |                                                                                     |

Figura 67

Ficha de Limite Liquido

| UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO                                                            |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS                                                     |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
|  | <b>TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE TIPO VIGA-LOSA</b><br><b>UBICADO EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO,</b><br><b>AMARILIS - HUÁNUCO - 2022</b> |             |             |             |  |
| <b>TESISTA:</b>                                                                   | <b>BACH.</b>                                                                                                                                            |             |             |             |                                                                                     |
| <b>UBICACIÓN:</b>                                                                 | <b>CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO, AMARILIS - HUÁNUCO - 2022</b>                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
| <b>FECHA:</b>                                                                     |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
| <b>ENSAYO:</b>                                                                    | <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>                                                                                                                                   |             |             |             |                                                                                     |
| <b>CALICATA:</b>                                                                  |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
| <b>NTP:</b>                                                                       | <b>339.129</b>                                                                                                                                          |             |             |             |                                                                                     |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                | <b>M-01</b>                                                                                                                                             | <b>M-02</b> | <b>M-03</b> | <b>M-04</b> | <b>M-05</b>                                                                         |
| Peso del tarro (gr)                                                               |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
| Peso del tarro + suelo húmedo (gr)                                                |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
| Peso del tarro + suelo seco (gr)                                                  |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
| Peso del suelo húmedo (gr)                                                        |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
| Número de golpes                                                                  |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
| Contenido de Humedad (%)                                                          |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |
| <b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>                                                         |                                                                                                                                                         |             |             |             |                                                                                     |

Figura 68

Ficha de Limite Plástico

| UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO                                                            |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS                                                     |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
|  | <b>TESIS: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE TIPO VIGA-LOSA</b><br><b>UBICADO EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO,</b><br><b>AMARILIS - HUÁNUCO -2022</b> |             |             |             |  |
| <b>TESISTA:</b>                                                                   | BACH.                                                                                                                                                  |             |             |             |                                                                                     |
| <b>UBICACIÓN:</b>                                                                 | CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO, AMARILIS - HUÁNUCO -2022                                                                                                |             |             |             |                                                                                     |
| <b>FECHA:</b>                                                                     |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
| <b>ENSAYO:</b>                                                                    | LÍMITE PLASTICO                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
| <b>CALICATA:</b>                                                                  |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
| <b>NTP:</b>                                                                       | 339.130                                                                                                                                                |             |             |             |                                                                                     |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                | <b>M-01</b>                                                                                                                                            | <b>M-02</b> | <b>M-03</b> | <b>M-04</b> | <b>M-05</b>                                                                         |
| Peso del tarro (gr)                                                               |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
| Peso del tarro + suelo húmedo (gr)                                                |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
| Peso del tarro + suelo seco (gr)                                                  |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
| Peso del suelo húmedo (gr)                                                        |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
| Peso del suelo seco (gr)                                                          |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |
| <b>LÍMITE PLASTICO (%)</b>                                                        |                                                                                                                                                        |             |             |             |                                                                                     |

Figura 69

Ficha de Peso específico

| UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO                                                            |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS                                                     |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
|  | <b>TESIS:</b> DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PUENTE TIPO VIGA-LOSA<br>UBICADO EN EL CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO,<br>AMARILIS - HUÁNUCO - 2022 |      |      |      |  |
| <b>TESISTA:</b>                                                                   | BACH.                                                                                                                                     |      |      |      |                                                                                     |
| <b>UBICACIÓN:</b>                                                                 | CENTRO POBLADO DE JANCAO BAJO, AMARILIS - HUÁNUCO - 2022                                                                                  |      |      |      |                                                                                     |
| <b>FECHA:</b>                                                                     |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| <b>ENSAYO:</b>                                                                    | PESO ESPECIFICO                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| <b>CALICATA:</b>                                                                  |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| <b>NTP:</b>                                                                       | 339.131                                                                                                                                   |      |      |      |                                                                                     |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                | M-01                                                                                                                                      | M-02 | M-03 | M-04 | M-05                                                                                |
| Peso del recipiente + muestra húmeda (gr)                                         |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Peso del recipiente + muestra seca (gr)                                           |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Peso del recipiente (gr)                                                          |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Peso del recipiente (gr)                                                          |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Volumen recipiente (gr)                                                           |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| <b>RESULTADOS</b>                                                                 |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Peso de la muestra húmeda (gr)                                                    |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Peso de la muestra seca (gr)                                                      |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Peso del agua (gr)                                                                |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Peso específico de la muestra húmeda (gr/m3)                                      |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Peso específico de la muestra seca (gr/m3)                                        |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |
| Humedad (%)                                                                       |                                                                                                                                           |      |      |      |                                                                                     |