

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INFLUENCIA DE LOS CONTROLES DE
CALIDAD EN EL PROCESO
CONSTRUCTIVO DE PUENTES
MODULARES, HUANUCO 2019**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. CASQUI CARDENAS, ELI ESAU

ASESOR:

ING. VLADIMIR ORDÓÑEZ CAMPOSANO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Huancayo – Perú

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera

Presidente

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza

Jurado

Ing. Christian Mallaupoma Reyes

Jurado

Ing. Rando Porras Olarte

Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza

Secretario Docente

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo incondicional y el apoyo moral para realizar mis sueños.

A los ingenieros quienes me brindaron su apoyo a desarrollar y concluir la presente tesis.

Bach. Elí Esaú Casqui Cárdenas

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento:

Agradecimiento especial a Dios por cuidarme, brindarme salud y guiarme en todo lo que emprendo y en cada etapa de mi vida de educación.

De la misma manera agradecer a la casa de estudios superior Universidad Peruana los Andes, en especial a la Facultad de Ingeniería por acogerme y formarme como buen profesional con una pasión por el servicio a la sociedad.

Agradecer a los docentes que impartieron su conocimiento a los profesionales que serán el futuro del crecimiento de la población.

Al Ing. Vladimir Ordoñez Camposano, que con las exigencias y apoyo incondicional para el desarrollo de esta investigación.

A mi esposa por brindarme su apoyo y colaboración y por confiar en mi para lograr este proyecto y a las personas que participaron directa o indirectamente en el proceso de la investigación.

Por último, agradecerles a mis seres queridos por ofrecerme la encrucijada y el soporte incondicional para conseguir mis metas trazadas.

Agradecer a todos con todo mi corazón.

Bach. Elí Esaú Casqui Cárdenas

CONSTANCIA 227

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final del Informe Técnico titulado: "INFLUENCIA DE LOS CONTROLES DE CALIDAD EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES MODULARES, HUANUCO 2019"

Cuyo autor (a) (es) : Eli Esau Casqui Cardenas.

Facultad : Ingeniería.

Escuela Profesional : Ingeniería Civil.

Asesor (a) (es) : Ing. Vladimir Ordóñez Camposano

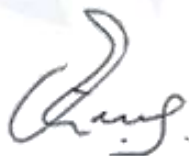
Que, fue presentado con fecha 09.08.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 14.08.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía.
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **18%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: ninguna.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 14 de Agosto del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
CONTENIDO DE TABLA	x
CONTENIDO DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción de la realidad Problemática	16
1.2. Delimitación de la investigación	18
1.2.1. Delimitación Espacial.....	18
1.2.2. Delimitación Temporal.....	19
1.3. Formulación del problema.....	19
1.3.1. Problema general.....	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Justificación de la investigación	19
1.4.1. Justificación practica	19
1.4.2. Justificación científica.....	19
1.4.3. Justificación metodológica.....	20
1.5. Objetivos de la investigación.....	20
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II.....	21
2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes Internacionales	21
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	24
2.2. Bases teóricas o científicas	26
2.2.1. Puente metálico	26
2.2.2. Conceptos generales de puentes	29

2.2.3.	Estudios para el emplazamiento de un puente metálico modular	34
2.2.4.	Aspectos a tomar en cuenta para el estudio del punto de emplazamiento	40
2.2.5.	Puentes metálicos modulares	43
2.2.6.	Dimensiones del puente metálico modulares	51
2.2.7.	Selección del puente metálico modular.....	59
2.2.8.	Montaje y lanzamiento de los puentes metálicos modulares	67
2.3.	Marco conceptual.....	79
CAPÍTULO III		80
3. HIPÓTESIS.....		80
3.1.	Hipótesis	80
3.1.1.	Hipótesis General	80
3.1.2.	Hipótesis Especifica	80
3.2.	Variables.....	80
3.2.1.	Definición Conceptual de las variables	80
3.2.2.	Definición operacional de las variables.....	81
3.2.3.	Operacionalización de variables.....	81
CAPÍTULO IV.....		83
4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		83
4.1.	Método de la Investigación.....	83
4.2.	Tipo de Investigación	83
4.3.	Nivel de la Investigación	84
4.4.	Diseño de la Investigación.....	84
4.5.	Población, muestra y el muestreo	84
4.5.1.	Población.....	84
4.5.2.	Muestra.....	85
4.6.	Técnicas e instrumentos de la recolección de datos	85
4.6.1.	Técnicas.....	85
4.6.2.	Instrumentos	86
3.1.1.	Validez y confiabilidad del instrumento de investigación	87
4.7.	Técnicas de procesamiento estadístico y análisis de datos	88
4.7.1.	Técnicas estadísticas.....	88
4.7.2.	Criterios básicos planteados	88
4.7.3.	Combinaciones de carga.....	90

4.7.4. Modificador de cargas	91
4.8. Aspectos éticos de la investigación	91
CAPITULO V	92
5. RESULTADOS	92
5.1. Descripción del diseño tecnológico	92
5.2. Descripción de los resultados	92
5.2.1. Análisis estructural del proyecto	92
5.2.2. Metodología de Análisis.....	93
5.2.3. Diseño de elementos estructurales	95
5.3. Objetivo específico 1 (Cordon)	96
5.3.1. Cordón superior.....	96
5.3.2. Cordón inferior.....	98
5.4. Objetivo específico 2 (Montante)	100
5.4.1. Montante a compresión	100
5.4.2. Montante a tracción.....	102
5.5. Objetivo específico 3 (Diagonal).....	103
5.6. Objetivo específico 4 (Viga).....	106
5.7. Criterios en el proceso constructivo en el concreto.....	110
5.8. Criterios en el diseño del lanzamiento.....	112
4.1. Prueba de hipótesis	113
4.1.1. Hipótesis específico 1.....	113
4.1.2. Hipótesis específico 2.....	114
4.1.3. Hipótesis específico 3.....	114
4.1.4. Hipótesis específico 4.....	115
CAPITULO VI.....	116
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	116
6.1. Discusión de resultados con antecedentes Internacionales.....	116
CONCLUSIONES	119
RECOMENDACIONES	121
7. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	122
ANEXOS	125
Anexo N°01: Matriz de consistencia	126
Anexo N°02: Matriz de Operacionalización de variables	128

Anexo N°03: Matriz de Operacionalización de instrumento.....	130
Anexo N°04: La data de procesamiento de datos	132
Anexo N°05: Confiabilidad y validez del instrumento	134
Anexo N°06: Fotografía de la aplicación del instrumento	137

CONTENIDO DE TABLA

Tabla 1. Tabla de anchos de puentes Bailey	52
Tabla 2. Tabla de dimensiones de puentes Mabey Compact 200	52
Tabla 3. Tabla de dimensiones de puentes Tipo Acrow	53
Tabla 4. Propiedades de puentes Compact 200 y los momentos que se presentan	56
Tabla 5. Capacidad cortante para modulaciones de vigas de puentes tipo Bailey	62
Tabla 6. Número de elementos por modulo para puentes metálicos modulares Bailey	69
Tabla 7. Distancias entre centros de rodillos de lanzamiento	74
Tabla 8. Peso de la nariz de lanzamiento por configuración	76
Tabla 9. Configuración y longitudes de la nariz de lanzamiento de puentes modulares tipo Bailey	77
Tabla 10. Operacionalización de variables	81
Tabla 11: Rangos y Magnitudes de validez	87
Tabla 12. Especialistas que dieron la validación de los instrumentos	87
Tabla 13: Rangos y Magnitudes de Confiabilidad	87

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de un puente metálico.....	26
Figura 3. Puente Berwick	27
Figura 4. Puente de Brooklin.....	28
Figura 5. Sistema de arriostamiento.....	29
Figura 6. Área para objetos de arrastre.....	39
Figura 7. Vehículo pasado en los puentes.	40
Figura 8. Panel modular	43
Figura 9. Panel de Bayli	43
Figura 10. Montaje y lanzamiento de un puente metálico.	67
Figura 14. Camión de diseño.....	89
Figura 15. Tándem de diseño	89
Figura 16. Carga de carril de diseño.....	90
Figura 17. Factor de presencia múltiple	90
Figura 18. Combinaciones de carga	91
Figura 19. Modelo estructural	93
Figura 20. Tándem de diseño y carga repartida	94
Figura 21. Camión de diseño.....	94
Figura 22. Camión para verificar estados de fatiga.....	95
Figura 23. Diseño de elementos	95
Figura 24. Diagramas para Marco superior.....	96
Figura 25. Cordón superior	96
Figura 26. Regiones.....	97
Figura 27. Diagramas para Marco inferior	98
Figura 28. Cordón inferior	99
Figura 29. Diagramas para el montante a compresión	100
Figura 30. Región de Montantes	101
Figura 31. Diagramas de diagonal.....	103
Figura 32. Fuerzas de los elementos	103
Figura 33. Regiones por la Diagonal.....	104
Figura 34. Diagrama de la Viga	106
Figura 35. Diafragma de la Viga.....	106
Figura 36. Propiedades de la sección	107

Figura 37. Resultados.....	107
Figura 38. Plano de planta del Puente Wengomayo.....	110
Figura 39. Perfil del puente Wengomayo.....	111
Figura 40. Perfil longitudinal del puente Wengomayo	111
Figura 41. Proceso de lanzamiento del Puente Fase 1	112
Figura 42. Proceso de lanzamiento del Puente Fase 2	113
Figura 43. Proceso de lanzamiento del Puente Fase 3	113
Figura 44. Proceso de lanzamiento del Puente Fase 4 y Fase 5	113

RESUMEN

La tesis titulada: “Influencia de los controles de calidad en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019”, partió del problema: ¿Cómo influye los controles de calidad en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?, cuyo objetivo general: Identificar la influencia de los controles de calidad en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019, la hipótesis general que se verificó fue: Los controles de calidad influyen de manera significativa en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019. Se utilizó un método Científico, de tipo de investigación Aplicada, de nivel descriptivo y de diseño de la investigación No experimental. Llegando a la conclusión de que los controles de calidad influyen de manera significativa en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019. Al realizar una evaluación de viga presenta una longitud de viga de 5m, perfiles con patines no compactados 94082.966 kgf.m, la diagonal presenta un área total de 1059.14 mm⁴, longitud del elemento de 1120 mm, el montante a compresión presenta una longitud del elemento de 2130 mm, longitud efectiva 2.13 m, la evaluación del cordón superior presenta una longitud del elemento de 1400 mm, y en cuanto a las características del cordón inferior presenta un área total de 5899.8286 mm⁴.

Palabras claves: Proceso constructivo, montaje, lanzamiento, puente modular, controles de calidad.

ABSTRACT

The thesis titled: “Influence of quality controls on the construction process of modular bridges, Huánuco 2019”, started from the problem: How do quality controls influence the construction process of modular bridges, Huánuco 2019?, whose general objective: Identify the influence of quality controls in the construction process of modular bridges, Huánuco 2019, the general hypothesis that was verified was: Quality controls significantly influence the construction process of modular bridges, Huánuco 2019. A method was used Scientific, Applied research type, descriptive level and Non-experimental research design. Reaching the conclusion that quality controls significantly influence the construction process of modular bridges, Huánuco 2019. When carrying out a beam evaluation, it presents a beam length of 5m, profiles with non-compacted flanges 94082.966 kgf.m, the diagonal has a total area of 1059.14 mm⁴, element length of 1120 mm, the compression upright has an element length of 2130 mm, effective length 2.13 m, the evaluation of the upper chord presents an element length of 1400 mm, and in Regarding the characteristics of the lower cord, it has a total area of 5899.8286 mm⁴.

Keywords: Assembly, launch, modular bridge, new techniques.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: Influencia de los controles de calidad en el proceso constructivo de puentes modulares, Huanuco 2019. La presente investigación se origina por la necesidad de garantizar la transitabilidad en la ruta PE-18D y así aliviar las dificultades que en época de invierno ocasiona la crecida del caudal de la quebrada Wengomayo impidiendo el libre tránsito por el tramo, es por ello que se requiere la instalación de un puente modular cuya finalidad es garantizar la transitabilidad de la vía evitando posibles accidentes peatonales y vehiculares.

Ante esta necesidad y acontecimientos generados en la zona se ha previsto la instalación del puente modular provisional Wengomayo en el km 55+800 de la ruta nacional PE-18D con la finalidad de garantizar la transitabilidad en la vía evitando posibles accidentes vehiculares y peatonales, el cual por ser una topografía accidentada se ha planteado diferentes alternativas en el proceso de constructivo del puente modular. La tesis consta de 6 capítulos, analizados y distribuidos como se muestra a continuación:

EL CAPÍTULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: Este capítulo desarrolla la problemática planteada, el problema general, los problemas específicos, el objetivo general, los objetivos específicos.

EL CAPÍTULO II - MARCO TEORICO: Este capítulo desglosa los antecedentes nacionales e internacionales, fundamentos teóricos y bases conceptuales que sirven como un soporte a la investigación.

EL CAPÍTULO III – HIPÓTESIS: Este capítulo detalla la hipótesis general y específicas, las definiciones conceptuales y operacionales de las variables, además la operacionalización de variables.

EL CAPÍTULO IV - METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION: Este capítulo detalla la metodología empleada como el método, tipo, nivel y diseño. Asimismo, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos y aspectos éticos de la investigación.

EL CAPÍTULO V - RESULTADOS: Este capítulo desarrolla la recolección de datos el desarrollo de la investigación implantando gráficos representativos de los ensayos realizados.

EL CAPÍTULO VI - DISCUSION DE RESULTADOS: En este capítulo se desarrolla las respuestas a nuestros problemas planteados se da la verificación a la hipótesis planteada y se recomienda para futuras investigaciones.

Bach. Casqui Cárdenas, Elí Esaú

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad Problemática

Las carreteras en los países son una de las infraestructuras más importantes para el crecimiento tanto económico como social, debido a que con estos dos aspectos se ejecuta el transporte por vía terrestre. Por lo cual, la ejecución de infraestructuras como puentes es muy fundamental.

A nivel nacional en el Perú en el año 2017 el fenómeno del niño costero el cual afecto por lo menos 400 puentes correspondiente a la Red Vial Subnacional. La reconstrucción de estas estructuras requeridas por una inversión aproximada de S/ 893 millones. Entre tanto se paralizaron gran cantidad de actividades por lo que el gobierno ha instalado puentes modulares tipo Bailey para que el transito no se detenga. El MTC logro instalar una estructura metálica uniendo la ciudad de Coishco con la ciudad de Chimbote. (Maldonado, 2006)



Figura 1. Puente modular en Ancash y la Libertad

Fuente: Tomada de “Funciona los puentes modulares por Ancash y la Libertad”, por (EL COMERCIO (2017)

En nuestro país, para las localidades y/o ciudades es fundamental la instalación de puentes para continuar con la circulación tanto vehicular como peatonal, sobre formaciones geológicas (quebradas, ríos, etc.) que impiden el tránsito vehicular. El conjunto de técnicas de selección, funcionamiento y montaje de puentes modulares de emergencia es específico para el proyecto de puentes, esto teniendo en cuenta que este tipo de puentes, son soluciones económicamente bajas y de fácil instalación en lugares de emergencia donde se requiera continuar con el tránsito vehicular y peatonal. (Maldonado, 2006)

En la actualidad la instalación de estos puentes está a cargo de Provias Nacional realizan la instalación de los puentes modulares. Debido a los daños causados por los fenómenos naturales a las infraestructuras viales, los puentes modulares de emergencia es la mejor alternativa, por lo que es una solución inmediata para dar solución a las dificultades que se presentan por el daño causado a las estructuras viales. Está comprobado la versatilidad de los puentes modulares de emergencia ante las emergencias, debido a esto en muchos de los casos estos puentes provisionales han pasado a ser puentes permanentes. (Rojas, 2022)

Del mismo modo es fundamental el conocimiento de la tecnología, técnicas de los puentes, de la misma manera se debe de conocer los componentes del puente, su montaje

y lanzamiento el cual a la actualidad se viene realizando conforme al manual técnico de puente de panel Acrow 700XS o al manual de ensamblaje, montaje y lanzamiento de puentes metálico modular CB 200A, sin embargo, en estos manuales no se consideran criterios significativos durante la ejecución de estos, prueba de ello inconvenientes a la hora de realizar el montaje y lanzamiento de puentes modulares de emergencia, ya que en muchos de los casos los puentes de encuentran en curvas, por este motivo el área para el montaje y lanzamiento no es el indicado. (Rojas, 2022)

El puente Wengomayo se encuentra localizado en la región Sierra del Perú, en la carretera Huánuco - San Rafael - Pozuzo, tramo San Rafael – Alcas – Pozuzo, km 55+800, ruta Nacional PE-18D, y cruza la rio Wengomayo que lleva el mismo nombre; el puente se ubica en el distrito de San Rafael, provincia de Ambo, departamento de Huánuco.

La presente investigación se origina por la necesidad de garantizar la transitabilidad en la ruta PE-18D y así aliviar las dificultades que en época de invierno ocasiona la crecida del caudal de la quebrada Wengomayo impidiendo el libre tránsito por el tramo, es por ello que se requiere la instalación de un puente modular cuya finalidad es garantizar la transitabilidad de la vía evitando posibles accidentes peatonales y vehiculares. *De esta forma se realizará un proceso de control de calidad de los elementos metálicos empleados en la construcción del puente mediante verificación de secciones, longitud y cargas impuestas en elementos como: Montante, Diagonal, Viga y Cordón.*

Ante esta necesidad y acontecimientos generados en la zona se ha previsto la instalación del puente modular provisional Wengomayo en el km 55+800 de la ruta nacional PE-18D con la finalidad de garantizar la transitabilidad en la vía evitando posibles accidentes vehiculares y peatonales, el cual por ser una topografía accidentada se ha planteado diferentes alternativas en el proceso de constructivo del puente modular.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación Espacial

La delimitación espacial del puente se encuentra localizado en la región Sierra del Perú, en la carretera Huánuco - San Rafael - Pozuzo, tramo San Rafael – Alcas – Pozuzo, km 55+800, ruta Nacional PE-18D, y cruza la rio Wengomayo que lleva el mismo nombre; el puente se ubica en el distrito de San Rafael, provincia de Ambo, departamento de Huánuco.

1.2.2. Delimitación Temporal

La delimitación temporal de la presente fue realizada en los meses de octubre del 2019 hasta setiembre del año 2020 haciendo de 12 meses del proceso de la investigación.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo influye los controles de calidad en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son los resultados del cordón en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?
- b) ¿Cuáles son las características de la montante en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?
- c) ¿Cuáles son los resultados de la diagonal en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?
- d) ¿Qué características presenta la viga en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación practica

Según (Hernandez, 2014) “La justificación practica se podrá desarrollar cuando se presente una investigación que pueda resolver un problema o que pueda planificar una estrategia que pueda ayudar a resolverlos.”

Esta investigación permitirá evaluar y determinar la relación que existe entre el análisis de planeamiento y el proceso constructivo a través de criterios identificados en campo para realizar el montaje y lanzamiento de puentes modulares de emergencia.

1.4.2. Justificación científica

La presente investigación tiene como finalidad de poder plantear un conocimiento general de los resultados obtenidos en el puente modular, permitiendo conocer su comportamiento ante solicitaciones de carga, evaluando

todos los elementos de la estructura para la obtención de datos confiables que puedan asegurar técnicamente el puente modular.

1.4.3. Justificación metodológica

Según (Hernandez, 2014) “La justificación metodológica sugiere que las principales razones que pueden motivar a un estudio y a futuras investigaciones es un propósito por lo cual pueda justificar una razón suficiente para poder realizar una investigación en un tiempo corto o largo.”

La presente investigación está basada en el método científico lo cual pretende mantener una metodología secuencial en todo el proceso lo cual llevara a realizar fichas de campo, cuadros referenciales y un análisis metodológico planteado para la investigación.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Identificar la influencia de los controles de calidad en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Identificar los resultados del cordón en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.
- b) Evaluar las características de la montante en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.
- c) Determinar los resultados de la diagonal en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.
- d) Evaluar las características de la viga en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Rojas, (2022) expone su investigación con **título**: “Creación del puente modular sobre el río Tocache y mejoramiento de accesos en la ruta hacia la localidad de Pampa Hermosa”, cuyo **objetivo general** es de Evaluar la aplicación del plan de montaje y lanzamiento en la reducción de daños ocasionados en esfuerzos decisivos durante la etapa de montaje y lanzamiento, la **metodología** empleada: De tipo aplicada al tratar problemas reales, de acuerdo al tiempo y costo de ejecución del puente modular, llegando a los **resultados**: Se identifico que en los castillos de apoyo para el lanzamiento actúa una carga distribuida de 33.21 t/m y del 15% aplicada en un sentido horizontal, la máxima presión en el terreno es de 30.12 t/m², el primer modo de pandeo $F_s = 119.63$, las secciones empleadas son una viga catrillera VC tipo I con una altura total de 200 cm, ancho de 150 cm, espesor de alas de 0.20 cm, un tubo de un diámetro de 10 plg SCH 40 y un tubo de 6 plg de diámetro tipo SCH 40, es así que **concluyo**: Se identifico que con el plan de montaje y de un proceso de lanzamiento de montaje y lanzamiento de los elementos metálicos de tipo Warrem el puente no llega a sufrir

daños, reduciendo así los tiempo y costos de lanzamiento, además se identificó que los cordones tienen que reforzarse con elementos tubulares.

Alata y Parra (2021) expone su investigación con **título**: “Puentes modulares y la reducción de imprevistos”, cuyo **objetivo general** es de proponer un plan para la ejecución de los puentes modulares, la **metodología** empleada: De tipo aplicada al tratar problemas reales, de acuerdo al tiempo y costo de ejecución del puente modular, llegando a los **resultados**: Se realizó una evaluación de sub estructura (Sub Zapata y Zapata) se identificó probabilidad de imprevistos de 22% y 17% respectivamente, en cuanto a los elementos de la super estructura se evaluó los (parapetos, muros contra impacto, losa de aproximación y estructura) identificando un imprevisto porcentual de 7%, 14%, 8% y 32% respectivamente, es así que **concluyo**: Al realizar un estudio se identificaron diversos imprevistos relacionados a la Subzapata en un 20%, Zapata 17%, Parapeto en 7%, Muros contra impacto en 14%, Losa de aproximación en 8% y en casos de actividades correspondiente a las estructuras metánicas se identificó el 32% de probabilidad de imprevisto.

(Guerrero, 2017) expone su investigación con **título**: “Diseño de un proceso de control de calidad de un puente metálico”, cuyo **objetivo general** Realizar un diseño para el proceso del control de calidad en construcción y el montaje de puentes metálicos, la **metodología** empleada: De tipo aplicada al tratar problemas reales, de acuerdo al tiempo y costo de ejecución del puente modular, llegando a los **resultados**: La propuesta de reingeniería motivo de este documento dándonos un total de 14 siendo este valor más alto en relación a las condiciones que son establecidas, antes de esta reingeniería el parámetro con el que se maneja la ejecución de proyectos por la compañía es de 6/14 concluyendo que se obtuvo una mejora de por lo menos 50% en cada parámetro, logrando resultados eficientes y eficaces, es así que **concluyo**: Al tener una estrategia de calidad, se da resultado aprovechando los cambios generados en la estrategia, herramientas y formatos construidos en el trabajo para mejorar el trabajo de la calidad del producto.

Campos y Guadaña (2019) expone su investigación con **título**: “Implementación del sistema de Last Planner en una construcción de puentes metálicos caso: Construcción de puente Muyuna”, cuyo **objetivo general**

Implementación del caso de sistema Last Planner para la construcción del puente Muyuna, la **metodología** empleada: El método es empleada en mayor parte en una construcción de edificaciones empleando la construcción de infraestructura en el caso de puentes, llegando a los **resultados**: En la sub estructura se puede mejorar los procesos teniendo en cuenta un incremento de acero por una contracción plástica en los esfuerzos de estribos, lo que permite tener vacíos masivos sin un seccionamiento ni fisura miento. De la misma forma para el caso de ejecución de trabajos con presencia de agua, con la finalidad de mejorar el proceso sin perder el ritmo de trabajo por lo que se emplearon Electro Bombas, es así que **concluyo**: Se identifica que el costo llego un costo de 52,864.00 soles, 520,344.22 soles teniendo en cuenta que se llegara a cumplir con un plazo establecido generando a 2.89% de utilidades.

Gómez y Moreno (2018) expone su investigación con **título**: “Evaluación del puente modular Chuquicara, distrito de Macate, Ancash – propuesta de solución – 2018”, cuyo **objetivo general**: Realizar el control de calidad del puente de Chuquicara, en el distrito de Macate, Anchas, la **metodología** empleada: El método es empleada en mayor parte en una construcción de edificaciones empleando la construcción de infraestructura en el caso de puentes, llegando a los **resultados**: Para el estado de servicio (1DC +1 (LL+IM)) con deformación del nudo más desfavorable es 0.037 sin exceder el valor límite establecido por AASHTO, por lo que el puente modular resulta satisfactorio del mismo modo para el límite de resistencia (1.25 Dc +1.75 (LL+IM)) todas las barras de la viga constituida por los paneles y el refuerzo superior e inferior, no exceden de su capacidad, logrando obtenerse ratios < 1.00, lo que permite concluir cuyos esfuerzos no exceden los admisibles y la verificación es satisfactoria, es así que **concluyo**: Se identifico que de acuerdo a un estudio de factibilidad un puente Bailey es más económico a comparación de un puente metálico permanente, dando un resultado del puente Bailey con un valor actual neto de 125,521.83 teniendo una tasa de retorno de 84. 45% y finalmente a un análisis de costo beneficio de 9.93 en comparación con puente metálico permanente un valor actual de 26,886.64, de tasa interna de 9.67% en base a un costo beneficio de 4.88, en donde claramente se llega a preciar la diferencia.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Quispe et. all (2019) presento la tesis de pregrado **Titulado:** Instalación de puente modular provisional Contumazá, el cual fija como **objetivo general:** Determinar una alternativa que sea más rápida, eficiente y factible para el reemplazo de Bailey Contumazá empleando la **metodología** de investigación explicativa, cuantitativa y de diseño de la investigación No experimental - longitudinal obteniendo como **resultado:** se ha instalado el puente modular tipo Acrow 700XS, y finalmente **concluyo:** Los criterios son considerados en la etapa de construcción en la etapa de lanzamiento y montaje del puente modular.

(Gutiérrez, 2018) expone su investigación con **título:** “Análisis técnico durante el diseño y la construcción en puentes modulares de acero”, cuyo **objetivo general** es realizar un dimensionamiento de elementos, analizar el ensamblaje en tanto se realiza un proceso de reconocimiento y capacitación, la **metodología** empleada: De tipo aplicada al tratar problemas reales, de acuerdo al tiempo y costo de ejecución del puente modular, llegando a los **resultados:** De acuerdo con las dimensiones se planteo trabaja sobre una luz de 16 m, al colocar la plataforma de acero se realizó un acompañamiento del montaje con una escalera de gato en tubería de 2m de diámetro, las dimensiones, cantidad y espesor de los elementos de acero varían de acuerdo luz del puente estando constituidos por vigas tipo IPE o HEA, es así que **concluyo:** Se identifico que hay una versatilidad en los diseños de estructuras de acero pueden ser removibles, se evidencio que los tiempos de construcción y el montaje de los puentes vehiculares son bastante cortos lo que permite un tránsito rápido, se identificó una variación en la relación de costo ya que el costo de acero es mayor al costo de concreto.

Moliner, Zacchei, Tadeu, Ferraz (2023) expone su artículo con **título:** “Dynamic load allowance of long-span modular steel bridges”, cuyo **objetivo general** Evaluar los efectos dinámicos sobre estructuras modulares de larga luz., la **metodología** empleada fue de un proceso de modelamiento de acuerdo a los métodos finitos que fueron generados aleatoriamente, se consideraron las irregularidades del camino en el tablero del puente, llegando a los **resultados:** El análisis de la carga dinámica de dos tipologías llega a evaluar la construcción de los puentes modulares de acero con grandes luces, empleando un modelo de interacción entre el puente y el vehículo, modeladas por medio del FEM

calculando así las respuestas del puente, el VBI es evaluada a través de las fuerzas de contacto que aparecen entre los ejes del vehículo, es así que **concluyo:** Se identifico una notable influencia de las irregularidades viales los que implican un desplazamiento vertical abrupto que inciden en la forma modal, se identificó que los índices de tolerancia de carga dinámica tienden a reducirse con ramos mas largos y con velocidades más altas.

Milovanović, Bagarić, Casi y Vezilic (2022) expone su artículo con **título:** “Estudio de caso sobre construcción modular de estructura ligera de acero: puentes térmicos y evaluación del rendimiento energético”, cuyo **objetivo general** es Realizar un plan de control de calidad logrando una estructura con pared adecuada para un diseño de puentes modulares con alto rendimiento en función a un análisis del desempeño estructural de los elementos LSF, la **metodología** empleada: De tipo aplicada al tratar problemas reales, de acuerdo al tiempo y costo de ejecución del puente modular, llegando a los **resultados:** El estudio realizado incluye un análisis de los elementos estructurales como las montantes y el desempeño correspondiente a la transmisión de esfuerzos, es así que **concluyo:** Que los montantes de acero aumentaron el valor de U del 28.4% a un 41.6% en una comparación de los casos sin los pernos lo que en consecuencia llega a aumentar las perdidas por una transmisión a través de elementos opacos, al realizar un revenimiento continuo de los puentes las uniones se llegan a minimizar. La estructura con paredes LSF cumple con las especificaciones de la norma.

Milovanović, Bagarić, Casi y Vezilic (2022) expone su artículo con **título:** “Puente modular de tipo Bailey en aplicaciones civiles”, cuyo **objetivo general** es Evaluar el comportamiento del sistema BB con puentes de luces de entre 12 a 36 m utilizable para las instalaciones en obras, la **metodología** empleada: De tipo aplicada al tratar problemas reales, de acuerdo al tiempo y costo de ejecución del puente modular, llegando a los **resultados:** Para el análisis de la capacidad de carga se empleó FEM y los procedimientos de los códigos de diseño reales, en cuanto al caso de las vigas principales este análisis se centra en la estabilidad fuera del plano para sus cuerdas comprimidas. La capacidad de las vigas transversales dependerá parcialmente del caso de luz de viga, esto debido a que las vigas transversales están cargadas adicionalmente por tensiones resultantes asegurando

la estabilidad de vigas principales, es así que **concluyo:** Las vigas transversales llegaron a cumplir con aquellos requisitos con calidad aceptable, con una capacidad de carga normal, aquellos camiones convencionales con el peso de hasta 28 toneladas. Se emplean vigas transversales por panel de BB con distancias mutuas de 1608 y 1440 mm.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Puente metálico

Son imponentes estructuras que se construirán en el menor tiempo, siendo el material más importante en los últimos años ya que la construcción de estos puentes no presenta una mayor complejidad alguna. Carrillo y Lopez (2016).



Figura 1. Ejemplo de un puente metálico

Fuente: Puentes en arco (Blogger)

2.2.1.1. Evolución de puentes de armadura metálica

Estas estructuras nacieron de la idea de figuras geométricas, por lo que los triángulos sirvieron como estructura compuesta, ya que la geometría del triángulo no se puede modificar los lados, se basaron en el principio geométrico sobre crear una estructura compuesta por triángulos, debido a que esta forma geométrica no se puede alterar sin cortar o alargar alguno de sus lados. En el renacimiento, Leonardo Davinchi dibujo puentes teniendo como principio la figura del triángulo y a su vez Andrea Palladio diseño puentes de madera. Ya entre 1860 y 1869, Gustavo Eiffel uso el hierro para la construcción de las vias férreas basadas en armaduras de metal. Desarrollo un sistema para la instalación

de estructuras horizontales desde las partes altas pasarían por las estructuras verticales (torres) hasta llegar al centro. Adalberto y Peña (2014 pág. 14)

El hierro forjado, hierro dúctil y el acero son derivados del hierro los cuales fueron usados en la construcción de los puentes de acero.

a. Puente de hierro forjado.

A inicios del siglo XIX, el hierro era más caro que la fundición, debido al trabajo en su elaboración, sin embargo, poseía mayor resistencia a la tracción. Con el uso del hierro el constructor por primera vez tenía el material para realizar grandes tipos de puentes: puentes suspendidos, puentes de vigas y puentes de arco. A medida que se construyeron los puentes colgantes con hierro se inventaron cadenas articuladas en 1817, por lo que se logró alcanzar mayores luces. El puente colgante que revolucionó en este siglo fue compuesto en base a barras de hierro, ejecutado por el ingeniero Brown en el año 1820 con una longitud de 137 metros de luz. Plasencia (2011 pág. 25).



Figura 2. Puente Berwick

Fuente: Tomado de Puentes que facilitan el tránsito peatonal, (Plasencia, 2011)

b. Puentes de acero.

Los puentes modulares, surgieron a finales de la Segunda Guerra Mundial, diseñados por el inglés Sir Donald Coleman Bailey, y fue por el por lo que se le

denomino puentes Bailey. El puente baile fue diseñado para el tránsito de vehículos militares, conformado por un tablero inferior y unido por los paneles a través de bulones de canto a canto, esta facilidad de montaje de los componentes permite la instalación en diferentes situaciones que se presenten. En estos tiempos los puentes Bayle son instalados en diferentes partes del mundo. Adalberto y Peña (2014 pág. 26).



Figura 3. Puente de Brooklin

Fuente: Tomado de Puentes que facilitan el tránsito peatonal, (Plasencia, 2011)

- En 1840 y 1850, surgieron muchas patentes sobre los principales componentes de la estructura. (Léctor, y otros, 2018 pág. 4).
- Armadura “Ns”, fue patentada por los hermanos Pratt, en 1844; esta configuración se caracteriza por tener sus diagonales bajando siempre, en dirección del centro del tramo, de forma que sólo están sujetas a tensión, esto puede variar según su figura que se presente. (Léctor, y otros, 2018 pág. 15).
- Las armaduras “Ns”, que presentan tramos de hasta cien metros, tienen diagonales que no consigan de cordón superior hasta el cordón inferior. (Echevarria, 2012 pág. 42).
- Los postes permanecerán a menor distancia, ya que las diagonales que pasan por el centro llegan hasta el final del panel, en la armadura “doble NS”. (Sierra, 2016 pág. 71).

- La armadura “Ws”, fue realizada por ingenieros británicos el cual fue diseñado con una configuración de diagonales alternadas y combinadas. (CHOPIN & PEÑA, 2014, pág. 13).
- La armadura “Xs”, o “sistema Eiffel”, la armadura está conformada por celosía, el cual está conformado por una composición de diagonales del tipo “W” los cuales deberán de estar superpuestos. (Echevarria, 2012 pág. 24)

2.2.2. Conceptos generales de puentes

2.2.2.1. Partes funcionales que constituyen un puente

a. La superestructura

Es una parte del puente, el cual define la longitud del puente y esta apoyado sobre los estribos y/o pilares. Esta estructura es la que recibe directamente las cargas y los distribuye entre los apoyos. Esta estructura está conformada por las vigas principales, vigas secundarias, el tablero y la armadura superior. (Maldonado, 2006 pág. 51)

b. Elementos principales

Los elementos que conforman el puente son las vigas longitudinales, estructuras superiores que reciben y distribuyen las cargas, el tablero y los apoyos (estribos). (Maldonado, 2006 pág. 60)

c. Elementos secundarios

Estos elementos son el los que le dan la funcionabilidad y seguridad a la estructura y garantizan el la transitabilidad peatonal y vehicular. (Maldonado, 2006 pág. 57)

- Arriostramiento

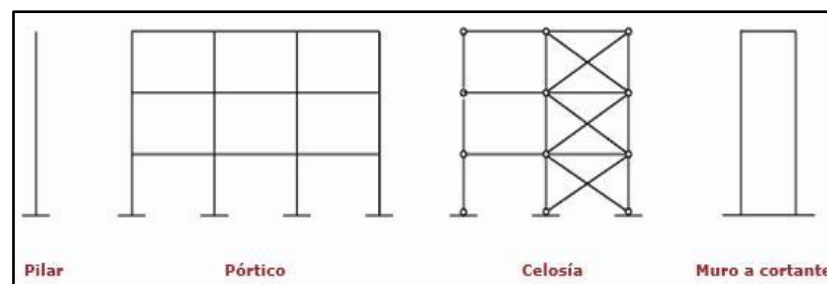


Figura 4. Sistema de arriostramiento

Fuente: Tomado de “Elementos de arriostramiento”, por (Harbour, 2012)

Se clasifican como:

- **Viga del portal.** Es el mecanismo estructural situado en los extremos de la estructura, el cual le brinda estabilidad a la armadura. (Serquén, 2012 pág. 79)
- **Viga transversal.** Estos son estructuras que se unen entre los nudos de forma diagonal para estabilizar los empujes laterales (Serquén, 2012 pág. 94)
- **Viga lateral superior.** Esta estructura es la que le da estabilidad ante los empujes laterales provocados por los vientos, y éstas son las que minimizan el pandeo provocado en las estructuras. (Rivera, 2010 pág. 61)

Este elemento estructural (arriostre) permiten que la estructura mantenga su geometría y estabilidad, con el objetivo de minimizar deformaciones. Permite un funcionamiento correcto a largo plazo y es económico, también evita que ocurran fenómenos locales como el alabeo, flambeo, pandeo, aplastamiento, etc. (Harbour, 2012 pág. 17)

- **Via**

La via que se usa en los puentes modulares tipo Bailey es de construcción metálica recubierta con epóxido antideslizante. A su vez estas estructuras pueden ser recubiertas con una capa de asfalto para una mejor uniformidad con la via. (CHOPIN & PEÑA, 2014, pág. 34)

- **Señalización**

En toda estructura vial, es muy importante la señalización de las estructuras existentes ya estos son los que informan y advierten al usuario de la vía de la existencia de estas estructuras (puentes); en estas señalizaciones se especifican la capacidad máxima y el tipo de vehículo que deberá circular sobre la estructura. (Plasencia, 2011 pág. 30)

- **Aparatos de apoyo**

Son estructuras tanto fijas como móviles, los cuales le dan una cierta seguridad los deslizamientos provocados por los sismos y/o movimientos telúricos así como las variaciones longitudinales causados por los cambios

de temperatura. Estos aparatos son instalados sobre la subestructura y son los encargados de transmitir toda la carga. En caso de que el puente presente luces mayores, estos aparatos de apoyo son los encargados de controlar las máximas flechas, ya que por la longitud el puente presenta mayores deflexiones.

Generalmente los apoyos están fabricados en acero y conlleva la utilización de una lámina de neopreno, por lo que se debe de prestar mayor atención ya que son estructuras que pueden acortar la vida útil. (Harbour, 2012 pág. 17)

- **Drenajes**

En todo puente es fundamental evacuar el agua presente en el tablero, por lo que el tablero deberá de tener un bombeo entre 2% y 3%. (Harbour, 2012 pág. 67)

- **Aceras**

Son estructuras ubicadas a los lados del puente con el objetivo de dar transitabilidad y seguridad a los peatones, de esta manera dar exclusividad a los peatones. (Plasencia, 2011 pág. 74)

- **Juntas**

Permiten proteger la unión entre el puente y la vía de manera independiente y resistente a la circulación de los vehículos, con el propósito de controlar las deformaciones ante los cambios bruscos de temperatura, asentamientos ocurridos producto de movimientos del subsuelo y por efecto del tránsito de vehículos pesados. (Plasencia, 2011 pág. 36)

- **Barandas**

Son estructuras que brindan seguridad a los peatones y a los usuarios de la acera. (Harbour, 2012 pág. 51)

- **Gálibo vertical**

Es la altura entre la calzada y el obstáculo más próximo, el cual define como la altura de diseño de los vehículos. El galibo está situado en ambos márgenes del puente. (Harbour, 2012 pág. 25)

d. La subestructura

Son las estructuras en el cual se asienta la super estructura, el cual reciben la carga viva y la carga muerta de la super estructura, y esta a su vez lo transmite al suelo. Esta subestructura es llamado como estribo, pilares y/o aleros. (CHOPIN & PEÑA, 2006, pág. 19)

- Estribos

Es una estructura que resiste perpendicularmente al plano horizontal y es el sostenimiento de la superestructura el cual transfiere las cargas a la superficie de cimentación, por los laterales retiene el material de relleno y soporta los efectos de la erosión. Estas estructuras pueden ser de concreto armado o concreto ciclópeo. Normalmente un estribo consta de: pantalla, asiento o viga cabezal, cimiento de estribo, columna y pilotes. (CHOPIN & PEÑA, 2006, pág. 42)

- Pilotes

Son estructuras que trabajan por fuste y/o por punta que logran profundidades considerables para la transmisión de cargas, en cuanto al material se considera el concreto, acero, madera, etc. Estas estructuras permiten soportar todas las cargas que son transmitidas de la superestructura y la sub estructura. (Harbour, 2012 pág. 74)

- Base de estribo

Es el lado inferior del estribo, denominada asiento o cimiento, la función que cumple la base del estribo es parecido al de una cimentación como la zapata. Esta estructura está diseñada y fundada con el propósito de recoger, trasferir y distribuir la carga de la estructura. Esta estructura generalmente tiene una altura de 1.00 metro. (Harbour, 2012 pág. 24)

- Columna del estribo

Es la estructura que sostiene la carga de la superestructura el cual transmite las cargas al terreno de fundación. Esta estructura

soporta el cabezal de la columna del estribo, sobre dicha estructura se sitúa el tablero del puente. (Harbour, 2012 pág. 34)

- **Pantalla**

Es una parte de la estructura del estribo construida de concreto reforzado con acero corrugado, el cual retiene los empujes del material de relleno y la otra cara está en contacto con el agua. (Harbour, 2012 pág. 57)

- **Aleros**

Estas estructuras están diseñadas a los costados de la pantalla del estribo y su objetivo principal es de contener y proteger el material de relleno, de la misma manera neutraliza la erosión del agua. Esta estructura está diseñada del mismo material de la pantalla del estribo, el cual se debe de tener en cuenta el uso de juntas. (Plasencia, 2011 pág. 47)

- **Vigas de cabezal**

Esta estructura se encuentra en la parte más alta del estribo, y es sobre esta estructura que se asienta la superestructura. También es la parte por donde se transmiten las cargas al estribo y posteriormente al suelo. (Quintero, y otros, 2016 pág. 35)

- **Pilas**

Son apoyos verticales ubicados al medio de un puente, estas estructuras son las que transmiten las cargas recibidas de la superestructura y transfieren a la cimentación. Estas estructuras pueden tener diferentes formas geométricas debidamente calculadas estructuralmente, pero por lo general son de forma circular por la trabajabilidad. (Rodríguez, 2018 pág. 73)

- **Pila marco**

Formado por más de dos pilas, los cuales están ubicados de forma transversal a lo largo de la línea longitudinal de la estructura, estas pilas están unidas a través de una viga en la parte superior, por lo cual forman un marco estructural. (Sierra, 2016 pág. 36)

- **Pila pared**

Esta constituido a lo largo del eje longitudinal de la superestructura y por lo general el espesor de esta pila pared es delgado en comparación a la longitud. (Chopin, y otros, 2006 pág. 41)

- **Pila cabeza de martillo**

Esta estructura de soporte está conformado con dos vigas volados, ménsulas, situadas a los extremos del pilar, esta estructura constituye el patín que resistirá las vigas longitudinales. Los soportes de esta construcción están compuestos de concreto armado (acero de refuerzo). Los componentes que forman parte de este soporte son: la viga cabezal, columna de pilote y la base del pilote. (Chopin, y otros, 2006 pág. 68)

- **Pila columna aislada**

Este pilote es la forma más común para el uso de las columnas intermedias; esta estructura es usada para el apoyo de la superestructura. La sección y/o forma de la columna puede ser de cualquier forma geométrica apropiada y hecha a las necesidades de la estructura. El material de estas estructuras puede ser de concreto armado (acero estructural) o acero estructural de estructura diseñada. (Sierra, 2016 pág. 24)

2.2.3. Estudios para el emplazamiento de un puente metálico modular

De acuerdo a la ejecución de proyectos, es necesario realizar los estudios básicos como son el estudio topográfico, estudios de mecánica de suelos y estudios hidrológicos, los cuales son fundamentales para el financiamiento del proyecto. (Plasencia, 2011 pág. 58)

2.2.3.1. Estudio topográfico

Consiste en la realización de levantamiento topográfico del área en estudio, el área de levantamiento o lectura de datos (puntos) se efectúa a una radio entre 150 y 250 metros. Para el caso de puentes modulares se realiza un levantamiento convencional (estación total), con el cual se

monumenta puntos de control usados como referencia para el replanteo del proyecto. En este levantamiento topográfico se detallan las estructuras presentes, arboles, taludes, nivel del río, fondo de río, así como cercas y accesos al proyecto, todo esto dentro del área de intervención. Con esta información se deberá de alinear el acceso al puente y el flujo del río; con el fin de ubicar los puntos de exploración de suelos. El relieve de todo el terreno de influencia deberá de quedar definida por las curvas de nivel y así definir el diseño del proyecto. (Chopin, y otros, 2006 pág. 73)

2.2.3.2. Estudio geotécnico

a. Geología

La geología, es un aspecto importante en el punto de instalación de un puente y sus cercanías, porque de esto depende que la obra de paso sea estable, duradera y económica. Es necesario averiguar el tipo de roca que se encuentra en el lecho, o manto rocoso, aguas arribas. Según el mapa geológico en esta zona se presentan volcanes con presencia de rocas ígneas, esto conlleva a que las rocas presentan compuestos ácidos en la superficie, lo que ocasiona que se presenten coloraciones blanquecinas, tales como las rocas pómez, tobas ignimbritas o tierra blanca, de la misma manera se puede presentar rocas con coloraciones negruzcas, esto en las partes más profundas, en las cuales se puede caracterizar las andesitas y los basaltos, estos son excelentes rocas para la cimentación de estructuras debido a que no presentan fallas. La erosión en los taludes genera el desprendimiento de las partículas del suelo, lo que genera el descubrimiento de los estratos, por lo que se puede apreciar las características de estos estratos. Por otro lado, las rocas expuestas al aire, el sol y al estar en contacto con el agua, estas presentan los fenómenos de meteorización e intemperismo, debido a los cambios bruscos de temperatura. Estos fenómenos de meteorización, fractura miento y degradación generan los suelos residuales aguas debajo. (Chopin, y otros, 2006 pág. 74)

2.2.3.3. Estudio hidrológico

a. Hidrografía

En las épocas de avenida son los ríos los que incrementan su caudal el cual genera desbordamientos de los ríos y por consiguiente pérdidas materiales y pérdidas humanas. (Chopin, y otros, 2006 pág. 22)

b. Hidrogeología

Para determinar las características hidrogeológicas de una cuenca o un río se deben de realizar examinaciones. (Sierra, 2016 pág. 31)

Los especialistas en hidrología realizan estudios y cálculos para determinar el caudal de agua que transcurre por una quebrada o un paso, esto teniendo en consideración el área de la cuenca. Para obtener estos resultados el especialista deberá de determinar los parámetros de la cuenca como son el área total de la cuenca, perímetro, pendiente promedio, altitud máxima y mínima de la cuenca. (Quintero, y otros, 2016 pág. 42)

2.2.3.4. Estudio hidráulico.

La hidráulica es uno de los estudios básicos de todo proyecto y esta entrelazada con el estudio hidrológico, ya que ambas disciplinas hacen uso de la ecuación de la continuidad y la fórmula de Manning, con estas fórmulas se calcula el nivel de aguas máximas en la ubicación del proyecto. A través de esto se obtiene las dimensiones hidráulicas y la sección hidráulica para evacuar el caudal de las aguas máximas. (Plasencia, 2011 pág. 76)

$$\frac{Qn}{S^2} = A_H R_H^{\frac{2}{3}}$$

Factor hidráulico= factor geométrico

Donde:

Q: Caudal máximo, en m³/s

n: coeficiente de rugosidad de Manning

S: pendiente media

Ah: área hidráulica

Rh: radio hidráulico

De acuerdo a la teoría de Manning se deberá de determinar el coeficiente de rugosidad, ya que es un parámetro del cauce del río, esto también está relacionado a la forma y tamaño de la sección transversal del río, adicional a eso se tomará en cuenta el tamaño de las partículas que transporta el río y le vegetación presente en la zona de estudio, etc. (Plasencia, 2011 pág. 24)

Estos datos se sacarán de tablas estandarizadas y también con la ayuda de datos de campo, estos datos de campo serán las mediciones que se realicen. (Tagle, y otros, 2017 pág. 74)

Para poder determinar el coeficiente de rugosidad es necesario determinar el diámetro de las partículas que transporta el río.

$$n = (\sqrt[12]{\phi_{90}})/64$$

Donde:

N: coeficiente de rugosidad de Manning

64: es una constante, o número de Reynolds, para flujo laminar

Ø90: es el diámetro, en mm, de la curva granulométrica correspondiente al 90% que pasa la malla de mayor diámetro.

Fórmula para determinar el coeficiente de rugosidad según las velocidades.

$$n = \frac{(x - 1)Y^{\frac{1}{6}}}{6.78(x + 0.95)}$$

X: es la velocidad a 0.2 de la profundidad media ente la velocidad a 0.8 de la profundidad media

Y: es la profundidad media

Según la profundidad, las velocidades de 0.20 y 0.80, estos representarían al eje vertical y el resultado de la medición de las verticales será el valor de Y. (Rodríguez, 2018 pág. 74)

Cuando hay presencia de taludes cercanos, estos ocasionarán o generarán la presencia de turbulencias, para lo cual es preferible tomar las medidas verticales en el centro del río. Estas mediciones determinaron que la óptima sección hidráulica se calcula cuando el factor hidráulico tiende al factor geométrico. Al momento de procesar la información de la curva de descarga, estas se tabularán en la tabla donde se inserte toda la información. (Sierra, 2016 pág. 28)

La máxima altura registrada del agua es llamada como tirante. Para lo cual el valor geométrico y el valor hidráulico deberán ser iguales, y esto representa al NAME. Esta medición determina el espacio libre del nivel inferior de la obra con el nivel superior del NAME, el cual es un espacio prudente para el paso de los objetos arrastrados por el río, se acuerdo a algunas bibliografías recomiendan entre 1.50 m a 2.00 m. Este tirante crítico es comparado con la huella o marca que deja el río en arbustos o taludes en sus máximas crecidas. Por ningún caso el tirante crítico deberá de ser menor a la huella dejado con el río, por lo cual el valor que se utilizará para el cálculo será el nivel del tirante crítico. (Tagle, y otros, 2017 pág. 30)

Con respecto a la velocidad del flujo, esta se determina de acuerdo a la distancia que se desplaza el flujo en un determinado tiempo. Para el cálculo de la velocidad del río, esta se determina dejando recorrer un objeto liviano una determinada longitud y tomar los tiempos de inicio y llegada del objeto, este objeto no deberá de ser tan denso como el agua. De acuerdo a la velocidad calculada, se puede determinar si el río erosiona los taludes del cauce o si se va presentar depósitos de material. Con esto se puede recomendar la realización de algunos ensayos específicos. (Rodríguez, 2018 pág. 36)

$$A_o = Ah/3$$

Donde:

Ao: Área para objetos de arrastre

Ah: área hidráulica optima

Para el cálculo de la altura libre entre la estructura y el nivel de aguas máximas, se realizará de la siguiente manera.

$$A_o = b \times h$$
$$h = A_o/b$$

Ao: área de objetos de arrastre en m².

H: altura para objetos de arrastre, m

B: ancho de espaciamiento estribos, m

Cuando se tiene la presencia de proyecto como un puente, estas estructuras minimizan el área hidráulica con la ejecución de sus estribos, lo cual genera el incremento de la velocidad del flujo, estas modificaciones en la sección del rio generan modificaciones en el perfil del agua hasta 100 metros aproximadamente aguas abajo del punto en estudio. Estos cambios generados por el cambio del perfil son denominado como remanso. (Plasencia, 2011 pág. 76).

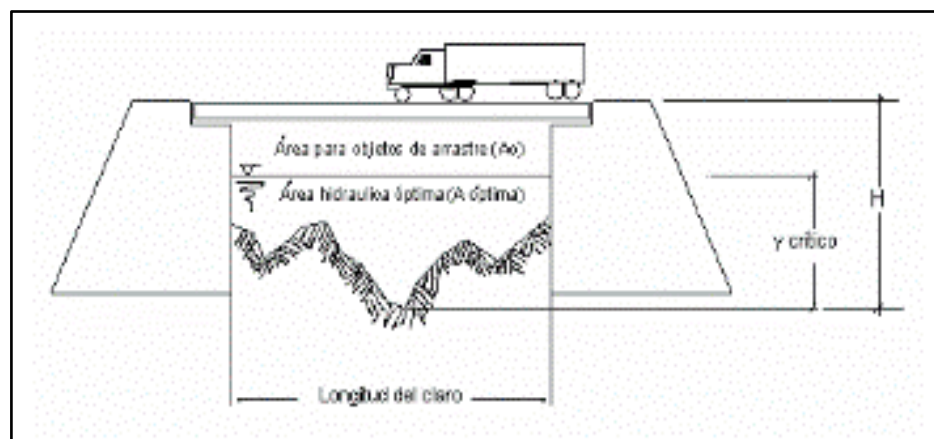


Figura 5. Área para objetos de arrastre

Fuente: “Aplicación de puentes modulares en el Salvador”, por Chopin y Peña (2006)

2.2.3.5. Estudio socioeconómico

Para las estructuras como los puentes es de vital importancia tener información sobre la actividad económica y el desarrollo de las poblaciones beneficiarias, ya que de esto dependerá la viabilidad del proyecto. Cuando se determine la viabilidad del proyecto se realizará la ejecución del planteamiento en el cual se determinará el punto por donde tendrá que pasar el puente, ya que esto se determina de acuerdo al alineamiento de la vía y a la distancia entre ambos márgenes. El nivel de aguas máximas es un factor influyente en el costo del proyecto, ya que mientras el nivel de aguas máximas este más elevado entonces esto determinada que los puntos de apoyo de la estructura estén más distantes por lo que esto afectara al costo del proyecto. De la misma manera las pendientes pronunciadas presentes en el cauce generan el incremento de las velocidades, lo cual genera el transporte de sólidos, genera erosión en la superficie del cauce y ocasiona socavación. (Rodriguez, 2018 pág. 76)

2.2.4. Aspectos a tomar en cuenta para el estudio del punto de emplazamiento

2.2.4.1. Vehículo de diseño.



Figura 6. Vehículo pasado en los puentes.

Fuente: “Evaluación de puentes”, por (Serquén, 2012)

Los vehículos que transmiten mayores cargas a la estructura y que circulan por las vías y atraviesan los puentes, son los que generan fatigas a las estructuras, ya que por ende son estos vehículos los que se toman como referencia para el diseño de estas estructuras. Para dichos cálculos es necesario tener en consideración los esfuerzos máximos que transmites hacia el puente y así poder diseñar en el lado más desfavorable. (Serquén, 2012 pág. 34)

2.2.4.2. Tipo de carretera

Se clasifica las carreteras en:

- a) Carreteras especiales,
- b) carretera primaria,
- c) carretera secundaria,
- d) carretera terciaria,
- e) carretera terciaria modificada, carreteras rurales A,
- f) carreteras rural B,
- g) carretera rural A modificada,
- h) carretera rural B modificada.

Otra manera de clasificar a las carreteras es de acuerdo a la longitud: es estos se pueden presentar de categorías regionales, nacionales, departamentales y locales. (Serquén, 2012 pág. 24)

2.2.4.3. Condiciones de carga

En los puentes de presentan tipos de cargas, estas pueden ser cargas vivas que están constituidas por los vehículos, las personas y animales, y la carga muerta que es el peso propio de la estructura. Estas cargas están especificadas en la norma AASHTTO 93. (Paredes, 2009 pág. 72)

H20 – 44 (M – 18), peso total 18.2 toneladas.

H15 – 44 (M -13.5), peso total 13.7 toneladas.

H10 – 44 (M - 9), peso total 9.1 toneladas.

HS 20 – 44 (H - 18.1) (S – 14.6) Peso total 32.7 toneladas.

HS 15 – 44 (H -13.6) (S – 10.9) Peso total 24.5 toneladas.

Carga H(M): Esta carga está considerado por un camión de dos ejes o el que corresponde a un carril de diseño. Esta carga está determinado por el peso normalizado del camión en toneladas y es simbolizado por la letra H(M). (Baldenebro, 2015 pág. 64)

Carga HS(MS): está determinado por un camión tractor con semirremolque y la carga está determinado por el peso normalizado del camión tracto total en toneladas y es simbolizado de la siguiente manera (HS(MS)). (Adalberto, y otros, 2014 pág. 19)

2.2.4.4. Estudio de tránsito

Para poder determinar la cantidad y tipo de vehículos que circulan por un determinado punto, se realizan los conteos de acuerdo al manual del ministerio de transportes y comunicaciones, a través de este conteo vehicular se determina la cantidad de vehículos teniendo en referencia el origen y el destino, con esto se determina el índice de accidentes. Este estudio no ayuda a determinar y clasificar el tipo de vía o camino, la planeación de rutas y el diseño geométrico; de la misma manera se controla el tránsito vehicular a través de la elaboración de programas de tránsito vehicular. De la misma manera se obtiene información secundaria sobre el tipo de viaje, adicionando a estos el movimiento del origen hacia el los posibles destinos. Una vez obtenida la información se procede al ordenamiento y clasificación de acuerdo al tipo de vehículo. Y con el uso de elementos estadísticos se determina las proyecciones del tráfico futuro y así poder hacer uso en el cálculo de la capacidad de diseño del puente. (Serquén, 2012 pág. 61)

2.2.4.5. Ancho de rodadura

El ancho del camión o el tipo de camión será de acuerdo al ancho del carril de diseño en cual varía entre 3.00 m a 3.60 m en vías de baja velocidad. Para lo cual el puente se deberá de diseñar con un ancho en donde circulen los dos vehículos de diseño de los accesos. (Harbour, 2012 pág. 19)

2.2.5. Puentes metálicos modulares

2.2.5.1. Piezas de los puentes metálicos modulares

Este tipo de puente tiene su estructura conformada por paneles, los cuales se articulan mediante los bulones, los cuales logran la construcción de las estructuras del puente modular. (Serquén, 2012 pág. 53)

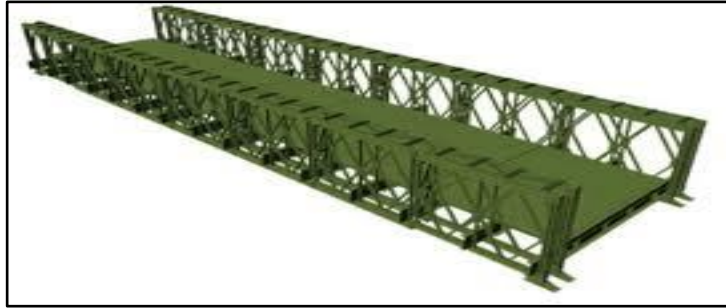


Figura 7. Panel modular

Fuente: Tomado de “Membrane Structures”, por (Rivera, 2010)

2.2.5.2. Panel modular

Panel Bailey BB.1

Es una estructura de metal comprendido por la unión de cordones en dirección horizontal y estructuras verticales, estas estructuras son unidas mediante soldadura de alta resistencia. En este caso el panel este compuesto por cuatro cordones, dos cordones superiores y dos cordones inferiores, y es por estos elementos por donde se puede apoyar los traveseros a los montantes. (Rivera, 2010 pág. 73)

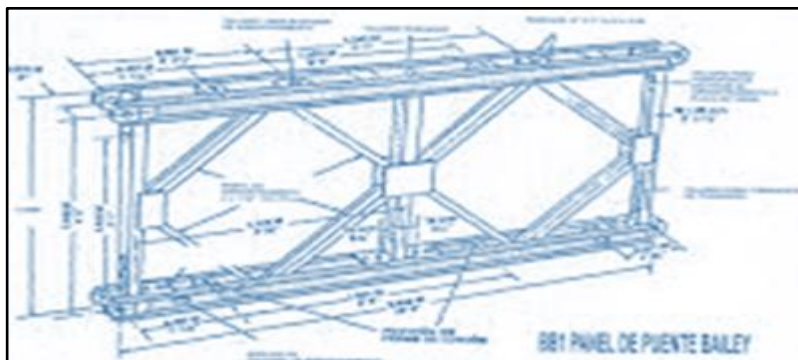


Figura 8.Panel de Bayli

Fuente: Tomado de “Procesos y Técnicas de Construcción”, por (Solminihae, y otros, 2002)

2.2.5.3. Traveseros

Travesero BB.5

Es uno de los elementos principales de los puentes modulares tipo Bailey, ya que estos traveseros son las vigas transversales del puente los cuales van unidos con los paneles. (Harbour, 2012 pág. 54)

En los extremos del puente se presentan perforaciones para poder introducir los pernos y unirlos con los paneles, lo cual formara una estructura semirrígida, de acuerdo a la configuración del puente se colocarán la cantidad de paneles. Mientras que sobre el lado superior del travesero se encuentran ganchos de sujeción que sirven para anclar los apoyos del tablero. De la misma manera se fijan los arriostres sobre el lado superior del travesero, también es indispensable asegurar las estructuras con los traveseros, ya que estos determinaran la seguridad del puente. Solminihae y Thenoux (2002 pág. 75)

2.2.5.4. Elementos de unión

Estas estructuras de puente modular tipo Bailey fueron diseñadas para realizar un armado con el uso de herramientas prácticas y por el uso de elementos de manera simétrica. (González, 2007 pág. 21)

Bastidor de Arriostramiento BB.2

Es una estructura conformada por la unión de perfiles y barras de acero, para lo cual se usa soldadura especial. Estos elementos se emplean para el uso de arriostramiento entre paneles:

- a. Estos elementos son usados en la unión de dos paneles por cada viga sobre los cordones que van encima de los paneles y verticalmente en los montantes. (Sierra, 2016 pág. 26)
- b. Cuando se presentan dos o tres niveles de altura de paneles, es necesario el aseguramiento de estos paneles mediante arriostres, esto para poder asegurar la unión de las estructuras que se están armando. Tagle y Zapana (2017 pág. 16)

Tornapuntas BB.3

Las tornapuntas son elementos de acero especial de alta resistencia con unos anclajes en ambos extremos, este elemento se conecta entre un agujero presente en la parte superior del travesero y en la parte superior del panel, este elemento permite la verticalidad de los traveseros y los paneles. Chopin y Peña (2006 pág. 40)

Bulón de Panel BB.4

Los bulones o pasadores están fabricados de aleación especial de acero y están tratados en caliente. Este elemento presenta un tope en una de los lados y al lado extremo del tope se presenta una ranura para poder colocar el pasador de bulón. Franco, Leon y Ruiz (2015 pág. 74)

Pasador de Bulón BB.4^a

En la cabeza del bulón de panel hay una ranura paralela al agujero para el pasador del bulón, para que al insertar este, se tome la precaución de que esta ranura se mantenga paralela al cordón del panel. (Sierra, 2016 pág. 19)

Torniquete de Travesero BB.6,

Este elemento presenta un lado soldado y tiene un aditamento en el extremo, este elemento presenta un tornillo en el centro y un lado móvil en el talón. Cuando se pone en funcionamiento el aditamento, este se inserta dentro del agujero. Este lado móvil presenta un cabezal, este a su vez es colocado por debajo de la placa del travesero y se sujeta hacia abajo. De esta manera se asegura el travesero con el cordón inferior y el panel estándar. (APOSAC, 2004 pág. 12)

Torniquete de Travesero TSBB.573,

Este elemento puede reemplazar al torniquete de travesero (BB.6) o al (BB.143). El tornillo es de cabezal de forma hexagonal, el cual solo se puede sujetar mediante el uso de desatornilladores con de forma hexagonal. (Serquén, 2012 pág. 120)

Perno de Cordón BB.9,

Este elemento este fabricado mediante el uso de acero dulce, el cual debe de ser pulido y trabajado de manera que encaje en los agujeros de los cordones. (Paredes, 2009 pág. 13)

De manera de facilitar el armado de las estructuras, estos pernos de cordón presentan la mitad lisa y la otra mitad presenta anillos roscados, que están sujetos por una tuerca y un anillo. Estos pernos de cordón son los que unen a los paneles con los refuerzos (cordones), dependiendo a la configuración del puente. (Serquén, 2012 pág. 49)

Perno de Trinca BB.10,

Los pernos de trinca están fabricados de acero dulce, este elemento se proporciona con una tuerca y un anillo; los cuales no son necesarios retirarlos al momento del montaje; ya que este perno presenta una cabeza del tipo T. esto atraviesa por un orificio rectangular y es asegurado en el emparrillado. Tagle y Zapana (2017 pág. 74)

Perno de Arriostramiento BB.1,

Los pernos de arriostramiento están fabricados por acero dulce de la misma manera que los demás pernos, y se proporciona con una tuerca y un anillo. Se presenta una arandela acoplada por debajo de la cabeza, el cual no permite que el perno gire mientras se está torqueando. (Echevarria, 2012 pág. 26)

Estos elementos se usan para asegurar los siguientes elementos:

- a) El travesero y los paneles son asegurados por la tornapunta.
- b) El arriostramiento al panel
- c) La placa de unión al panel.

Placa de Unión BB.29,

Es una plancha con dos orificios distanciados a 8 ½ de pulgadas o a 0.22 metros entre los orificios. Este elemento es la que conecta las vigas en los puentes. (Sierra, 2016 pág. 56)

Diagonal de Arriostramiento BB.15.

Es un elemento fabricado de acero dulce el cual presenta un orificio a cada lado, este a su vez se fija en el orificio del cordón inferior del panel. La articulación de este diagonal permite el mejor transporte y en el lado más corto del arriostre se presenta un torniquete, ya que esto permite girar a través de la llave de boca de 1 ¼ de pulgada. (Guevara, y otros, 2010 pág. 36)

2.2.5.5. Elementos de calzada

a. Rampa de acceso

De acuerdo a la estructura del puente modular la rasante del puente está 2 pies con 4 pulgadas sobre la placa de asiento. Otra manera sería que las colocar las placas de asiento en las excavaciones bajo la superficie del terreno, en donde se deberán de instalar colocar rampas para poder alcanzar la cota de la rasante del puente. Estos pueden estar compuestos de tablones con una armadura de acero, esta estructura deberá de ser construidos con acero de alta resistencia y serán similares a los emparrillados. Estos elementos son denominados como rampas de botones o rampas planas y pertenecen en cantidad y ubicación con los armazones. Las estructuras de madera se articulan consigo mismos. (Rodríguez, 2018 pág. 17)

Rampa Plana BB.24

Esta rampa presenta perfiles de alta resistencia, los cuales conforman un marco idéntico a los emparrillados, sin embargo, estos son estructuras más pesadas. Los perfiles presentan extremos filosos y a su vez presentan apoyos semicirculares. Los elementos transversales están compuestos para articular los traveseros. (Sierra, 2016 pág. 2).

Rampa de Botones BB.25

Las rampas de botones son idénticos a las rampas planas, lo que les diferencia son los botones similares a los de los emparrillados, estos botones son necesarios para colocar los tablones y poder

ajustarlos con los pernos T. estas estructuras están compuestas por 2 rampas de botones y 3 rampas planas. (Serquén, 2012 pág. 74)

Pedestal de Rampa # 1 BB.23

Este elemento es un elemento de acero soldado el cual está compuesto por una base sobre el que se colocan 2 refuerzos verticales distanciados de manera que el travesero ingrese entre ambos refuerzos. En los casos en que se coloque el travesero grande, se usara la rampa de 20 pies como puntal central. Para este caso se usarán los pedestales de la rampa BB.23. (Echevarria, 2012 pág. 98)

b. Calzada vehicular

Trinca Guardalado BB.13

es una sección que está compuesta por madera tratada con los lados inclinados. Presenta cuatro perforaciones verticales por donde ingresan los pernos con las pletinas, sobre estas se sujeta la tuerca del perno. (Rivera, 2010 pág. 81)

Tablón BB.14

Este elemento está compuesto por madera tratada, con lo que está compuesto el entablado del puente. Los dos extremos del puente se aprietan con los botones de los emparrillados, esto hace que se produzca un desplazamiento lateral. Chopin y Peña (2006 pág. 57)

Emparrillados Planos BB.7

Está conformado por los refuerzos longitudinales presentes en el puente, estos están conformados por tres largueros soldados, los cuales forman una estructura. Estos se conectan mediante grapas con unas mordazas que están ubicados en ambos extremos. Estos elementos transversales son los que le brindan rigidez a la estructura en la parte superior con el fin de inmovilizar el lado longitudinal como el lado lateral. Guevara, Mendez, Pimentel (2010 pág. 4)

Emparrillado de Botones BB.8

La ejecución de estos emparrillados es semejante al de los emparrillados planos, lo único que le diferencia es una serie de botones distribuidos a lo largo de la cara superior del perfil. Estos botones cumplen la función de fijar e inmovilizar los tablonos del tablero. También se presentan perforaciones los cuales están hechos para el ingreso de los pernos tipo. Chopin y Peña (2006 pág. 94)

c. Calzada peatonal

El área destinada al tránsito peatonal es instalada en los extremos de las vigas y/o traveseros, estas vías están aisladas de la calzada vehicular mediante los paneles del puente. Esta estructura para peatones esta sostenida por vigas en voladizo unidas al travesero con un arriostre diagonal. (Serquén, 2012 pág. 35)

La ménsula de andén para peatones TSBB615 presenta un ancho de 3 pies libres para el tránsito peatonal y en algunos casos se puede usar de un ancho de 4 pies 6 pulgadas esta con un código de TSBB.612. (Serquén, 2012 pág. 66)

También existen los accesos peatonales con tablero de acero el cual está hecho con planchas de acero con diseño en alto relieve. Estas planchas se usan para proporcionar rugosidad al tablero y así evitar resbalones de los usuarios. Garcia y Hernandez (2018 pág. 75)

2.2.5.6. Elementos de apoyo

Apoyo de cojinete BB.19

Es una placa plana sobre la cual va una barra redonda soportada por cuatro montantes que la dividen en tres secciones. Recibe la carga de los postes finales del puente y las transfiere a las placas de asiento o a las fundaciones de hormigón. Cuatro agujeros ovalados en la placa permiten su fijación al hormigón mediante pernos empotrados en éste. (Rodriguez, 2018 pág. 91)

Placa de Asiento BB.31

Este elemento es la que distribuye la carga transferida de los cojinetes y lo descarga sobre el terreno. La cantidad de estas placas

dependerá de los números de apoyo o la cantidad de vigas longitudinales. Estas placas se asientan en cada apoyo de la viga hacia los estribos. Solminihae y Thenoux (2002 pág. 37)

Postes Finales, Hembra BB.62 y Macho BB.63

Son postes verticales que se unen por medio de bulones a cada extremo del puente y trasladan las cargas de las vigas laterales a los estribos del puente. Un agujero de bulón ovalado adicional en la cabeza del poste sirve para acoplar a un panel de segundo piso o a un cordón de refuerzo superior. Tagle y Zapana (2017 pág. 46)

2.2.5.7. Elementos de refuerzo

Cordón de Refuerzo BB.150

Este elemento se ensambla junto al cordón superior del puente modular tipo Bailey, el cual presenta lados hembras y lados machos para insertar los bulones y palastros, de esta manera se deberá de ajustar los paneles de refuerzo a los lugares de articulación de bastidores de arriostre, esto se realiza por medio de pernos. Por medio de los orificios de los bastidores de arriostramiento se unen por la cara opuesta de los palastros del perno, de esta manera, al momento de realizar el acoplamiento de los paneles, los pines de los pernos se ubican entre los apoyos de los perfiles en U. esto se realizará acoplando el cordón superior con los bastidores de arriostre evitando las interferencias. Tagle y Zapana (2017 pág. 74)

Collarín del Perno de Cordón BB.151

Este elemento del puente modular es un pedazo de tubo espaciador del perno del cordón, se usa en el momento de acoplar los cordones de refuerzo con los paneles, todo esto se realiza con el uso de los pernos, esto se pone del en el espacio que deja el perno con el panel y es sujetado por la tuerca con la arandela. Solminihae y Thenoux (2002 pág. 29)

Refuerzo Extremos, Machos TSBB.616 y Hembras TSBB.617

Esta estructura presenta el modelo de una rampa el cual nos permite que los rodillos de lanzamiento alcancen un nivel distinto, esto sin la necesidad de elevar la estructura con los gatos. Este elemento se acopla con los paneles por medio de tornillos. (APOSAC, 2004 pág. 16)

Soporte para el Arriostamiento Superior BB.73

Es un elemento fabricado en acero y presenta dos placas para la sujeción de los pernos, estos pernos se ajustan con las placas. Solminihae y Thenoux (2002 pág. 38)

2.2.5.8. Modulaci3n t3pica de puentes met3licos modulares

Puentes Bailey (de Tablero Inferior).

La estructura de puente modular tipo Bailey m3s simple, es el que presenta una fila de paneles en toda la longitud del puente, esto en ambos lados. Este tipo de configuraci3n es del tipo simple simple, en caso de a1adir una fila de paneles por cada lado lo convertir3 en una configuraci3n doble simple. A1adiendo un piso sobre cada panel de la configuraci3n doble simple, esto lo convertir3 en una configuraci3n doble; de esta manera es como se define la configuraci3n de los puentes modulares tipo Bailey, ya que la cantidad de paneles a cada lado del puente corresponde a la primera configuraci3n y el n3mero de paneles colocados uno encima del otros corresponde a la segunda configuraci3n. (Solminihae, y otros, 2002 p3g. 96)

El manual de puentes modulares tipo Bailey presenta siete configuraciones, de esta manera se puede construir los puentes, estos est3n abreviados como se presenta a continuaci3n:

Simple Simple (SS), Doble Simple (DS), Triple Simple (TS),
Doble Doble (DD), Triple Doble (TD), Doble Triple
(DT), Triple Triple (TT)

2.2.6. Dimensiones del puente met3lico modulares

2.2.6.1. Dimensiones de Puentes Bailey Thos Storey

Los anchos que presentan las tablas de los puentes tipo Bailey, donde a) es el ancho total sus vías para peatones, b) son centros de las vigas interiores, c) distancia interior de la viga y d) dimensiones de la calzada. Solminihae y Thenoux (2002 pág. 57)

Tabla 1. Tabla de anchos de puentes Bailey

ANCHOS DE PUENTES DE TABLERO INFERIOR								
Puente Tipo Tablero Inferior	a		b		C		d	
	F	M	F	M	F	M	F	M
Standard Bailey	18' 0"	5.49	12' 11"	3.94	12' 4"	3.76	10' 9"	3.28
Bailey Standard Ensanchado	20' 0"	6.10	14' 10"	4.52	14' 30"	4.34	12' 6"	3.81
Bailey Standard Ancho	20' 0"	6.10	16' 30"	4.95	15' 80"	4.77	13' 9"	4.19

Fuente: (Sierra, 2016)

2.2.6.2. Dimensiones de Puente Mabey Compact 200.

Tabla 2. Tabla de dimensiones de puentes Mabey Compact 200

Dimensiones	Carril Sencillo HS20.HA/MS250				Doble Carril	
	Ancho Estándar (mm)		Extra Ancho (mm)		HS20 (mm)	HA/MS250 (mm)
	Acero	Madera	Acero	Madera	Acero	Madera
A	3150	3320	4200	4120	7350	7350
B	3757	3757	4773	4773	8050	8050
C	3031	5031	6047	6047	-	-
D	3937	3937	4953	4953	8230	8230
E	5577	5577	6593	6593	9870	9870
F	1593	1477	1589	1473	1393	1383
G	643	759	647	763	843	853
H	1695	1579	1691	1575	1495	485
K	304	219	287	327	350	3.5
L	802	918	806	922	1001	1011

Fuente: Tomado de “ Membrane Structures” por (Rivera, 2010)

2.2.6.3. Dimensiones de Puentes Acrow Panel

Tabla 3. Tabla de dimensiones de puentes Tipo Acrow

Width	Roadway Width		Deck Strengths	Deck Materials
Standard (std)	3.43 m	11' 3"	Light Heavy	Steel or Timber
Extra Wide (EW)	4.13 m	13' 6 3/4"	Light Heavy Super Heavy	Steel or Timber
Ultra Wide (UW)	4.84 m	15' 10 1/2"	(Heavy) Super Heavy	Steel or Timber
Double Wide (DW)	7.23 m	23' 8 1/2"	Light Heavy	Steel or Timber

Fuente: Tomado de "Puentes Acrow Panel", por (Plasencia, 2011)

2.2.6.4. Puentes Bailey Thos Storey

a. Puente Bailey estándar ensanchado

Este modelo de puente presenta un tablero inferior de dimensiones internas de 12 pies con 6 pulgadas, mientras que el tablero estándar presenta un ancho de 10 pies con 9 pulgadas, sin embargo, el ancho útil de las vigas maestras tiene una longitud de 14 pies con 3 pulgadas. Para poder obtener el máximo ancho útil se deberá de sustituir los siguientes elementos: el travesero de código (BB.105) por el travesero de código (BB.5), el tablón largo de código (BB.106) por el tablón de código (BB.14) y el arriostre largo de código (BB.107) por el arriostre de código (BB.15). (Serquén, 2012 pág. 108).

b. Puente Bailey extra ancho

Este puente es el de mayor extensión con respecto al tablero inferior, llegando a medir 13 pies con 9 pulgadas de espacio disponible medido de viga a viga. De la misma manera que el puente estándar ensanchado. Este espacio disponible se logra con el cambio de algunos elementos como son: los traveseros de configuración (BB.133) en lugar de los traveseros estándar de configuración (BB.5), los tablonetes de configuración (BB.144) en reemplazo de los tablonetes (BB.14), los arriostres de configuración (BB.133) en lugar de los arriostres de

configuración (BB.15) y los emparrillados de configuración (BB.7) con los emparrillados (BB.8). (Sierra, 2016 pág. 84)

c. Puente Bailey con tablero de acero

Este método de puentes tipo Bailey son elementos prefabricado con tableros de acero, fueron diseñados con el propósito de absorber la carga y transmitirla hacia los estribos, estas cargas son las que están establecidas en el manual de la administración de transportes de Inglaterra de puentes estándar. Estos puentes funcionan y perduran de la misma manera que los puentes de acero la configuración de las cargas para este tipo de puentes está diseñadas para los ejes de carga de rueda, es el motivo por el cual el tablero y el emparrillado no son utilizables en otros puentes. Adalberto y Peña (2014 pág. 124)

d. Puente Bailey de tablero superior

Cuando se tiene la necesidad de un ancho de carril de mayores dimensiones, se diseña un tablero con mayores dimensiones, en este caso los traveseros y los elementos de la plataforma son ubicados sobre diversas vigas tipo Bailey los cuales conforman la viga principal. De esta manera se puede armar puentes contiguos, pero la limitante de estos puentes es al ancho útil. Estos puentes se pueden armar con una plataforma de acero o de madera. Los puentes con un solo piso de tablero superior presentan un ancho útil de 7 pies con 3 pulgadas entre los apoyos; mientras que el los puentes de dos pisos las extensiones aumentan. Sin embargo, debido a la altura libre por debajo del puente y los problemas que se ocasionan al momento de descenderlo, se presenta la necesidad de limitarlo a solo un piso. (2018 pág. 76)

e. Puentes de varios vanos

Para puentes de luces mayores, los costos de ejecución son excesivos, por lo que es necesario la construcción de pilares centrales para así unir varios puentes y obtener luces mayores. Para la instalación de los pilotes centrales es necesario la realización de los estudios básicos como son la geología y la topografía, ya que esto determinara el coste del proyecto. (Sierra, 2016 pág. 136)

Puentes de Vigas Continuas.

Para estos puentes, las vigas están conformadas por la unión de los paneles en los extremos de las vigas unidos mediante los bulones en la longitud del puente. Mediante este método se garantiza la menor flexión que se presenta con respecto a la igualdad de lados aproximados con la longitud, esto teniendo presente los apoyos en todos los tramos del puente. Es necesario tener los cuidados del caso al momento de la construcción de los apoyos, ya que estos deberán de estar a la misma altura y en el caso de las cimentaciones, estos deberán diseñarse para poder soportar las cargas de diseño y minimizar las los asentamientos permisibles. Moya y Mestanza (2018 pág. 94).

2.2.6.5. Puentes modulares Mabey Compact 200

Este tipo de puentes presentan elementos estándares como son los paneles, los cuales tienen dimensiones de 10 pies de longitud y una altura de 7 pies, este tipo de paneles se usa para las configuraciones: simple simple, doble simple, triple simple, y cuatro veces simple. La configuración de los cuatro tipos de paneles se puede usar de la siguiente manera: dos paneles de configuración MC411-PANEL-700-SUPER mas dos paneles de configuración MC200-PANEL-700-ESTANDAR. Los paneles de configuración MC411 o SUPER presentan componentes soldados en el alma de los cordones; adicional a estos componentes presentan componentes angulares soldados detrás del alma, estas soldaduras de presentan en el lado macho de los cordones. Léctor y Villarreal (2018 pág. 7)

a. Componentes de construcciones de Puentes Mabey Compact

Este método en la manera más actualizada de instalación de puentes Mabey, este método fue elaborado y diseñado por ingeniero de la compañía Mabey. Este tipo de puentes presentan menor cantidad de elementos, es por esto que facilitan el armado. (Rodriguez, 2018 pág. 23)

Tabla 4. Propiedades de puentes Compact 200 y los momentos que se presentan

PUENTES ESTANDAR		PIEZAS COMUNES		PUENTES DE PANEL SUPER	
CONSTRUCCION	MOMENTO	CAPACIDADES RESISTENCIA (toneladas)	DE AL CORTE	MOMENTO	CONSTRUCCION
	(toneladas- Metros)			(toneladas metros)	
		STD	HS		
SS	255	46	71	323	SSH
SSR	511	46	71	578	SSHR
SSRH	584	46	71	649	SSHRH
DS	572	91	142	649	DSH
DSRIH	858	69	107	930	DSHR1
DSRIH	940	69	107	1004	DSHR1H
DSR2	1145	91	142	1211	DSHR2
DSR2H	1308	91	142	1360	DSHR2H
TS	766	137	213	969	TSH
TSR2	1277	115	178	1479	TSHR2
TSR2H	1423	115	178	1621	TSHR2H
TSR3	533	137	213	1734	TSHR3
TSR3H	1752	137	213	1947	TSHR3H
QS	1022	183	284	1292	QSH
QSR3	1788	160	249	2057	QSHR3
QSR3H	2007	160	249	2270	QSHR3H
QSR4	2044	183	284	2312	QSHR4
QSR4H	2336	183	284	2596	QSHR4H

Fuente: Tomado de “Puentes Mabey Compact”, por (Plasencia, 2011)

2.2.6.6. Puentes modulares Acrow Panel

Los puentes modulares tipo Acrow, en su última actualización, se presenta como un procedimiento de instalación muy complejo. Este sistema está diseñado por una variedad de paneles ensamblados mediante la inserción de bulones o pines, esta manera de instalación garantiza la resistencia de las cargas actuantes en la estructura, de acuerdo a las diferentes cargas que actúan sobre el puente. (Rodríguez, 2018 pág. 23).

2.2.6.7. Torres y Pilas

La instalación de pilares con estructuras de tipo Bailey se realiza de la misma manera que la instalación de los puentes, se realiza con se describe a continuación:

1. El elemento principal para la instalación son los paneles, los cuales se instalan de en dirección paralelo al puente. Y son denominados “D.S.V.”, “D.D.V.”, etc. Quintero y Mahecha (2016 pág. 2)
2. Se instalan transversalmente al puente, estas configuraciones son de la siguiente manera: simple, doble doble, doble triple, et. Tagle y Zapana (2017 pág. 12)

El arriostramiento con los traveseros se puede realizar de forma vertical, de la misma manera es con las tornapuntas, bastidores de arriostres y diagonales de arriostres, para lo cual es necesario una base, una placa en el lado interno del cordón del panel, esto formara una zapata por donde las cargas se transferirán a las zapatas. (Rivera, 2010 pág. 18)

Zapata de Pila Sencilla TSBB.564

Presenta una pletina con 2 puntos de sujeción, por donde las protuberancias que presentan los paneles del tipo Bailey son acoplados por medio de un bulón para un panel estándar. La pletina presenta agujeros para poder atravesar los anclajes a la cimentación. Adalberto y Peña (2014 pág. 86)

Zapata de Pila Doble TSBB.655

Este elemento es idéntico a la zapata de pila simple y es usado en la unión de 2 paneles, estas zapatas se colocan en medio de los agujeros de los bulones con el propósito de ajustar los muñones. De la misma manera las pletinas presentan agujeros por donde ingresaran los anclajes a la cimentación. Franco, Leon y Ruiz (2015 pág. 98)

2.2.6.8. Puentes Bailey Flotantes

El uniflotes están diseñados como un método de flotación que presenta principios de “construcción unitaria”, es por ello que una cantidad de elementos de flotación son parecidas, esto con el fin de construir balsas de tamaños desiguales teniendo en consideración la capacidad portante según el uso. Esto fue diseñado con el propósito de soportar las maquinarias que cuentan los ejércitos de cada país, este puente puede permitirles como puentes flotantes para llevar maquinarias

y equipos de perforación de una orilla del río hacia la otra orilla, de la misma manera se puede usar para trabajos marinos como un pequeño muelle para barcos. (Rivera, 2010 pág. 104)

a. Descripción de componentes

Las características del uniflote de han descrito en la introducción y a continuación de presentan los siguientes uniflotes: (Quintero, y otros, 2016 pág. 73)

Uniflote de 4 pies de altura..... TSU.37/1A

Uniflote de 6 pies de altura..... TSU.41/1^a.

La proa y la popa son las unidades y sus códigos son TSU.37/2A y TSU.37/3A respectivamente, estas unidades se diseñan con el fin de ensamblarse a los extremos del uniflote. La sección total es la que representa las dimensiones totales del uniflote, mientras que el lado vertical se asegura mediante acoplamientos. En la vista lateral se puede apreciar una plancha inclinada 30° hacia arriba. (González, 2007 pág. 120)

Plataforma de madera para uniflotes: Estos se ajustan de manera que los automóviles y las plataformas móviles se agiten encima de la barcaza del uniflote. La forma de las plataformas es similar a las parihuelas y para los uniflotes se necesitan tres plataformas de madera, para esto se deberá de formar un módulo central y otros módulos exteriores; estos módulos exteriores deberán de ser similares por lo que cualquier sección se puede colocar en cualquiera de los lados del uniflote. El diseño de las secciones de las parihuelas se realiza de manera que estas bajen sobre la plataforma del uniflote por las bordas, estas bordas son los que detienen a la plataforma. Garcia y Hernandez (2018 pág. 57)

Las parihuelas del uniflote son de tres piezas y tienen el código TSU.44/28, estas cuentan con cuatro tapas de madera, los cuales son movibles y se ubican encima de los anillos de la plataforma, es por ello que el uniflote puede elevarse mediante una grúa hasta el agua. Solminihae y Thenoux (2002 pág. 95)

b. Acoplamiento de Uniflotes

La manera de ensamblar los uniflotes son realizados se la siguiente manera: se ejerce una carga en el acoplamiento macho para poder juntar los dos uniflotes, esto permite la inclinación de los uniflotes lo cual permite a los ganchos inferiores giren con dirección arriba y los de debajo giren hacia abajo. Cuando se ejerza movimiento lateral a las cargas los uniflotes volverán a su lugar horizontal, esto teniendo entrelazados los ganchos inferiores.. (Baldenebro, 2015 pág. 76)

c. Ferry de carga en la orilla

Estas estructuras están diseñadas y preparadas para unas preparaciones mínimas o para el desembarque de cargas desde puntos no consignados para el desembarque. Estas actividades se presentan cuando se tratan de actividades de ingeniería civil, en los casos que se requiera instalar un equipo pesado en la orilla como un trabajo preliminar en la construcción de muelles o estructuras que invadas áreas cubiertas por el agua. (Rivera, 2010 pág. 49)

2.2.7. Selección del puente metálico modular

2.2.7.1. Principios del diseño de puentes metálicos modulares

Los puentes provisionales o puentes modulares del tipo Bailey presentan elementos de acero de alta resistencia, los cuales están soldaduras especiales y la unión entre elementos esta dada por pernos y bulones. De esta manera es como se forman las estructuras de longitudes de 10 pies. Inicialmente las estructuras de tipo Bailey fueron diseñadas para puentes de configuración simple con una superficie de rodadura resistida por 02 vigas principales. (Rodriguez, 2018 pág. 74)

2.2.7.2. Cargas que soportan los puentes metálicos modulares

a. Cargas permanentes

Los fabricantes de puentes metálicos modulares Bailey Thos Storey y Mabey Combey, han desarrollado sus propias tablas, donde describen el peso del módulo formado por 10 pies de longitud en cada

tipo de modulación de puente metálico modular, incluyendo los elementos que componen la estructura principal del puente y sus piezas componentes complementarias. Con lo cual, se tendrá entonces, el peso muerto que tiene un puente y que es transmitido a las fundaciones. (Rivera, 2010 pág. 105).

b. Cargas vivas

La carga que se transmitirá al puente, el diseño y los carriles de carga. Estos dependen del ancho de la calzada. Este vehículo de carga con el que se diseñan los puentes está representado por un tipo de vehículo. (Sierra, 2016 pág. 92)

- Cargas Británicas

La carga B. S. 5400 o también llamada Tráfico normal. Está compuesto por una carga puntual combinada con una carga distribuida de forma uniforme; esta carga varía de acuerdo a la luz del puente: Solminihae y Thenoux (2002 pág. 44)

Según Solminihae la carga para las diferentes luces es de = 12,232 tn. Mientras que la carga distribuida es de = 3,058 tn/m, hasta una luz de 30 metros, y para luces mayores a los 30 metros es según la siguiente formula $15.39 \times (1/L) 0.475t/m$. (Pinto, 2018 pág. 38)

En puentes con un solo carril en donde el ancho de calzada sea mayor a 3.50 m la carga de diseño se incrementará en $(W/3)$ y para puentes con varios carriles la carga de diseño será multiplicado por la cantidad de carriles. (Mezcla Densa En Frío, 2018 pág. 40)

- Cargas Americanas (AASHTO)

Carga HS20-44. Esta carga presenta 2 maneras alternas para el diseño de vías, los que se analizan de acuerdo a los siguientes diseños que siguen: Adalberto y Peña (2014 pág. 89)

Carga del carril, consiste en una carga distribuida uniformemente compuesta por una carga puntual:

I. La carga distribuida uniformemente presenta 0.952 tn/m.

II. La carga puntual presenta 11.79 tn/m para poder evaluar la resistencia al corte y 8.16 tn para evaluar la resistencia al momento.

- **Cargas Canadienses**

La carga MS250 presenta 2 formas alternativas de cargas en las vías con las cuales se diseñarán de acuerdo al diseño:

A. Carga de vehículo

B. Carga de carril.

I. Carga distribuida uniformemente.

II. Carga puntual.

c. **Cargas de impacto**

Estas cargas son provocadas por el efecto dinámico que los vehículos al momento de ingreso y salida de los puentes y de acuerdo a la normativa de AASHTO se establece un factor de impacto el cual incrementa de manera porcentual a la carga de diseño, debido a que estas cargas están en movimiento, los pesos estáticos que actúan sobre el puente son incrementados de manera que adicione los esfuerzos producidos a la estructura. Léctor y Villarreal (2018 pág. 90).

$$I = \frac{15.24}{L + 38}$$

Donde:

I: Factor de impacto (%).

L: largo del puente (m).

Los valores numéricos son propios de datos experimentales ya dados.

2.2.7.3. Capacidad de la estructura

Las armaduras de acero de los puentes tipo Bailey presentan cargas de trabajo, estas cargas están definidas por factores de seguridad para avalar la estabilidad, garantizar las condiciones y minimizar los esfuerzos residuales en cada estructura. (Serquén, 2012)

Tabla 5. Capacidad cortante para modulaciones de vigas de puentes tipo Bailey

Modulación de vigas	Valores en Toneladas		
	Carga de prueba	Carga de Falla	Carga de Trabajo
Simple Simple	56	64	30
Doble simple	93	100	60
Tiple simple	115	135	80
Doble simple	125	160	100
Tiple simple	150	210	135
Doble simple	125	160	100
Tiple simple	150	210	135

Fuente: (Rivera, 2010)

a. Capacidad para absorber cargas a imponer

Los fabricantes presentan especificaciones de los puentes modulares tipo Bailey (thos Storey y Mabey Compact) son ayuda para determinar los esfuerzos a flexión y los esfuerzos cortantes generados por las cargas de diseño, estas cargas son diseñados de manera individual en cada estructura (viga) y en toda la longitud del puente, teniendo en consideración el módulo de elasticidad y la inercia. Solminihae y Thenoux (2002 pág. 74)

b. Capacidad portante de las fundaciones

Las estructuras de soporte de los puentes (estribos) son estructuras de fundación los cuales pueden presentar cabezales y son diseñadas de concreto armado o de lo contrario pueden ser cimentados con pilares de concreto armado o acero o madera; para realizar estas estructuras de cimentación se deben de realizar estudios que ayuden a determinar los las profundidades de cimentación en los emplazamientos donde se proyectaran las estructuras. Solminihae y Thenoux (2002 pág. 74)

c. Propiedades mecánicas de los elementos que conforman los puentes metálicos modulares

Para la fabricación de los elementos de los puentes modulares tipo Bailey se usa acero estructural de alta resistencia los cuales ciertas especificaciones donde se especifica el uso de manganeso y carbón. (Serquén, 2012 pág. 108)

Los elementos principales de los puentes Bailey que están hechos de acero son:

- Paneles estándar, Travesero estándar y extra ancho, Tornapuntas, Rampa, Traveseros.

Los elementos restantes están fabricados de acero dulce los cuales presentan un estado de limite elástico de 15.25 tn/pulg² como mínimo. De la misma manera los elementos como los bastidores están fabricados de la misma acero estructural, mientras que los bulones del panel Bailey están fabricados con aleación de manganeso, molibdeno, níquel y cromo los cuales presentan aleaciones entre los elementos mencionados anteriormente: (Rodríguez, 2018 pág. 130)

- El límite elástico no tiene que ser menor a 50 tn/pulg².
- En la prueba de dureza: los puentes se proyectan y se diseñan teniendo en consideración la fatiga y para reafirmar que el puente no presente fatiga se admite la máxima fluctuación de tensión por pulgada cuadrada, con la confirmación de las especificaciones. (González, 2007 pág. 145)

2.2.7.4. Tipos de reforzamientos

El reforzamiento de los puentes tipo Bailey se realiza aumentando las dimensiones el patín del cordón, esto se obtiene mediante la utilización de los cordones de refuerzo en el lado inferior y superior de las vigas. En los puentes tipo Bailey se presentan las configuraciones SSR, DSR2, TSR3 y QSR4 montan los refuerzos en toda la longitud de los paneles, mientras que en la configuración de DSR1 los refuerzos solo se colocan en la longitud de los paneles inferiores y en la configuración

TSR2 se colocan los refuerzos en toda la longitud inferior y exterior de los paneles. (Baldebro, 2015 pág. 158)

Para los tramos intermedios de los puentes modulares se pueden utilizar los cordones de refuerzo en los extremos superior e inferior de cada panel. Las configuraciones de los puentes modulares se reconocen con las letras “D” y “N”, por lo que la configuración SSD presenta refuerzos superiores, sin embargo, la configuración SSN presenta el refuerzo en el lado inferior; estas configuraciones no tienen la necesidad de montar refuerzos en todos los paneles. Un claro ejemplo de configuración en el DSN1 el cual presenta refuerzos en los cordones inferiores en toda la longitud del puente. (Plasencia, 2011 pág. 160)

2.2.7.5. Selección de un puente metálico modular

a. Criterios básicos para la selección de puentes metálicos modulares

1. La longitud que se requiere es el extenso de la cortadura que atraviesa aumentado una longitud a cada lado, esta entrada se acerca al ingreso del puente, de esta manera se estabiliza los taludes y del estribo para transmitir las cargas a la cimentación distribuyéndolas de una manera equitativa en el suelo. (Paredes, 2009 pág. 127)
2. El peso total que soporta la estructura se determina preliminarmente, en un caso de una proyección de un puente que compensa las cargas locales. En caso de la construcción de puentes que soporten cargas mayores o cargas de equipos pesados, en los ingresos o accesos al puente se colocan letreros que limitan las cargas máximas que puede soportar. Adalberto y Peña (2014 pág. 154)

b. Evaluación de esfuerzos

Cuando se haya determinado la carga viva, esta carga se utilizará para los tramos del puente de las siguientes formas

1. Una de las formas es hallar en los extremos del puente la cortante máxima.

2. Para los cálculos de los momentos máximos que se presentan en la superestructura en el lado central de la longitud del puente, la cantidad de los elementos y el tipo de elementos se considerara teniendo en consideración la carga y la luz de la superestructura; esto para determinar la cantidad de armadura y los números de pisos. Cuando se haya determinado la carga muerta, la carga viva y la fuerza de impacto se evaluarán los esfuerzos cortantes y los momentos (Harbour, 2012 pág. 74)

- **Cortante máximo**

Para la determinación del esfuerzo cortante se deberá de conocer la carga viva (vehículo) que soportará el puente, de la misma manera se tendrá que evaluarse la cortante máxima del eje posterior del tren descarga. (Serquén, 2012 pág. 88)

- **Momento de flexión máximo**

Este momento se evalúa cuando el centro del claro y el centro de gravedad bisecan con el eje de la carga más cercano, ya que la flexión máxima que se produce en un puente es bajo el eje pesado del tren de carga; esta carga de mide en tn/m. (Sierra, 2016 pág. 74)

- **Deflexiones**

Se consideran bajo los siguientes aspectos:

1. Las deflexiones de flecha debido a la unión de todos los elementos mediante los bulones y también por las holguras que se presentan en el armado. (Tagle, y otros, 2017 pág. 125)
2. Otro aspecto de a la deflexión es la deformación elástica producido por la carga de servicio y cuando el puente esta en uso (operando a su carga máxima) sin exceder la carga máxima de diseño. Garcia y Hernandez (2018 pág. 165).

Cuando se instalen paneles nuevos en donde se presente una variación entre el panel y los bulones, la flecha de la unión presenta las siguientes ecuaciones:

- Cuando la cantidad de los paneles sean impares

$$\delta = \frac{d}{8}(n^2 - 1)$$

- Cuando la cantidad de los paneles sean pares

$$\delta = \frac{dn^2}{8}$$

Donde:

n = es el número de paneles en el puente y "d" es la constante cuyos valores

d = 0.14 pulgadas, para vigas de un módulo de altura de 5 pies

d = 0.0676 pulgas, para vigas de dos módulos de altura

d = 0.446 pulgadas, para vigas de tres módulos de altura.

Cálculo de flecha por la deflexión elástica.

Los puentes modulares tipo Bailey están homologados a través de una placa rígida en donde se presentan los cálculos de deflexión elástica. (Plasencia, 2011 pág. 74).

Así, para cargar uniformemente distribuida:

$$\delta = \frac{WL^3}{876.8EI}$$

En cargas concentradas:

$$\delta = \frac{WL^3}{48EI}$$

Donde:

- W : Carga en libras
- L : es la luz, en pulgadas
- E : 30.2 x 10⁶ lb/pulg³.
- I : es el momento de inercia, en pulg⁴.

c. Selección de puentes metálicos modulares utilizando tablas de capacidad cortante y momento flexionante de los fabricantes

Al momento de la selección de la armadura para los puentes modulares, se tiene que asegurar que estos cumplan con la resistencia a la flexión y la cortante, de acuerdo a la configuración del puente, considerando la elasticidad, homogeneidad y rigidez. Cuando se haya realizado el cálculo del momento flexionante y la cortante de acuerdo a la carga viva, se tienen que considerar las dimensiones y la configuración para garantizar la seguridad de los usuarios. Usualmente los puentes con tramos cortos son diseñados mediante la cortante, mientras que en tramos largos son diseñados por el momento flexionante. (Sierra, 2016 pág. 54)

2.2.8. Montaje y lanzamiento de los puentes metálicos modulares



Figura 9. Montaje y lanzamiento de un puente metálico.

Fuente: Tomado de “Usos y aplicaciones del plástico reciclado en la fabricación de elementos estructurales para construcción de vivienda en Colombia”, por Quintero y Mahecha (2016)

2.2.8.1. Principio básico de montaje y lanzamiento de los puentes metálicos modulares.

La forma del diseño fabricado de las estructuras de los puentes modulares presenta ventajas para la instalación de las piezas con sus respectivas articulaciones. En la instalación de estos puentes modulares se

presenta el principio de la viga en voladizo, debido a los acoples de las piezas y conectores mediante los bulones, mientras que el lanzamiento de estos puentes se realiza teniendo presente los momentos presentes de la estructura, para lo cual se considera la nariz de lanzamiento lo que nos ayuda a ganar distancia producto de la configuración de esta. El traslado del puente hasta alcanzar el otro extremo del puente (estribo) se realiza mediante el uso de rodillos lo que ayuda en el friccionamiento con la estructura (puente), estos rodillos tendrán que estar nivelados y deberán ser monitoreados constantemente debido al asentamiento que se genera producto del peso de la super estructura. (Rivera, 2010 pág. 78)

2.2.8.2. Procedimiento para calcular de la lista y cantidad de piezas para montaje de puentes metálicos modulares.

El procedimiento que se usara para determinar la cantidad de elementos se determinara de acuerdo la configuración del puente, ya que esta configuración determinara el número de piezas por elemento. (Maldonado, 2006 pág. 87)

a. Información requerida para elegir las piezas del puente metálico modular.

Si se requiere conocer la cantidad por cada tipo de elemento para la instalación de un puente modular, es necesario conocer los siguientes aspectos del puente: configuración del puente, luz del puente, la carga de diseño, número de carriles, tipo de superficie de rodadura, tipo de paneles. (Serquén, 2012 pág. 83).

b. Procedimiento para utilizar la Tabla, cantidad de piezas.

1. De acuerdo a la tabla se puede determinar el número de elementos estructurales.
2. La cantidad de elementos se determinará para un solo tramo (10 pies), esto se multiplicará por la cantidad de tramos que tendrá la configuración del puente seleccionado.

3. A la cantidad de elementos determinada por tramos se tendrá que adicional un travesero el cual se ubicará en los parantes finales, esto a fin de completar el puente.
4. En caso de los dispositivos de apoyo y los parantes finales del puente, estos no se multiplicarán por el número de tramos debido a que su ubicación solo es a los extremos del puente y sirven con apoyo de la superestructura.
5. En el caso de la cantidad de parrillas, estos se determinarán de acuerdo al ancho de la calzada.
6. En el caso de usar los cordones de refuerzo, tanto en la parte superior o inferior, estos elementos se multiplicarán por el número de tramos y la cantidad de paneles puestos longitudinalmente, a esto se tendrá que añadir 2 pernos de cordón.
7. De acuerdo a la calzada seleccionada, estos se determinarán de acuerdo al número de tramos.

Tabla 6. Número de elementos por modulo para puentes metálicos modulares Bailey

MODULACIÓN DE VIGAS						
PIEZAS	S.S.	D.S.	T.S.	D.D.	D.T.	T.T.
Panel BB1	2	4	6	8	12	18
Travesero BB.5	2	2	2	2	4	4
Toma punta BB.3	2	2	2	2	2	2
Bastidor BB.2	0	2	2	3	3	3
Diagonal de arriostamiento BB.15	2	2	2	2	4	4
Bulón y pasador de seguridad BB.4	4	8	12	16	20	24
Perno de unión de panel y collarín BB.9	0	0	0	8	16	24
Perno de arriostamiento BB.11	4	20	24	28	36	48
Torniquete travesero BB.6	4	8	12	8	8	12
Placas de unión BB.29	0	0	2	0	0	4
Parrillas planas BB.7	3	3	3	3	3	3
Parrillas con botones BB.8	2	2	2	2	2	2
Guarda llantas BB.13	2	2	2	2	2	2
Placas de asiento BB.31	4	4	4	4	4	4
Poste final hembra BB.62	2	4	6	4	4	6
Poste final macho BB.63	2	4	6	4	4	6
Cordón de refuerzo BB.150	4	8	12	8	8	12
Lamina lagrimada	4.5	4.5	4.5	1.5	4.5	4.5
Cuartón transversal	13	13	13	13	13	13
Tablón longitudinal	6	6	6	6	6	6

Fuente: (Sierra, 2016)

2.2.8.3. Equipo para montaje y lanzamiento de puentes metálicos modulares.

a. Accesorios.

Para realizar el lanzamiento de las estructuras de los puentes modulares, se han fabricado elementos adecuados para realizar el lanzamiento de una manera practica y fácil, estos elementos usados son usados de manera provisional. Los elementos usados son los siguientes: Tagle y Zapana (2017 pág. 74)

El Eslabón de Lanzamiento BB.65, este elemento es una extensión del cordón de panel, el cual está diseñado para resistir la misma carga. Este elemento se compone de dos piezas ubicadas a los extremos, uno es el macho y otro es la hembra. Léctor y Villarreal (2018 pág. 50)

Combinaciones de la viga de lanzamiento.

- a. Los elementos presentan una altura de 1.524 metros y la longitud de la configuración simple simple es de 6 módulos y la máxima de configuración doble simple es de 4 módulos.
- b. Las estructuras de 2 módulos presentan una altura de 3.048 metros y la de 3 módulos presenta una longitud de 4.572 metros

El Rodillo Plano BB.58, es un elemento de superficie plano soldado a dos rodillos que giran en un eje paralelo. Este elemento es usado para el lanzamiento de la estructura del puente el cual es usado para que la estructura se desplace de una manera mas lenta y segura, ya que podría ocasionar el vuelco de la estructura. (Serquén, 2012 pág. 74)

La Solera de Rodillo Plano BB.54, es un elemento usado para apoyar el rodillo plano y es el que distribuye las cargas sobre el suelo. (Medina, y otros, 2017 pág. 24)

La Solera para Rodillo Basculante, BB.60, generalmente estos elementos son fabricados de madera con la característica de soportar grandes cargas, debido a que todo el peso del puente será soportado y transmitido al suelo por estas soleras. Sobre estas soleras se asientan los apoyos de los cojinetes (BB.19) y encima de estos se colocan los rodillos

basculantes, generalmente estas soleras se colocan a 6 metros de distancia respecto al eje de la solera. (Rivera, 2010 pág. 98)

Los elementos de balanceo (vigas) deberán ser usados juntamente con el morro lapa los lanzamientos de las estructuras modulares, ya que si se combinan dos vigas de lanzamiento, estas podrán soportar una carga de 168 toneladas apoyadas sobre un juego de rodillos basculantes. (Pinto, 2018 pág. 170)

2.2.8.4. Maquinaria y herramientas para montaje y lanzamiento de puentes metálicos modulares

Los materiales, herramientas y maquinarias usadas para el montaje de las estructuras son de uso cotidiano en el rubro de la construcción, ya que para el montaje de los puentes modulares no hay necesidad del uso de equipos especiales, lo cual representa una ventaja al momento de montaje y desmontaje y se realiza de manera rápida y precisa. (Plasencia, 2011 pág. 198)

a. Maquinaria y equipo para montaje y lanzamiento de puentes metálicos modulares.

Las estructuras modulares provisionales son fabricados de tal manera que sean fáciles y prácticos al momento del almacenamiento, transporte y manipulación de cada elemento de la estructura. El 70 por ciento de los elementos facilitan la manipulación manual mediante una cierta cantidad de personal, mientras que el 30% restante deberán ser manipulados con ayuda de un equipo de carga; pero con el uso de maquinaria para el montaje los tiempos de montaje de las estructuras se reducirían en un 50%, el uso de maquinaria puede ser variado, ya que se puede usar grúas estáticas, grúas móviles, excavadora, retroexcavadoras u otros equipos que garanticen la seguridad del personal. (Rivera, 2010 pág. 96)

b. Herramientas.

La llave de Carraca de 1¼ pulgadas BB.26, Esta llave es una herramienta manual que se usa para apretar o aflojar las tuercas de los cordones. (Quintero, y otros, 2016 pág. 86)

La Llave de Boca de 1¼ ó ¾ pulgadas BB.32, esta herramienta es usada para ejercer un esfuerzo de torsión al momento de ajustar los pernos de los elementos de arriostre. (Serquén, 2012 pág. 31)

Almadana de 10 lb. Mas conocida en nuestro sector como comba y se diferencia de acuerdo al peso, esta herramienta es usada en el colocado de los bulones ya que estos elementos (bulones) son colocados mediante el golpeo con la comba teniendo el cuidado que los bulones no atraviesen completamente los elementos. (Solminihae, y otros, 2002 pág. 9)

Base de Apoyo del Calzo para Gato BB.18, ver figura 4.13, es una bandeja de acero con una grada en ella. La parte más alta se asienta sobre el rebaje de la placa de asiento y la parte posterior (que tiene un asa) se apoya en la pestaña vertical de la placa de asiento. Existe una holgura entre el Calzo y Placa de Asiento, permitiendo un ajuste cuando el poste final del puente desciende hacia el apoyo. Tanto el Gato de Carraca de 15 toneladas (EN.1046), o el Gato Hidráulico de 25 toneladas (TSBB.505) se colocan en la base de apoyo de calzo para gato, para que el talón del gato se acomode bajo el braquete del poste final. (Paredes, 2009 pág. 135)

2.2.8.5. Plan de higiene y seguridad industrial durante el montaje de puentes metálicos modulares (PHSI).

Esta actividad de montaje de estructuras de puente modulares provisionales deberán de ser realizados teniendo las consideraciones la seguridad de los trabajadores que realicen dicha actividad, ya que están en constante manipulación de estructuras con peso mayores a los 25 kg. La manipulación y colocación de las estructuras con maquinaria deberá de ser realizado con personal capacitado. (Solminihae, y otros, 2002 pág. 73)

Para el montaje de las estructuras de los puentes modulares es necesario presentar un plan de montaje de estructuras, donde se especifiquen los programas de las actividades a realizar y las especificaciones técnicas de cada estructura y el personal encargado de a

ver cumplir el plan de montaje es el responsable de la actividad. (Sierra, 2016 pág. 79)

2.2.8.6. Secuencia en el montaje de puentes metálicos modulares.

El proceso de armado y/o montaje de los puentes metálicos modulares se realiza de la siguiente manera: el primer paso es habilitar el área donde se realizará el montaje del puente metálico, en lo posible la longitud del área de montaje será igual a la longitud de la luz del puente, luego se colocarán los cojinetes y los rodillos, sobre estos se iniciará con el armado de la nariz de lanzamiento y posterior a este el cuerpo del puente modular. (Solminihae, y otros, 2002 pág. 104)

a. Consideraciones previas al montaje de puentes metálicos modulares.

El diseño y fabricación de las piezas de los puentes modulares se realizaron teniendo en consideración que el montaje solo se realizaría con la ayuda de mano de obra calificada y no calificada, para lo cual el peso de estas estructuras no deberá de exceder ya que solo el personal se encargara de cargarlo y acomodarlo en el lugar correspondiente. En los casos que los puentes presenten luces mayores, estos se realizaran con la ayuda de equipo pesado. El uso de equipo mecánico ayudara a minimizar los tiempos de montaje y facilitara el lanzamiento del puente. En por ello que el profesional responsable deberá de realizar un plan de montaje del puente. (Medina, y otros, 2017 pág. 150)

b. Preparación del lugar de montaje.

Cuando se apruebe el trabajo de montaje y lanzamiento de la estructura, en profesional responsable deberá de realizar una visita de campo con el fin de evaluar y determinar los peligros y riesgos presentes en la zona de trabajo, de la misma manera deberá de identificar la longitud y ancho del área de montaje con el fin de determinar la metodología de trabajo. Así mismo se deberá de evaluar los accesos a la zona de trabajo. Cuando se ha determinado el área de montaje, este se deberá de nivelar y revisar la estabilidad del suelo, con el fin de definir el uso de los tacos de madera. Una vez nivelada la zona de trabajo, se realizar un trazo del eje

longitudinal del puente, con el fin de direccionar el puente hacia la otra orilla de la quebrada. (Sierra, 2016 pág. 124).

Tabla 7. Distancias entre centros de rodillos de lanzamiento

	Distancia entre ejes de placas de asiento	Distancia entre ejes de vigas interiores
Puente Simple ancho estándar	12 pies 11 pulgada	12 pies 11 pulgada
Puente Doble Simple ancho estándar	14 pies 5 pulgadas	12 pies 11 pulgada
Puente Triple Simple ancho estándar	15 pies 4 1/2 pulgadas	12 pies 11 pulgada
Puente Simple ancho ensanchado	14 pies 10 pulgadas	14 pies 10 pulgadas
Puente Doble Simple ancho ensanchado	16 pies 4 pulgadas	14 pies 10 pulgadas
Puente Triple Simple ancho ensanchado	17 pies 3 1/2 pulgadas	14 pies 10 pulgadas
Puente Simple extra ancho	16 pies 3 pulgadas	16 pies 3 pulgadas
Puente Doble Simple extra ancho	17 pies 9 pulgadas	16 pies 3 pulgadas

Fuente: (Serquén, 2012)

Las placas de asiento se alinean y se comprueban que los ejes formen un ángulo recto con la línea central y los rodillos o los basculantes se colocan sobre las soleras para rigidizar en apoyo de los rodillos. (Tagle, y otros, 2017 pág. 76)

c. Montaje del morro de lanzamiento de los puentes metálicos modulares.

El procedimiento del montaje de los puentes tipo Bailey inicia con la ejecución del campo de lanzamiento en el cual se inicia con la colocación de la primera viga simple.

Como primer paso del montaje se coloca el travesero inicial sobre unos tacos de madera niveladas, posterior a la nivelación de los tacos de madera se instalan los paneles del tipo BB1 instalándolas al travesero, estos paneles son unidos mediante dos paneles colocados a los extremos de los paneles. El aseguramiento entre los paneles y los traveseros se realiza mediante pernos de arriostre y el uso de una tornapunta sujetado en el lado

superior del panel y el lado extremo del travesero, a través de estos elementos se completa el montaje del primer. (Serquén, 2012 pág. 46)

El procedimiento de montaje continua con el colocado del tercer par de paneles ajustados mediante un travesero en la parte exterior unidos mediante las tornapuntas y sujetadas mediante los pernos de arriostre, estos acoples se realizan de la misma manera que en el primer panel. Todos estos elementos son unidos mediante pernos de arriostre y asegurados y así poder se colocarán los siguientes paneles. De esta misma manera se culmina con el montaje de todo el módulo de lanzamiento y el puente. (Tagle, y otros, 2017 pág. 76)

Cuando el puente presente módulos mayores a 4 unidades, el montaje de estos módulos se realizará de la misma manera como se montó el módulo cuatro: (Serquén, 2012 pág. 64)

- 2 paneles, 1 travesero, 2 torniquetes de arriostre, 2 tornapuntas, pernos de arriostre, 2 diagonales de arriostre y bulones.

Para la nariz de lanzamiento, la configuración SS se considera de la misma manera en 6 módulos como máximo, mientras que en los puentes que presenten luces más largas y presenten una carga más pesada, la nariz de lanzamiento deberá de ser de configuraciones diferentes al que se ha descrito anteriormente ya que la configuración SS solo se permite hasta los 6 módulos y a partir del módulo 7 la configuración cambia a un DS. La configuración DS de la nariz de lanzamiento se instala de la misma manera que el puente de configuración SS, dicha explicación se realiza en el siguiente párrafo: (Serquén, 2012 pág. 76)

El procedimiento de instalación de la configuración Doble Simple se inicia con el montaje de los paneles en los extremos insertando el extremo hembra del panel encima del travesero, de esta manera el travesero y el panel son acoplados mediante un agujero de 15 pulgadas. Con ayuda de un soporte provisional se sujeta un extremo del panel hasta lograr ensamblar el siguiente panel. Cuando se tenga colocado los cordones superiores sobre los dos paneles se instalan los elementos de arriostre fijándolos mediante el uso de los pernos de arriostre. En el caso que se tenga un tramo de

configuración DD, este se instalara como una configuración DS haciendo la omisión del bastidor de arriostre horizontal ubicados en los cordones superiores, a esta configuración se adicionaran dos paneles delante de los cordones del lado superior del tramo de configuración DS, estos dos paneles instalados encima de los paneles inferiores de sujetan mediante pernos. (Solminihae, y otros, 2002 pág. 38).

d. Lanzamiento de puentes metálicos modulares.

- Cálculos para el procedimiento de lanzamiento de los puentes

Para el procedimiento de lanzamiento del puente modular influye directamente la longitud del área de lanzamiento, ya que mientras más longitud de lanzamiento de tiene este procedimiento será mas sencillo, mientras que si la longitud de lanzamiento sea menor los cálculos para el lanzamiento deberán de ceñirse a la longitud de lanzamiento que se tiene, en el cual se deberá de determinar el centro de gravedad para cada etapa de lanzamiento (longitud del puente el voladizo y longitud de puente apoyado en tierra firme). En este procedimiento se aplican los momentos producidos por cada etapa de lanzamiento del puente modular. (Rodriguez, 2018 pág. 47)

Tabla 8. Peso de la nariz de lanzamiento por configuración

Modulación	Ancho estándar	Estándar ensanchado	Extra ancho
Simple Simple	0.84	0.93	0.93
Doble Simple	0.43	1.53	1.53
Doble Doble	2.6	2.7	2.7

Fuente: (Quintero, y otros, 2016)

Tabla 9. Configuración y longitudes de la nariz de lanzamiento de puentes modulares tipo Bailey

Modulación y Longitud del puente	Peso del puente (t)	Modulación y longitud del morro de lanzamiento	Peso del morro de lanzamiento (t)	Distancia entre centro de gravedad y voladizo	Flecha producida y contraflecha
D.S. 50'	8.25	S.S. 50'	4.20	58'-43'	6"-13.5"
D.S. 60'	9.9	S.S. 50'	4.20	63.6'-53'	8.5"-13.5"
D.S. 70'	11.55	S.S. 60'	5.04	75.2'-63'	12"-13.5"
D.S. 80'	13.2	D.S.10' - S.S.60'	6.47	86.2'-73'	16"-27"
D.S. 90'	14.85	D.S.20' - S.S.60'	7.97	97.0'-83'	20"-27"
D.S. 100'	16.5	D.S.20' - S.S.60'	7.97	102.3'-93'	25"-27"
T.S. 50'	11.1	S.S. 40'	3.36	54.5'-43'	6"-13.5"
T.S. 60'	13.32	S.S. 50'	4.20	66.8'-53'	8.5"-13.5"
T.S. 70'	15.54	S.S. 50'	4.20	72.3'-63'	12"-13.5"
T.S. 80'	17.76	S.S. 60'	5.04	88.5'-73'	16"-27"
T.S. 90'	19.98	D.S.10' - S.S.60'	6.47	96.1'-83'	20"-27"
T.S. 100'	22.2	D.S.20' - S.S.60'	7.90	107.56'-93'	25"-27"
D.D. 60'	16.92	S.S. 50'	4.20	69.29'-53'	6.5"-13.5"
D.D. 70'	19.74	S.S. 50'	4.20	74.47'-63'	8.5"-13.5"

Fuente: (Serquén, 2012)

- Procedimiento de lanzamiento y descenso de los puentes modulares

Para realizar el procedimiento del lanzamiento de los puentes modulares, estos se deberán de revisar exhaustivamente el montaje de todos los elementos que lo componen, los ajustes de los pernos para el montaje se realizarán las pruebas de torquímetro, ya que estos pernos deberán de estar ajustados a cierto torque que se especifica en el manual de montaje de los elementos estructurales. (Medina, y otros, 2017 pág. 75).

Para el proceso de lanzamiento de deberá de programar teniendo en consideración las condiciones climáticas y las condiciones circunstanciales, estas condiciones deberán de garantizar el procedimiento de lanzamiento de la estructura y el equipo o maquinaria que realice el procedimiento de lanzamiento deberá de presentar una fuerza mayor a la décima parte del peso de la estructura del puente. (Rodríguez, 2018 pág. 79)

e. Montaje de la calzada

Teniendo en consideración que los puentes modulares garantizan el tránsito de los vehículos, es necesario de garantizar la capacidad de carga de los puentes de acuerdo al tipo de vehículos que transitaran por el puente. Para lo cual es necesario de determinar el vehículo para el cual, de instalar el puente, es por ello que las estructuras de los puentes modulares presentan diferentes configuraciones de acuerdo a la carga que recibirá el puente. (Léctor, y otros, 2018 pág. 70)

- Montaje de calzada de madera.

En el caso que sea solo necesario la instalación de calzadas de madera, estas deberán de ser resistentes a las condiciones climatológicas y si en caso se requiera se deberá de aplicar un tratamiento a estas maderas para poder ampliar la vida útil de las maderas. Antes del colocado de los emparrillados de instalan los durmientes y sobre estos se colocan las trincas que serán metálicos o de madera. Todos estos elementos de madera son asegurados mediante pernos y arandelas. (Serquén, 2012 pág. 94)

- Montaje de calzada de acero.

Estas estructuras de acero se instalan mediante soldaduras de láminas colocadas longitudinalmente, el tipo de acero usado para estos elementos son de acero lagrimado. El procedimiento de instalación culmina con el colocado de los guardalados en toda la longitud del puente. (Pinto, 2018 pág. 122)

Fijación final de los puentes metálicos modulares

Cuando se realiza el asentado del puente sobre el estribo se realiza los trabajos de fijación de los apoyos móviles y fijos, de esta manera se asegura la fijación de las placas. Una vez realizado la fijación de las placas se realiza la instalación de las parantes terminales sobre los apoyos, esta actividad garantizada que los parantes terminales transfieran el peso del puente y los vehículos hacia las placas de asiento. Estos trabajos deberán de ser verificados por parte de los ingenieros responsables del montaje del puente. (Solminihae, y otros, 2002 pág. 94)

2.3. Marco conceptual

a) **Elementos diagonales de un puente:** Este es un elemento en forma diagonal que trabaja a compresión y tracción. Estos elementos son de acero y dan estabilidad lateral al montante.

b) **Puentes modulares**

Son elementos metálicos que son diseñados para ser movilizados en contenedores, siendo ensamblado de forma más fácil su transporte como alternativa de solución a corto plazo.

c) **Puente Bailey**

Este es un puente portátil prefabricado diseñado de uso militar, el cual se emplea para salvar luces de hasta 60m mediante un elemento de acero, construidos en menor tiempo que un puente de concreto y asfalto.

d) **Puente:** Esta son obras esenciales en la infraestructura vial que son destinadas a salvar obstáculos naturales – ríos, valles y lagos, estructura artificial que une carreteras uniendo caminos haciendo posible el transporte de mercancía y cosas.

e) **Montante de un puente:** Esta se define como aquella pieza vertical el que pueda ser empleada como pilastra o una columna que sostiene la construcción.

f) **Vigas de acero:** Estas son vigas que se encargan de soportar cargas pesadas en elementos planos y losas, es así que se emplean como un refuerzo estructural en los proyectos de construcción manufacturada para diversos tipos.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Los controles de calidad influyen de manera significativa en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

3.1.2. Hipótesis Especifica

- a) El cordón presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.
- b) La montante presenta características favorables en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.
- c) La diagonal presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.
- d) La viga presenta características positivas en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

3.2. Variables

3.2.1. Definición Conceptual de las variables

a) Control de calidad.

El montaje de los puentes modulares está relacionado con el perfeccionamiento de la soldadura del acero, así como de los pernos de alta resistencia, se ha podido desarrollar igualmente las estructuras metálicas y modernas de igual manera el montaje es rápido y sencillo con base en pines, en nudos de resistencia y pernos

comunes para la fijación. El lanzamiento de puentes modulares consiste en colocar la superestructura con una viga de lanzamiento autoportante que descansa sobre los apoyos del puente pudiéndose desplazar de manera autónoma de un claro al siguiente. (Guerrero, 2017)

b) Puentes modulares.

Un puente modular es utilizado en situaciones de emergencia para zonas rurales a fin de integrar los pueblos, se adapta su diseño a distintas luces que puedes oscilar desde 20 hasta 120 metros de longitud y está compuesto con partes estandarizadas que se unen para construir un paso vehicular sobre un río o quebrada mediante piezas fácilmente transportable. (Guerrero, 2017)

3.2.2. Definición operacional de las variables

a) Control de calidad.

La variable independiente: control de calidad fue evaluada de acuerdo a las dimensiones de: D1: Resistencia de perfiles y D2: Parámetros de cálculo.

b) Puentes modulares.

La variable dependiente: Proceso constructivo fue evaluada de acuerdo a las dimensiones de: D1: Cordón, D2: Montantes, D3: Diagonal y D4: Viga.

3.2.3. Operacionalización de variables

Tabla 10. Operacionalización de variables



Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala				
						1	2	3	4	5
1: Variable Independiente Control de Calidad.	El montaje de los puentes modulares está relacionado con el perfeccionamiento de la soldadura del acero, así como de los pernos de alta resistencia, se ha podido desarrollar igualmente las estructuras metálicas y modernas de igual manera el montaje es rápido y sencillo con base en pines, en nudos de resistencia y pernos comunes para la fijación. El lanzamiento de puentes modulares consiste en colocar la superestructura con una viga de lanzamiento autoportante que descansa sobre los apoyos del puente pudiéndose desplazar de manera autónoma de un claro al siguiente.	La variable independiente: control de calidad fue evaluada de acuerdo a las dimensiones de: D1: Resistencia de perfiles y D2: Parámetros de cálculo.	Resistencia de perfiles	Masa nominal por unidad de longitud.	Referencia Libros		X			
							X			
			Parámetros de calculo	Manual de puentes modulares	Referencia Libros		X			
							X			
2: Variable Dependiente Proceso constructivo	Un puente modular es utilizado en situaciones de emergencia para zonas rurales a fin de integrar los pueblos, se adapta su diseño a distintas luces que puedes oscilar desde 20 hasta 120 metros de longitud y está compuesto con partes estandarizadas que se unen para construir un paso vehicular sobre un río o quebrada mediante piezas fácilmente transportable.	La variable dependiente: Proceso constructivo fue evaluada de acuerdo a las dimensiones de: D1: Cordón, D2: Montantes, D3: Diagonal y D4: Viga.	Cordón	Cordón superior	Modelamiento en el programa CSI bridge		X			
				Cordón inferior	Modelamiento en el programa CSI bridge			X		
			Montante	Montante a compresión	Modelamiento en el programa CSI bridge		X			
				Montante a tracción	Modelamiento en el programa CSI bridge			X		
			Diagonal	Elementos de viga	Modelamiento en el programa CSI bridge			X		
			Viga	Luz de viga	Modelamiento en el programa CSI bridge			X		

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Método de la Investigación

Según Rodríguez (2010, pág. 33), El método cuantitativo se centra en los hechos o causas del fenómeno social, este método se utiliza en cuestionarios, inventarios y análisis demográficos que producen números, los cuales pueden ser analizados estadísticamente para verificar, aprobar o rechazar las relaciones entre las variables definidas operacionalmente, además regularmente la presentación de resultados de estudios cuantitativos viene sustentada con tablas estadísticas, gráficas y un análisis numérico.

De acuerdo a lo descrito en el párrafo anterior, la presente investigación tuvo una aplicación cuantitativa.

4.2. Tipo de Investigación

Según Hernández y Col (2006, pág., 103), el tipo de investigación del proyecto de investigación presenta fines prácticos ya que tiene el fin de dar solución a los problemas que se presentan en el área del conocimiento que está atada a la aparición de los problemas precisos y la ambición del investigador es dar solución a estos y se tendrá propósitos prácticos inmediatos bien definidos cuando se investiga para poder actuar, cambiar y poder modificar lo que producirá cambios a un determinado sector de la realidad sosteniendo así una investigación del tipo aplicada.

4.3. Nivel de la Investigación

Según Mario y Tamayo (2014, pág. 95), la metodología de nivel Descriptivo el cual comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente con una investigación tipo descriptivo.

Según Bernal (2006, pág. 93), la investigación descriptiva, publican, describen, cuentan o asemejan biografías, contextos, rasgos, modelos prototipos, guías etcétera, pero no se presentan fundamentos del porqué de las situaciones; este tipo de investigación se determina por las interrogantes que se formula el investigador; el sustento de esta investigación son las encuestas realizadas y el estudio de los documentales.

4.4. Diseño de la Investigación

De acuerdo con Santa y Feliberto (2010, pág. 87), define que el diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan e incluso su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Es decir, en este diseño no se construye una situación específica si no que se observa las que existen.

En la investigación no se realizó una a evaluación de los elementos de un puente modular “Wengomayo” mediante modelamientos y cálculo, de los elementos (Cordón, montante, diagonal y Viga), evaluando la calidad en el proceso constructivo.

4.5. Población, muestra y el muestreo

En la presente investigación desarrollada tiene como objetivo el mantener la transitabilidad vehicular en el tramo: San Rafael – Alcas - Pozuzo, mediante la instalación de una estructura modular metálica.

4.5.1. Población

Según Valderrama (2015), el tamaño de la población la define un conjunto finito o infinito de los elementos, seres u objetos que presentan atributos o características similares o en común que son sensibles a la observación.

La población está constituida por los puentes modulares localizados en la región Huánuco (Sierra del Perú).

4.5.2. Muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, pág. 125) especifica la muestra como un sub grupo partes y estos dependen fundamentalmente de la población, en síntesis, es un sub grupo de la población que presentan rasgos idénticos.

4.5.2.1. Método de Muestreo

“El tipo de investigación presente contempla un tipo de muestra probabilístico en la cual el subconjunto de la población en la que la elección de los elementos no dependerá de la probabilidad ya que esto depende directamente de las particularidades del estudio y los objetivos de la investigación.”

La muestra en la investigación corresponde al puente modular “Wengomayo” que se ubica en la carretera Huánuco - San Rafael - Pozuzo, tramo San Rafael – Alcas – Pozuzo, km 55+800, ruta Nacional PE-18D; el puente se ubica en el distrito de San Rafael, provincia de Ambo, departamento de Huánuco.

4.6. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

4.6.1. Técnicas

Las técnicas de recolección de los datos se refiere aquellos métodos empleados para analizar y recoger diferentes formas de datos, de la cual se vale en el investigador para que pueda ayudar obtener la información que permite el desarrollo de la investigación.

a) Observación

La observación fue empleada como una técnica consiente siendo obtenida para obtener información cuantitativa, siendo útil para hacer seguimiento a la frecuencia de fenómenos, con ayuda de los instrumentos de recolección de datos

b) Registro de datos

Esta técnica consiste en una examinación de los datos presentes en el documento que ya existe como una base de datos. Instrumento, registro de asistencia, etc.

Llega a ser necesario teniendo en cuenta que la información recopilada está relacionada a las dimensiones e indicadores obteniendo así los datos necesarios para lograr los objetivos.

4.6.2. Instrumentos

Los instrumentos en la investigación se reconocen como una herramienta valiosa para la obtención y recolección de información en la que el investigador emplea para la obtención de datos necesarios de acuerdo a los objetivos.

a) Ficha de recolección de datos

Este es un instrumento que consiste relacionada a una herramienta que es empleada por un investigador para lograr obtener información el cual permite desarrollar un proyecto de investigación.

<u>Ficha de recolección de datos</u>															
Concreto	: f_c														
Acero	: f_y 4200kg/cm ²														
Peso específico del concreto	: 2400kg/m ³														
Módulo de elasticidad	: $15,000\sqrt{f_c}$ Kg/cm ²														
Módulo de poisson	: 0.2														
Acero laminado en caliente	: ASTM A572 GRADO														
Combinaciones de carga															
Combinaciones de cargas estado limite	DC, DD, DW, EH, EV, ES, EL, PS, CR y SH	LL, IM, CE, BR, PL y LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	EQ	BL	IC	CT	CV	
Resistencia I (A menos que se especifique lo contrario)															
Resistencia II															
Resistencia III															
Resistencia IV															
Resistencia V															
Eventos extremos I															
Eventos extremos II															
Servicio I															
Servicio II															
Servicio III															
Servicio IV															
Fatiga I (Aolamente LL.IM)															
Fatiga II (Solamente LL.IM)															

Figura 2. Ficha de recopilación de datos.

Fuente: Propia

3.1.1. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación

✓ Validez

Según Vásquez (2020), es aquella condición que consiste en que las pruebas se midan lo que se propone medir, las pruebas se deben medir las características específicas de dichas variables para las cuales fueron diseñadas, se refiere a los resultados de la prueba, no se expresan en dichos términos categóricos, sino que dichos resultados se expresan en forma de continuidad o progresión.

Tabla 11: Rangos y Magnitudes de validez

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy baja

Nota: Rango de 0.01 a 1.00 con magnitud de muy baja a muy alta, por (Reloso, 2021).

Tabla 12. Especialistas que dieron la validación de los instrumentos

Apellidos	Nombre	Profesion	Grado academico	Valoracion	Promedio
Pautrat Egoavil	Henry Gustavo	Ingeniero Civil	Magister	73	73
Herrera Montes	Jeannelle Sofia	Ingeniero Civil	Magister	70	
Gamarra Espinoza	Luis	Ingeniero Civil	Ingeniero	76	

✓ Confiabilidad

De acuerdo con Sánchez, Reyes y Mejía (2018), proviene de la palabra fiable, es aquel proceso en el cual se encarga de establecer cuan fiable, consistente, estable o coherente es el instrumento que se ha realizado, es por ello que cuando el investigador al referirse a una persona dice que está es confiable, en pocas palabras le inspira confianza.

Tabla 13: Rangos y Magnitudes de Confiabilidad

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy baja

Nota: Rango de 0.01 a 1.00 con magnitud de muy baja a muy alta, por (Reloso, 2021).

Confiabilidad												
No	Indicadores	INTRINSECA					EXTRINSECA					TOTAL
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
1	i-1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	13
2	i-2	1	2	2	1	2	1	2	3	1	2	17
3	i-3	3	3	2	2	2	2	1	2	1	2	20
4	i-4	2	3	1	2	1	3	2	3	3	3	23
5	i-5	2	3	2	2	2	3	2	2	3	3	24
6	i-6	3	2	3	2	3	3	1	2	3	3	25
7	i-7	3	2	3	2	2	3	2	1	1	3	22
VARIANZA F		0.69	0.49	0.57	0.20	0.41	0.78	0.20	0.41	0.98	0.24	15.67
												4.98

K = 10 item

$K/(K-1) = 1.111$

$\sum_{i=1}^k s_i^2 = 4.98$

$s_t^2 = 15.67$

ALFA = 0.758

4.7. Técnicas de procesamiento estadístico y análisis de datos

4.7.1. Técnicas estadísticas

Para las técnicas estadísticas se utilizó gráficos e histogramas, como el t de Student para poder obtener un mejor análisis de la recta de regresión para poder describir la relación y su coeficiente entre las variables.

Proceso de datos

Para el proceso de datos se empleó el software (Excel) y con verificación estadísticas por el t Student.

4.7.2. Criterios básicos planteados

4.7.2.1. Propiedades de los materiales

- a. Concreto : $f'c$ 280kg/cm²
- b. Acero : f_y 4200kg/cm²
- c. Peso específico del concreto : 2400kg/m³
- d. Módulo de elasticidad : $15,000\sqrt{f'c}$ Kg/cm²
- e. Módulo de poisson : 0.2
- f. Acero laminado en caliente : ASTM A572 GRADO 50

4.7.2.2. Cargas utilizadas

Las cargas que se utilizaran para el análisis son

4.7.2.3. Peso propio (DC)

Se considera el peso propio de los componentes estructurales y accesorios no estructurales.

4.7.2.4. Dw

Se considera el peso propio de las superficies de rodamiento e instalaciones para servicios públicos.

4.7.2.5. Sobrecarga viva (LL y PL)

LL es la sobrecarga vehicular HL 93 que consiste en:

- a. Camión de diseño

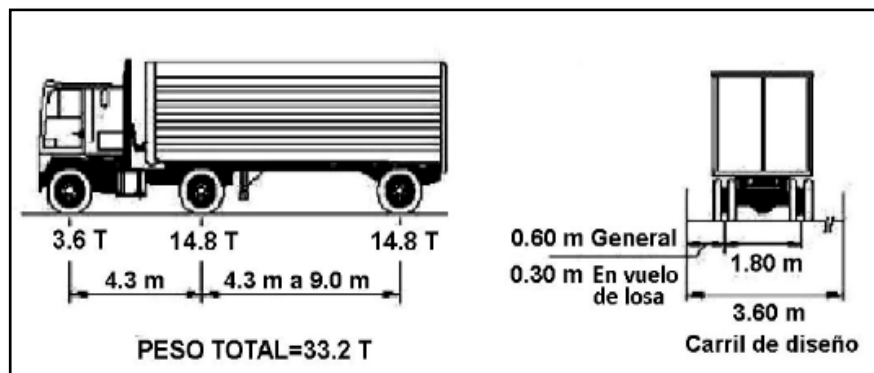


Figura 10. Camión de diseño

- b. Tandem de diseño

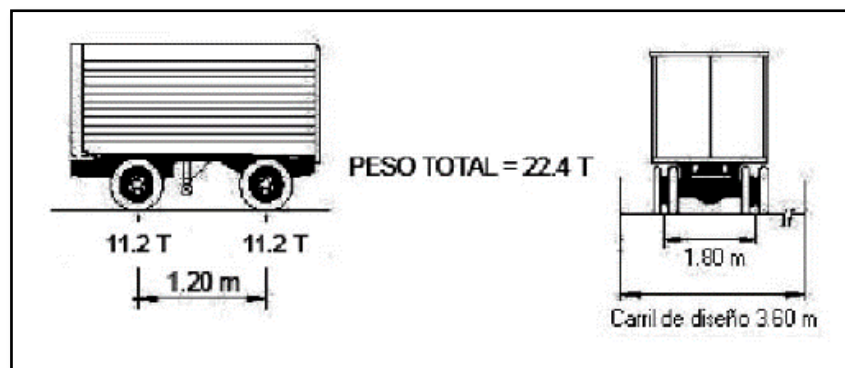


Figura 11. Tandem de diseño

c. Carga de carril

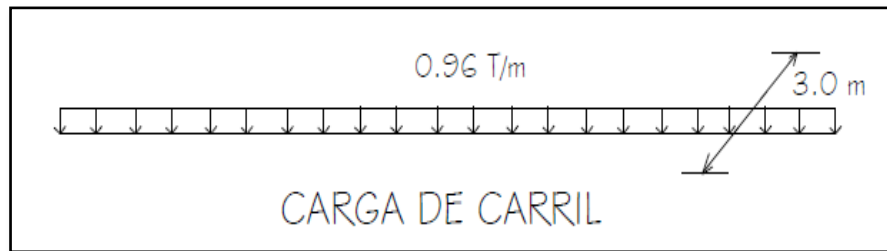


Figura 12. Carga de carril de diseño

4.7.2.6. Presencia de múltiples vehículos

La sollicitación extrema correspondiente a sobrecargas se determinará considerando las posibles combinaciones de carriles cargados, multiplicando por un factor de presencia múltiple. (No es aplicable al estado límite de fatiga).

Figura 13. Factor de presencia múltiple

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, m
1	1.20
2	1.00
3	0.85
>3	0.65

4.7.3. Combinaciones de carga

Se considera estados límites como:

- Resistencia I: Combinación de cargas que simboliza el uso normal del puente (sin viento).
- Servicio II: Mezcla de cargas con la finalidad de controlar la influencia de las estructuras de acero y el resbalamiento que generaría el exceso de carga vehicular en las conexiones.
- Fatiga, combinación de cargas de fatiga y fractura que se relaciona con la sobrecarga gravitatoria vehicular respectiva.

La ecuación que representa al diseño de carga y resistencia (LRFD):

$$\sum \eta \gamma Q \leq \phi R_n$$

Combinación de Cargas Estado Límite	DC															
	DD	LL	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	EQ	BL	IC	CT	CV		
RESISTENCIA I A menos que se especifique lo contrario	γ_P	1.75	1.00	--	--	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
RESISTENCIA II	γ_P	1.35	1.00	--	--	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
RESISTENCIA III	γ_P	--	1.00	1.40	--	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
RESISTENCIA IV	γ_P	--	1.00	--	--	1.00	0.50/1.20	--	--	--	--	--	--	--		
RESISTENCIA V	γ_P	1.35	1.00	0.40	1.00	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
EVENTO EXTREMO I	1.0	γ_{EQ}	1.00	--	--	1.00	--	--	--	1.00	--	--	--	--		
EVENTO EXTREMO II	γ_P	0.50	1.00	--	--	1.00	--	--	--	--	1.00	1.00	1.00	1.00		
SERVICIO I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
SERVICIO II	1.00	1.30	1.00	--	--	1.00	1.00/1.20	--	--	--	--	--	--	--		
SERVICIO III	1.00	0.80	1.00	--	--	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	--	--	--	--	--		
SERVICIO IV	1.00	--	1.00	0.70	--	1.00	1.00/1.20	--	1.00	--	--	--	--	--		
FATIGA I Solamente LL, IM & CE	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
FATIGA II- Solamente LL, IM & CE	--	0.75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		

Figura 14. Combinaciones de carga

4.7.4. Modificador de cargas

- Ductilidad: el puente se debe dimensionar y detallar de manera de asegurar el desarrollo de deformaciones inelásticas significativas y visibles en los estados límites de resistencia y correspondientes a eventos extremos (nd = Redundancia: Para puentes modulares se utiliza un factor de redundancia de (nr=1.05).
- Importancia Operativa: Solo se aplica a estados límite de resistencia (ni = 1.0).

4.8. Aspectos éticos de la investigación

En la investigación se tendrá en consideración la responsabilidad al recolectar información, y se tomará en cuenta la confidencialidad al momento de hacer conocer los datos, el anonimato para preservar la identidad, la legalidad de contar con permisos en el caso que sea necesario a la vez reconocer la autoría de las bibliografías y el profesionalismo que como investigador se debe cumplir bajo las exigencia y normas.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

Para el diseño se utiliza la siguiente normatividad

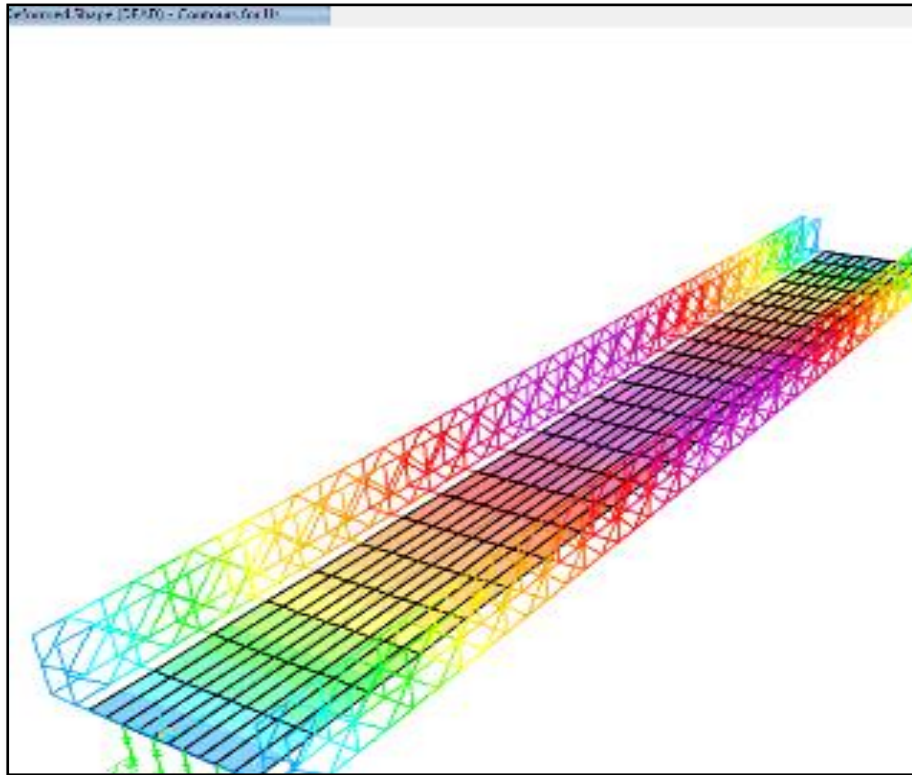
- a. Manual de puentes MTC-RD_19-2018
- b. AISC 360 “Specification for Structural Steel Buildings”
- c. AASHTO LRFD 2017 “Design Specification”
- d. Norma Técnica de Edificaciones E-020 Norma de cargas.
- e. Norma Técnica de Edificaciones E-060 Norma de diseño en concreto armado.
- f. Norma Técnica de Edificaciones E-090 Norma de Estructuras Metálicas.

5.2. Descripción de los resultados

5.2.1. Análisis estructural del proyecto

La estructura del proyecto se analizará mediante un análisis estructural tridimensional, y se consideraran los estados de carga debido al peso propio y a las cargas móviles.

Figura 15. Modelo estructural



Para el análisis, las estructuras fueron modeladas con elementos finitos tipo Shell(áreas) la cual representa al tablero, también las estructuras como los traveseros, soportes y elementos de barras tipo Frame (líneas), Para los elementos se tomaron en cuenta deformaciones por flexión, fuerza cortante, torsión y carga axial.

5.2.2. Metodología de Análisis

Para el análisis estructural, se ha utilizado el programa CSI bridge, considerando todos los Estados de Carga considerados y realizando las combinaciones de carga con sus respectivos factores.

En la estructura se consideró un análisis estructural lineal.

Luego se calculan los esfuerzos para cada condición de cargas y se procede a procesar dichos resultados de esfuerzos y desplazamientos mediante la combinación de esfuerzos y desplazamientos.

a) Carga móvil considerada

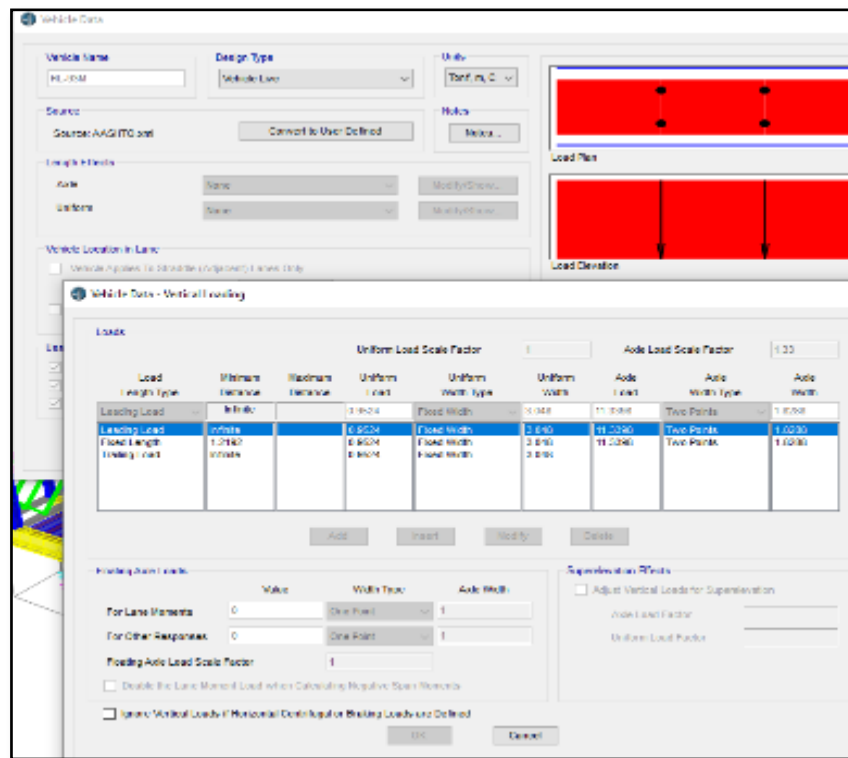


Figura 16. Tándem de diseño y carga repartida

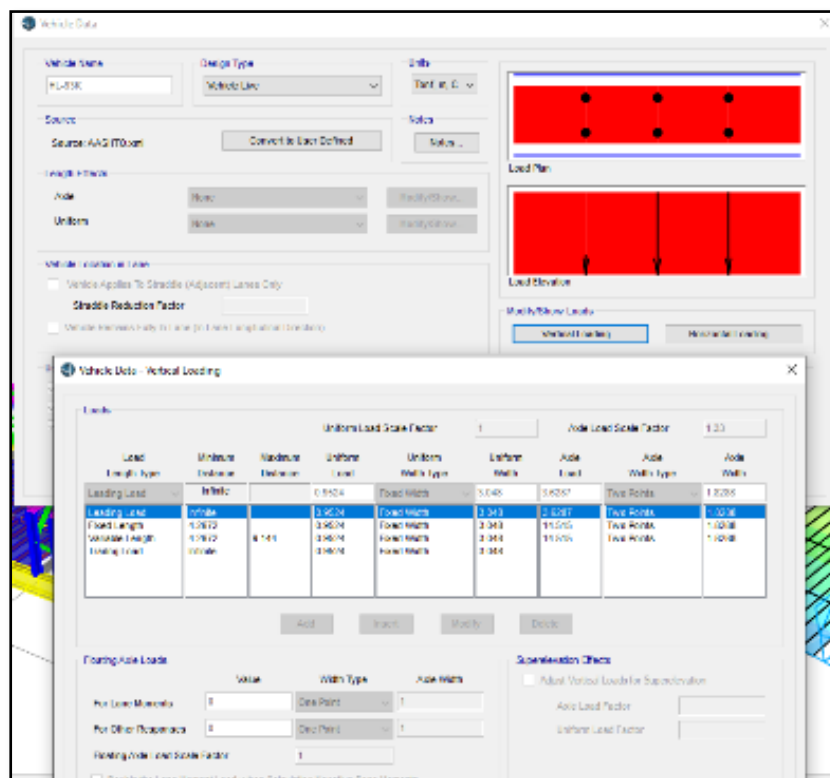


Figura 17. Camión de diseño

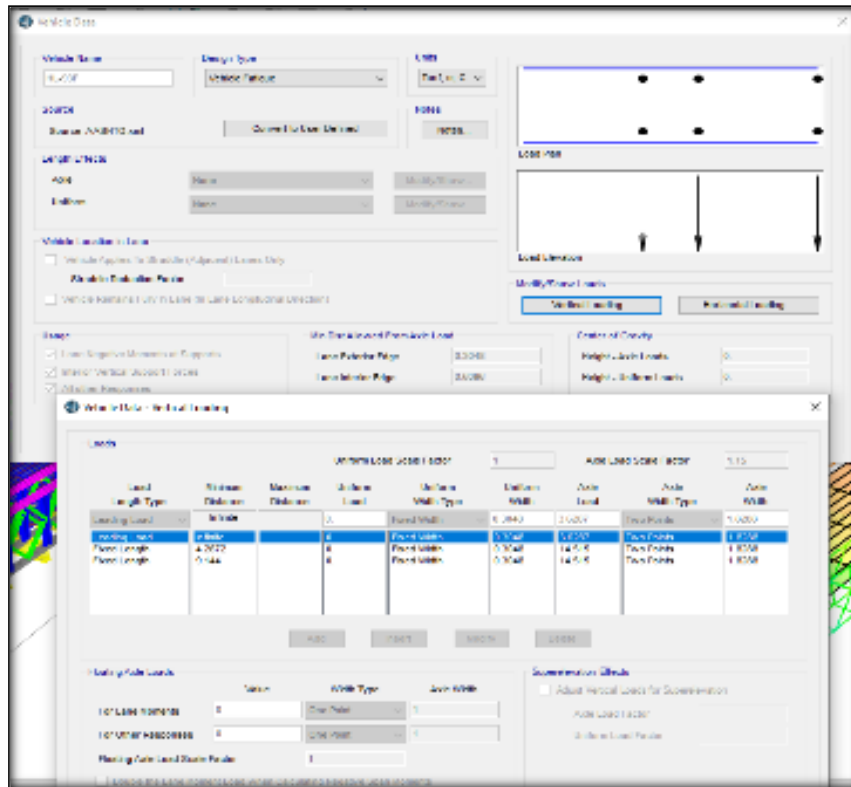


Figura 18. Camión para verificar estados de fatiga

5.2.3. Diseño de elementos estructurales

Los elementos estructurales de los puentes modulares se diseñarán a fin de conseguir secciones de resistencia de diseño (ΦR_n) por lo menos iguales a las resistencias requeridas (R_u), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en esta Norma. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse: $\Phi R_n \geq R_u$

Se realizó el diseño de los elementos estructurales: Cordón superior, Montante, Diagonal, Cordón inferior, Viga.

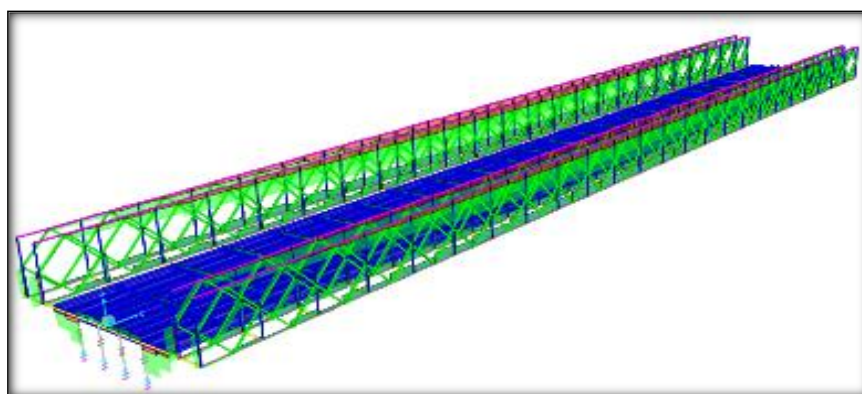


Figura 19. Diseño de elementos

5.3. Objetivo específico 1 (Cordon)

5.3.1. Cordón superior

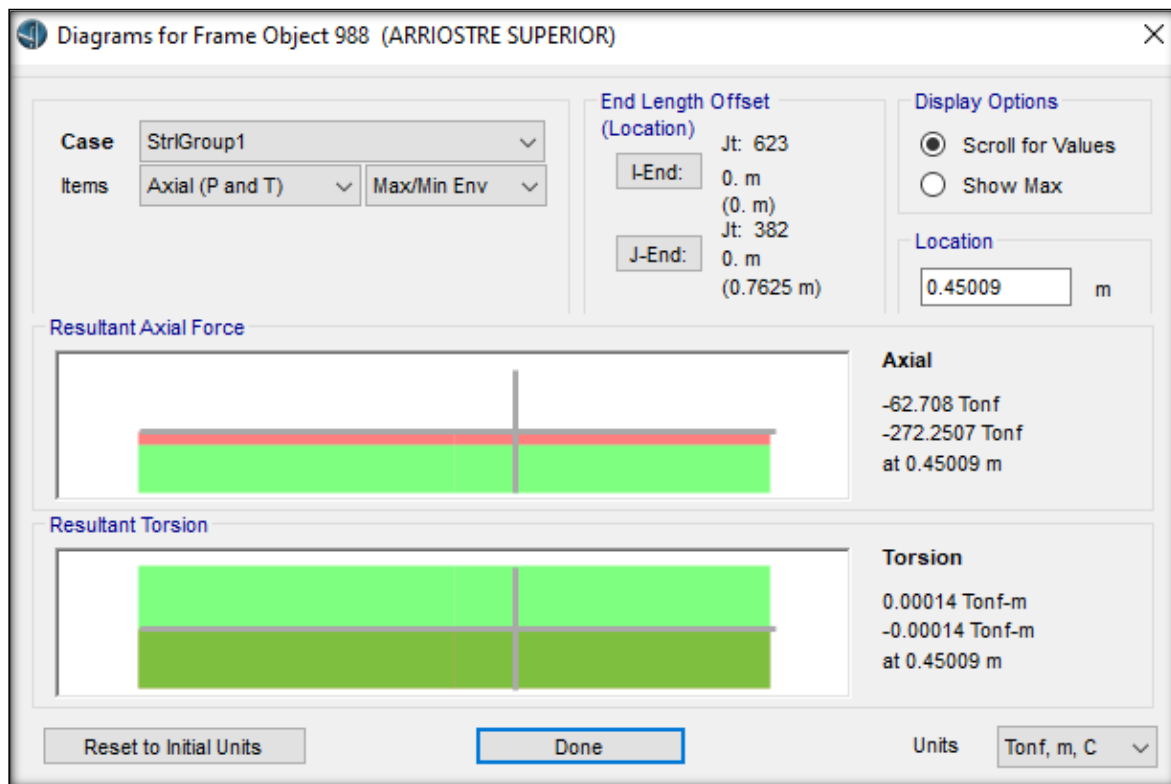


Figura 20. Diagramas para Marco superior

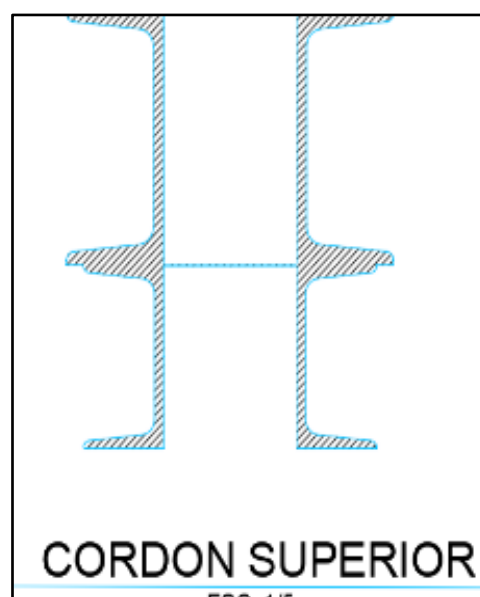


Figura 21. Cordón superior

----- REGIONS -----	
Area:	5899.8286
Perimeter:	1656.1472
Bounding box:	X: -98.0000 -- 98.0000 Y: -125.9600 -- 114.0400
Centroid:	X: 0.0000 Y: 0.0059
Moments of inertia:	X: 33913747.5759 Y: 19454425.4559
Product of inertia:	XY: 0.0001
Radii of gyration:	X: 75.8173 Y: 57.4235
Principal moments and X-Y directions about centroid:	I: 33913747.3710 along [1.0000 0.0000] J: 19454425.4559 along [0.0000 1.0000]

Figura 22. Regiones

Resultados:

$$I_x = 33913747.5759 \text{ mm}^4 \quad , \quad I_y = 33913747.5759 \text{ mm}^4 \quad \text{Momento de Inercia}$$

$$J = 63772.7 \text{ mm}^4 \quad , \quad \text{Propiedades flexotorsionales}$$

$$A_t = 33913747.5759 \text{ mm}^4 \quad , \quad \text{Area total}$$

$$r_{giro} = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}} = 75.817 \text{ mm} \quad , \quad \text{Radio de Giro X}$$

$$r_{giro-y} = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} = 57.865 \text{ mm}, \quad \text{Radio de Giro Y}$$

$$L_x = 1400 \text{ mm} \quad , \quad L_y = 1400 \text{ mm} \quad \text{Longitud del elemento}$$

$$K_x = 1 \quad , \quad K_y = 1 \quad \text{Factor de longitud efectiva}$$

$$\frac{K_y \cdot L_y}{r_{giro-y}} = 24.194 \quad , \quad \text{Relación de esbeltez}$$

$$if \left(\frac{K_y \cdot L_y}{r_{giro-y}} < 200, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Pandeo Critico:

$$L_{ef-y} = K_y \cdot L_y = 1.40 \text{ m}. \quad L_{ef-x} = K_y \cdot L_x = 1.40 \text{ m} \quad \text{Longitud efectiva}$$

$$P_{cr-1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ef-y}^2} = 2028.17 \text{ tonnef} \quad P_{cr-2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{L_{ef-x}^2} = 3481.896 \text{ tonnef}$$

Esfuerzo de Euler:

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\frac{K_y \cdot L_y}{r_{\text{giro-y}}}} = 59016.897 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo crítico de Euler

$$\gamma_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = 0.258$$

Relación límite ancho espesor

$if(\gamma_c \leq 1.5, \text{"Pandeo Inelastico"}, \text{"Pandeo Elastico"}) = \text{"Pandeo Inelastico"}$

Esfuerzo crítico:

$$F_{cr} = if\left(\gamma_c \leq 1.5, 0.658^{\gamma_c^2} \cdot F_y, \left(\frac{0.877}{\gamma_c^2}\right) \cdot F_y\right) = 3828.773 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{cr} = 3828.773 \text{ kgf/cm}^2$$

Resistencia nominal del perfil:

$$P_n = A_t \cdot F_{cr} = 225.891 \text{ tonnef}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 0.9 \cdot P_n = 203.302 \text{ tonnef}$$

Resistencia demanda/capacidad

$$P_u = 264.000 \text{ tonnef}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = 1.299$$

$if(\phi_c \cdot P_n > P_u, \text{"Ok"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"No Cumple"}$

5.3.2. Cordón inferior

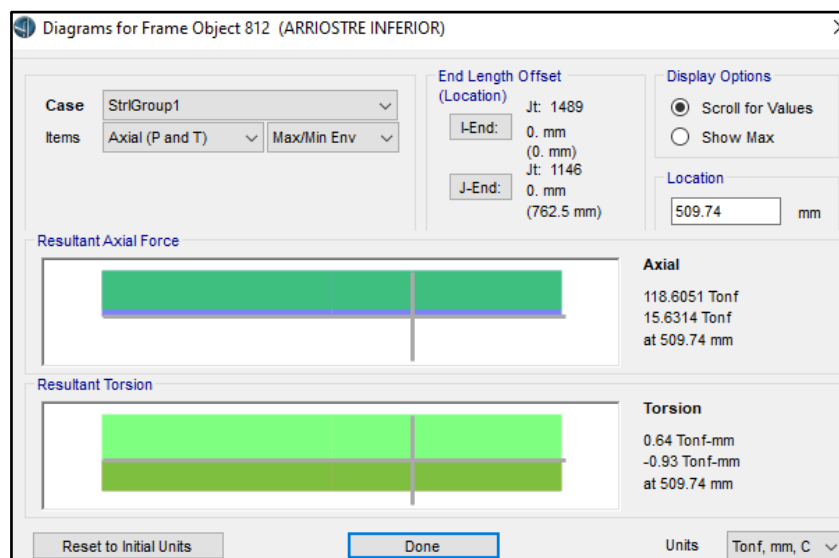


Figura 23. Diagramas para Marco inferior

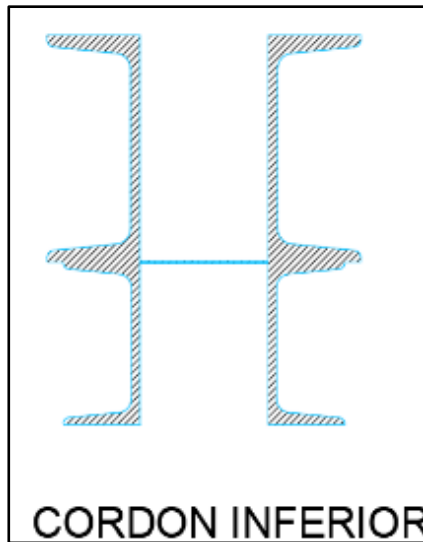


Figura 24. Cordón inferior

----- REGIONS -----	
Area:	5899.8286
Perimeter:	1656.1472
Bounding box:	X: -98.0000 -- 98.0000 Y: -125.9600 -- 114.0400
Centroid:	X: 0.0000 Y: 0.0059
Moments of inertia:	X: 33913747.5759 Y: 19454425.4559
Product of inertia:	XY: 0.0001
Radii of gyration:	X: 75.8173 Y: 57.4235
Principal moments and X-Y directions about centroid:	I: 33913747.3710 along [1.0000 0.0000] J: 19454425.4559 along [0.0000 1.0000]

Resultados:

$I_x = 33913747.5759 \text{ mm}^4$, $I_y = 19754425.45 \text{ mm}^4$ Momento de Inercia

$J = 63772.7 \text{ mm}^4$, Propiedades flexotorsionales

$A_t = 5899.8286 \text{ mm}^4$, Area total

$r_{giro} = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}} = 75.817 \text{ mm}$, Radio de Giro X

$r_{giro-y} = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} = 57.865 \text{ mm}$, Radio de Giro Y

Resistencia nominal del perfil:

$$P_n = A_t \cdot F_{cr} = 232.287 \text{ tonnef}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 0.9 \cdot P_n = 209.059 \text{ tonnef}$$

Resistencia demanda/capacidad

$$P_u = 118.000 \text{ tonnef}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = 0.564$$

$$if(\phi_c \cdot P_n > P_u, "Ok", "No Cumple") = "Ok"$$

5.4. Objetivo específico 2 (Montante)

5.4.1. Montante a compresión

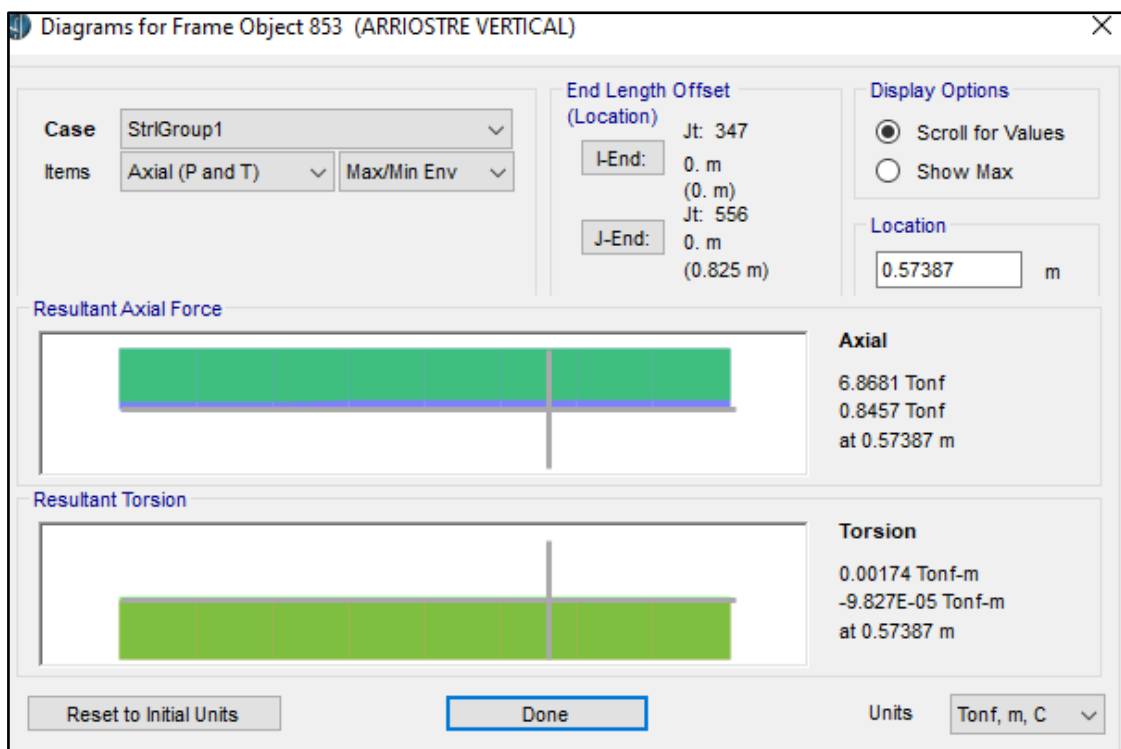


Figura 25. Diagramas para el montante a compresión

----- REGIONS -----			
Area:	1059.1403		
Perimeter:	364.6459		
Bounding box:	X: -12.8400	--	35.1600
	Y: -50.0000	--	50.0000
Centroid:	X: 0.0022		
	Y: 0.0000		
Moments of inertia:	X: 1592702.3165		
	Y: 189137.9893		
Product of inertia:	XY: 0.0000		
Radii of gyration:	X: 38.7785		
	Y: 13.3633		
Principal moments and X-Y directions about centroid:			
	I: 1592702.3165	along	[1.0000 0.0000]
	J: 189137.9841	along	[0.0000 1.0000]

Figura 26. Región de Montantes

Resultados:

$$I_x = 1592702.32 \text{ mm}^4 \quad , \quad I_y = 189137.98 \text{ mm}^4 \quad \text{Momento de Inercia}$$

$$J = 63772.7 \text{ mm}^4 \quad , \quad \text{Propiedades flexotorsionales}$$

$$A_t = 1059.14 \text{ mm}^2 \quad , \quad \text{Area total}$$

$$r_{giro} = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}} = 38.778 \text{ mm} \quad , \quad \text{Radio de Giro X}$$

$$r_{giro-y} = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} = 13.363 \text{ mm}, \quad \text{Radio de Giro Y}$$

$$L_y = 2130 \text{ mm} \quad , \quad L_x = 2130 \text{ mm} \quad \text{Longitud del elemento}$$

$$K_y = 1 \quad , \quad K_x = 1 \quad \text{Factor de longitud efectiva}$$

$$\frac{K_y \cdot L_y}{r_{giro-y}} = 159.392 \quad , \quad \text{Relación de esbeltez}$$

$$if \left(\frac{K_y \cdot L_y}{r_{giro-y}} < 200, "Cumple", "No Cumple" \right) = "Cumple"$$

Pandeo Critico:

$$L_{efy} = K_y \cdot L_y = 2.13 \text{ m.} \quad L_{efx} = K_x \cdot L_x = 2.13 \text{ m} \quad \text{Longitud efectiva}$$

$$P_{cr_1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ef_y}^2} = 8.389 \text{ tonnef}$$

$$P_{cr_2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{L_{ef_x}^2} = 70.643 \text{ tonnef}$$

Esfuerzo de Euler:

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{K_y \cdot L_y^2} = 6669.881 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo critico de Euler

$$\gamma_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = 0.768$$

Relación límite ancho espesor

$if(\gamma_c \leq 1.5, \text{"Pandeo Inelastico"}, \text{"Pandeo Elastico"}) = \text{"Pandeo Inelastico"}$

Esfuerzo crítico:

$$F_{cr} = if\left(\gamma_c \leq 1.5, 0.658^{\gamma_c} \cdot F_y, \left(\frac{0.877}{\gamma_c^2}\right) \cdot F_y\right) = 3075.291 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{cr} = 3075.291 \text{ kgf/cm}^2$$

Resistencia nominal del perfil:

$$P_n = A_t \cdot F_{cr} = 32.572 \text{ tonnef}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 0.9 \cdot P_n = 29.314 \text{ tonnef}$$

Resistencia demanda/capacidad

$$P_u = 6.67 \text{ tonnef}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = 0.231$$

$if(\phi_c \cdot P_n > P_u, \text{"Ok"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Ok"}$

5.4.2. Montante a tracción

Resistencia nominal del perfil:

$$P_n = A_t \cdot F_{cr} = 41.700 \text{ tonnef}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 0.9 \cdot P_n = 37.530 \text{ tonnef}$$

Resistencia demanda/capacidad

$$P_u = 26.00 \text{ tonnef}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = 0.693$$

$if(\phi_c \cdot P_n > P_u, \text{"Ok"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Ok"}$

5.5. Objetivo específico 3 (Diagonal)

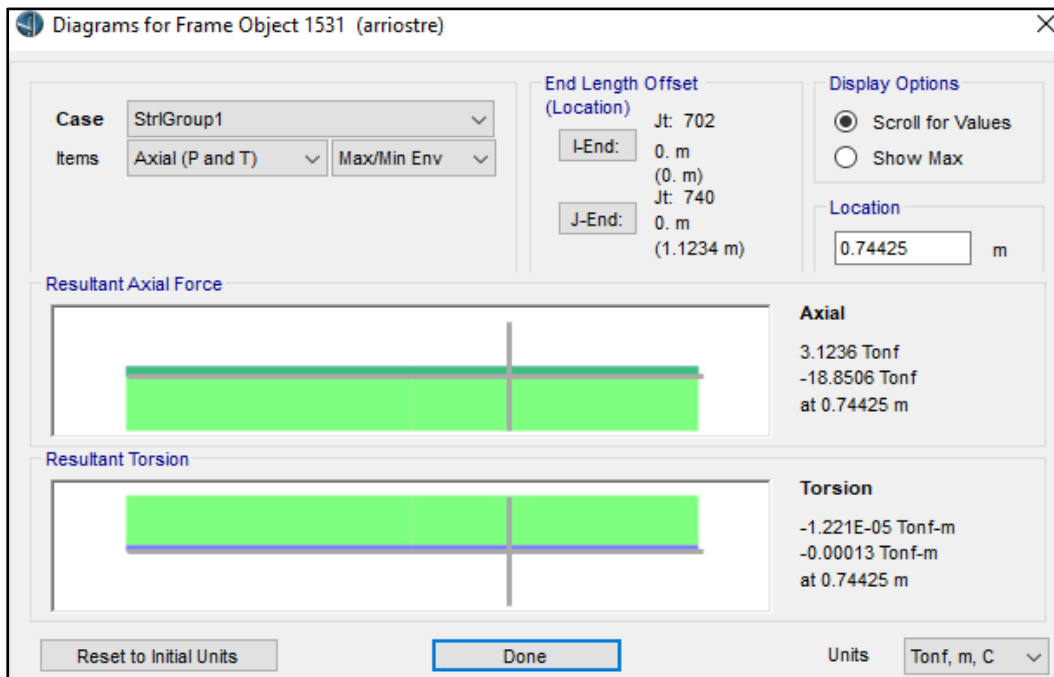


Figura 27. Diagramas de diagonal

Element Forces - Frames

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

Frame Text	Station mm	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	P Tonf	V2 Tonf	V3 Tonf	T Tonf-mm	M2 Tonf-mm	M3 Tonf-mm
958	561.7	StriGroup1	Combination	Max	30.1246	0.2256	0.0507	-0.02093	21.25	46.97
958	1123.4	StriGroup1	Combination	Max	30.1301	0.2256	0.0456	-0.02093	1.28	-18.85
958	0	StriGroup1	Combination	Min	3.0645	0.0202	-0.0005522	-0.2	-3.4	-33.74
958	561.7	StriGroup1	Combination	Min	3.0684	0.0202	-0.0042	-0.2	-8.68	-100.2
958	1123.4	StriGroup1	Combination	Min	3.0723	0.0202	-0.0078	-0.2	-12.4	-171.69
959	0	StriGroup1	Combination	Max	-1.5364	0.046	0.0018	0.0414	0.31	89.5
959	561.7	StriGroup1	Combination	Max	-1.5325	0.046	-0.0023	0.0414	6.96	77.64
959	1123.4	StriGroup1	Combination	Max	-1.5286	0.046	-0.0059	0.0414	16.42	65.79
959	0	StriGroup1	Combination	Min	-31.6182	-0.0349	-0.0121	-0.004239	-5.26	-36.64
959	561.7	StriGroup1	Combination	Min	-31.6128	-0.0349	-0.0166	-0.004239	-2.29	-37.4
959	1123.4	StriGroup1	Combination	Min	-31.6074	-0.0349	-0.0216	-0.004239	2.71	-38.17
960	0	StriGroup1	Combination	Max	26.9252	0.0956	0.0136	-0.01111	1.46	36.92
960	561.7	StriGroup1	Combination	Max	26.9198	0.0956	0.0086	-0.01111	-0.61	20.6
960	1123.4	StriGroup1	Combination	Max	26.9144	0.0956	0.0047	-0.01111	-0.62	4.28
960	0	StriGroup1	Combination	Min	0.0456	2.663E-05	0.0043	-0.09603	-4.5	-66.61

Record: << < 1 > >> of 2304

Add Tables... Done

Figura 28. Fuerzas de los elementos

----- REGIONS -----	
Area:	1059.1403
Perimeter:	364.6459
Bounding box:	X: -12.8400 -- 35.1600 Y: -50.0000 -- 50.0000
Centroid:	X: 0.0022 Y: 0.0000
Moments of inertia:	X: 1592702.3165 Y: 189137.9893
Product of inertia:	XY: 0.0000
Radii of gyration:	X: 38.7785 Y: 13.3633
Principal moments and X-Y directions about centroid:	I: 1592702.3165 along [1.0000 0.0000] J: 189137.9841 along [0.0000 1.0000]

Figura 29. Regiones por la Diagonal

Resultados:

$$I_x = 1592702.32 \text{ mm}^4 \quad , \quad I_y = 189137.98 \text{ mm}^4 \quad \text{Momento de Inercia}$$

$$J = 63772.7 \text{ mm}^4 \quad , \quad \text{Propiedades flexotorsionales}$$

$$A_t = 1059.14 \text{ mm}^2 \quad , \quad \text{Area total}$$

$$r_{giro-x} = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}} = 38.778 \text{ mm} \quad , \quad \text{Radio de Giro X}$$

$$r_{giro-y} = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} = 13.363 \text{ mm} \quad , \quad \text{Radio de Giro Y}$$

$$L_y = 1120 \text{ mm} \quad , \quad L_x = 1120 \text{ mm} \quad \text{Longitud del elemento}$$

$$K_y = 1 \quad , \quad K_x = 1 \quad \text{Factor de longitud efectiva}$$

$$\frac{K_y \cdot L_y}{r_{giro-y}} = 83.812 \quad , \quad \text{Relación de esbeltez}$$

$$if \left(\frac{K_y \cdot L_y}{r_{giro-y}} < 200, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Pandeo Critico:

$$L_{ef-y} = K_y \cdot L_y = 1.12 \text{ m} \quad , \quad L_{ef-x} = K_x \cdot L_x = 1.12 \text{ m} \quad \text{Longitud efectiva}$$

$$P_{cr-1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ef-y}^2} = 30.342 \text{ tonnef} \quad , \quad P_{cr-2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{L_{ef-x}^2} = 255.502 \text{ tonnef}$$

Esfuerzo de Euler:

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\frac{K_y \cdot L_y}{r_{\text{giro-y}}}}^2 = 24123.552 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo critico de Euler

$$\gamma_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = 0.404$$

Relación límite ancho espesor

$if(\gamma_c \leq 1.5, \text{"Pandeo Inelastico"}, \text{"Pandeo Elastico"}) = \text{"Pandeo Inelastico"}$

Esfuerzo crítico:

$$F_{cr} = if\left(\gamma_c \leq 1.5, 0.658\gamma_c^2 \cdot F_y, \left(\frac{0.877}{\gamma_c}\right) \cdot F_y\right) = 3677.216 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{cr} = 3677.216 \text{ kgf/cm}^2$$

Resistencia nominal del perfil:

$$P_n = A_t \cdot F_{cr} = 38.947 \text{ tonnef}$$

$$\phi_c \cdot P_n = 0.9 \cdot P_n = 35.052 \text{ tonnef}$$

Resistencia demanda/capacidad

$$P_u = 31.00 \text{ tonnef}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = 0.884$$

$if(\phi_c \cdot P_n > P_u, \text{"Ok"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Ok"}$

5.6. Objetivo específico 4 (Viga)

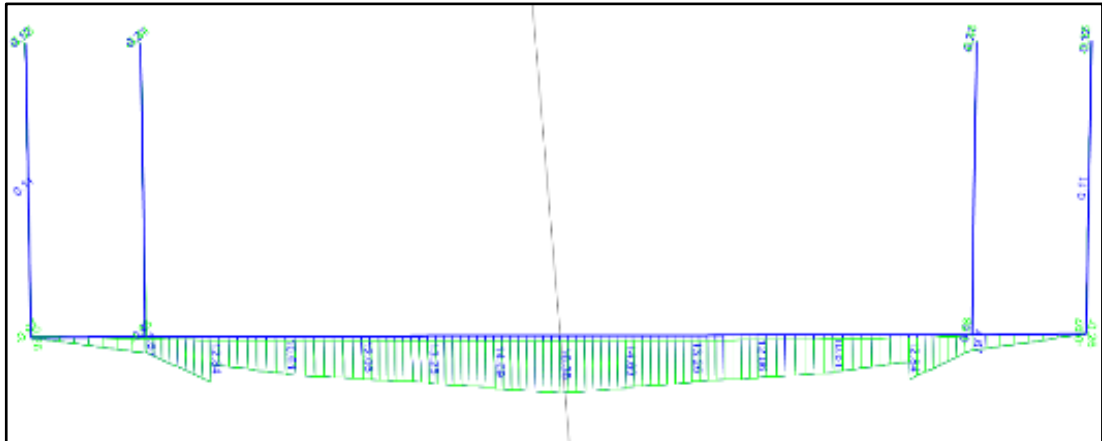


Figura 30. Diagrama de la Viga

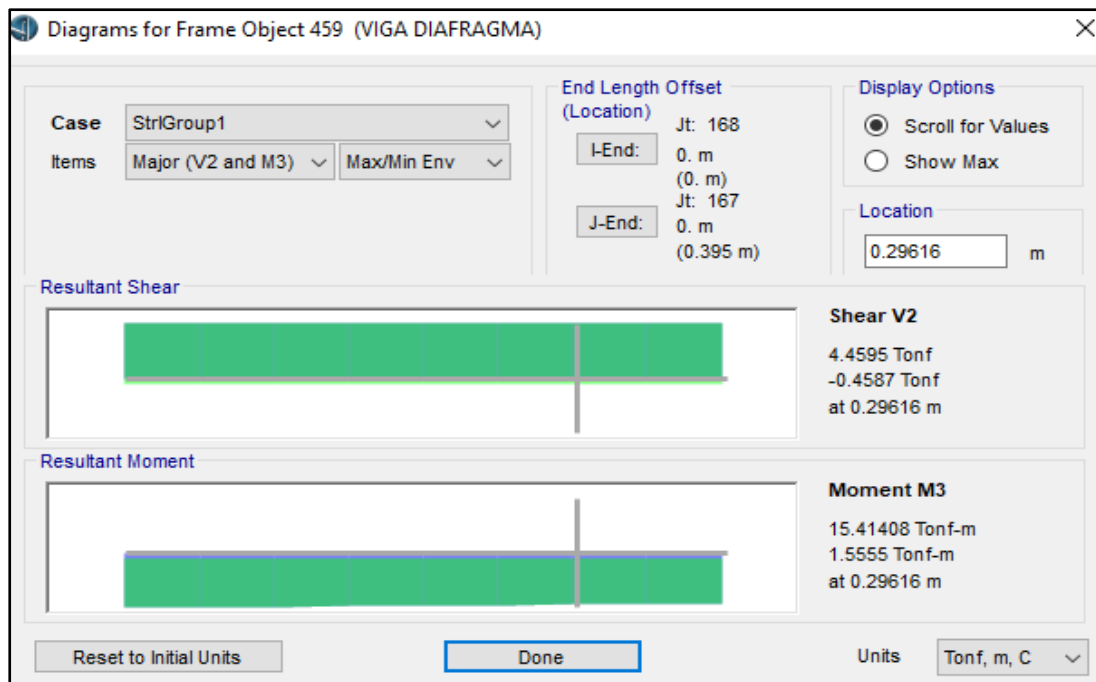


Figura 31. Diafragma de la Viga

$$L_f = 5 \text{ m} \quad \text{Longitud de viga} \quad L_b = \frac{L_f}{2} = 2.5 \text{ m} \quad \text{Longitud no arriostrada}$$

$$\phi_f = 0.9 \quad \text{Reducción por flexión}$$

$$W_{cv} = 250 \text{ kgf/m} \quad \text{Carga Viva}$$

$$E = 29000 \text{ ksi} \quad \text{Módulo de Elasticidad}$$

$$W_{cv} = 56 \text{ ksi} \quad \text{Esfuerzo de fluencia}$$

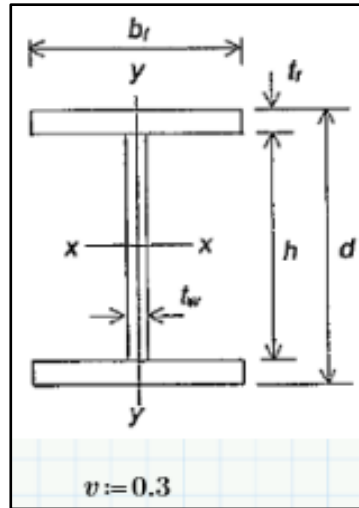


Figura 32. Propiedades de la sección

$$b_f = 225 \text{ mm}$$

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$

$$h_0 = d - t_f = 484 \text{ mm}$$

$$t_w = 10 \text{ mm}$$

$$h_1 = d - 2 t_f = 468 \text{ mm}$$

Resultados:

Property Data			
Section Name		VIGA DIAFRAGMA	
Properties			
Cross-section (axial) area	11880.	Section modulus about 3 axis	2028935.
Moment of inertia about 3 axis	5.072E+08	Section modulus about 2 axis	270346.67
Moment of inertia about 2 axis	30414000.	Plastic modulus about 3 axis	2289960.
Product of inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	416700.
Shear area in 2 direction	5000.	Radius of Gyration about 3 axis	206.6312
Shear area in 3 direction	6000.	Radius of Gyration about 2 axis	50.5974
Torsional constant	740774.9	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

Figura 33. Resultados

$$I_x = 5.072 \times 10^8 \text{ mm}^4 \quad , \quad I_y = 30414000 \text{ mm}^4 \quad \text{Momento de Inercia}$$

$$Z_x = 2289960 \text{ mm}^3 \quad , \quad Z_y = 416700 \text{ mm}^3 \quad \text{Modulo plástico}$$

$J = 740774.9 \text{ mm}^4$, Propiedades flexotorsionales

$A_t = 11880.00 \text{ mm}^2$, Area total

$$r_{giro-x} = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}} = 206.624 \text{ mm} , \text{ Radio de Giro X}$$

$$r_{giro-y} = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} = 50.597 \text{ mm}, \text{ Radio de Giro Y}$$

$$S_x = \frac{I_x}{0.5x_d} = 2028800 \text{ mm}^3 \quad \text{Módulo de sección X}$$

$$S_y = \frac{I_y}{0.5xb_f} = 270346.667 \text{ mm}^3 \quad \text{Módulo de sección Y}$$

Diseño a flexión:

Revisión de Alas

Esbeltez de la sección: $\lambda_f = \frac{b_f}{2.t_f} = 7.031$

Límite entre alas compactadas y no compactadas

$$\lambda_{r-f} = 0.38 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 8.647$$

Límite entre alas no compactadas y esbeltas

$$\lambda_{r-f} = 1.00 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 22.756$$

$$\lambda_{ala} = \text{if}(\lambda_f < \lambda_{r-f}, "Comp", \text{if}(\lambda_f < \lambda_{r-f}, "No Comp", "Esb")) = "Comp"$$

Revisión para las almas

Esbeltez de la sección: $\lambda_w = \frac{h}{t_w} = 46.80$

Límite entre alas compactadas y no compactadas

$$\lambda_{r-w} = 3.76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 85.564$$

Límite entre alas no compactadas y esbeltas

$$\lambda_{r-w} = 5.70 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 129.712$$

$$\lambda_{ala} = \text{if}(\lambda_w < \lambda_{r-w}, "Comp", \text{if}(\lambda_w < \lambda_{r-w}, "No Comp", "Esb")) = "Comp"$$

Definición de zonas

$$c = 1.00$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_x \cdot h_0}{2 \cdot S_x}} = 6.023 \text{ cm}$$

$$M_p = F_y \cdot Z_x = 90160.068 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \cdot \frac{E}{0.7 \cdot F_y} \cdot \sqrt{\frac{J_c}{S_x \cdot h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x \cdot h_0}\right)^2 + 6.76 \cdot \left(0.70 \cdot \frac{F_y}{E}\right)^2}} = 5.73 \text{ m}$$

$$L_p = 1.76 r_{giro_y} \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.206 \text{ m}$$

$$L_b = 2.50 \text{ m}$$

$$M_r = 0.7 \cdot S_x \cdot F_y = 55.914 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad (\text{Momento correspondiente al límite del comportamiento del pandeo lateral torsional})$$

$$F_{cr} = C_{b1} \cdot \pi^2 \cdot \frac{E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + 0.078 \cdot \left(\frac{J_c}{S_x \cdot h_0}\right) \cdot \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} = 159199.753 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

a) Cuando $L_b \leq L_p$, el estado límite para el pandeo lateral torsional no aplica.

$$M_{n_1} = M_p = 90160.068 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

b) Cuando $L_p < L_b \leq L_r$.

$$M_{n_2} = C_{b1} \cdot \left(M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right) = 111404.941 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_{n_2} = \min(M_p, M_{n_2}) = 90160.068 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

c) Cuando $L_b > L_r$

$$M_{n_3} = S_x \cdot F_{cr} = 322984.46 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_{n_3} = \min(M_{n_3}, M_{n_2}, M_p) = 90160.068 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

d) Calculo de momento nominal

$$M_n = \text{if}(L_b < L_p, M_{n_1}, \text{if}(L_b < L_r, M_{n_2}, M_{n_3}))$$

$$M_n = 90160.068 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

e) Para perfiles con patines no compactados

$$M_{n_nc} = M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_x) \cdot \left(\frac{\lambda_f < \lambda_{r_f}}{\lambda_f < \lambda_{r_f}} \right) = 94082.966 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

f) Momento nominal

$$M_n = \text{if}(\lambda_{ala} = \text{"No Comp"}, M_{n_nc}, M_n) = 90160.068 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

g) Cálculo de demanda capacidad

Se calcula la demanda en la sección en relación a la capacidad de la sección, este valor debe ser inferior a 1.

$$M_u = 25.00 \text{ tonnef.m}$$

$$\frac{D}{C} = \frac{M_u}{\phi_f \cdot M_n} = 0.308$$

$$\text{if}\left(\frac{M_u}{\phi_f \cdot M_n} < 1, \text{"Cumple"}, \text{"Cambiar de sección"}\right) = \text{"Cumple"}$$

5.7. Criterios en el proceso constructivo en el concreto

Para la colocación de la cimentación del puente es necesario realizar la excavación del material que se encuentra en el cuerpo hídrico, dicho trabajo deberá de ser ejecutado bajo las condiciones de las fundaciones del puente, siendo este el punto principal para el colocado de la cimentación.

En las excavaciones se ha considerado poder cuantificar el volumen en m³, siendo las caras de 0.50 m del perímetro en el fondo de la cimentación y un factor volumétrico de 1.60 m para poder compensar la excavación generada por el talud.

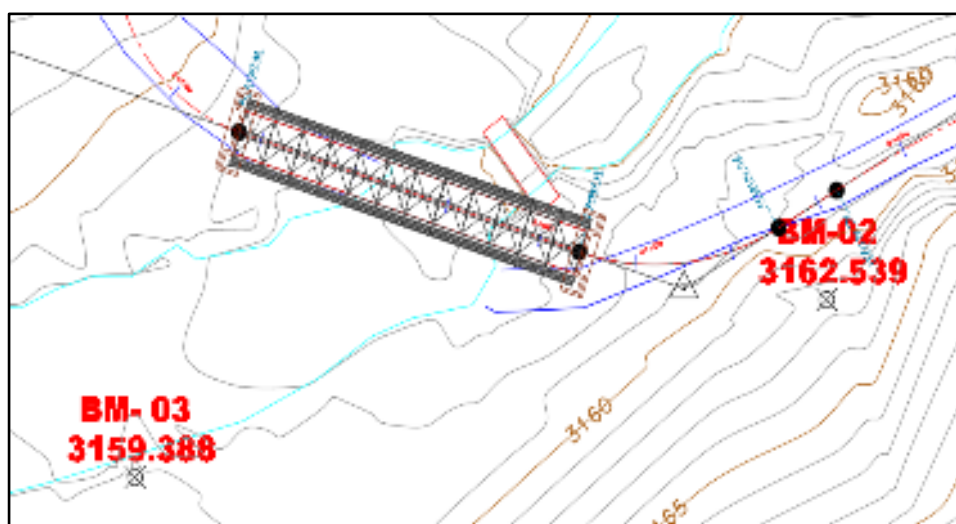


Figura 34. Plano de planta del Puente Wengomayo

Y la colocación de la cimentación como se plantea a continuación:

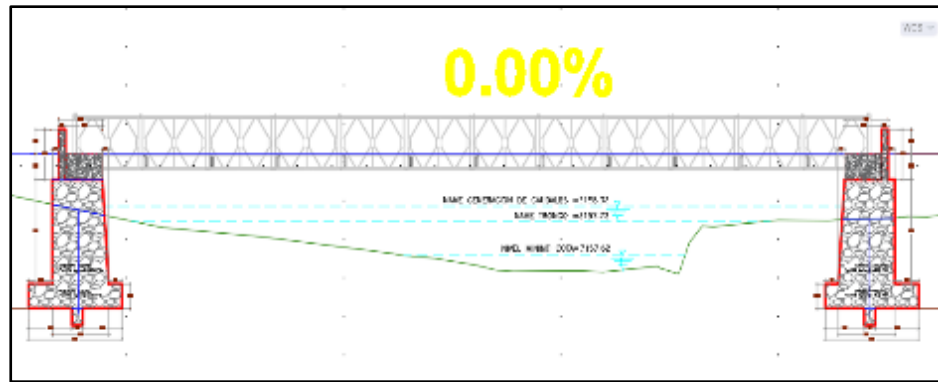


Figura 35. Perfil del puente Wengomayo

Y presentándose un perfil de terreno de:

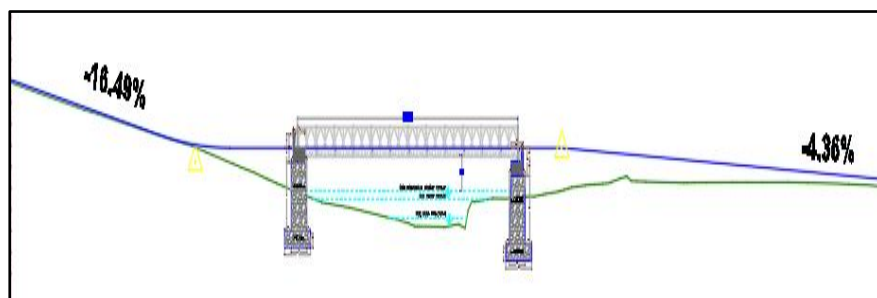


Figura 36. Perfil longitudinal del puente Wengomayo

Para la colocación de la cimentación de concreto se utilizará el cemento Portland, agua, agregados y aditivo para lo cual se utilizó:

- a) **Tipo.** El Portland tipo I, es el tipo de cemento que más se utiliza en obra. Es necesario cumpla lo estipulado en la norma ASTM C 150.
- b) El cemento usado para la elaboración del concreto es el cemento portland tipo I. este tipo de cemento deberá de presentar los controles de calidad especificados en la norma ASTM C 150.
- c) **Ensayos requeridos.** De acuerdo al tipo de cemento a usar en obra, este deberá de contar con los ensayos certificados por la fábrica cementera.
- d) **Almacenamiento del cemento.** El cemento deberá de ser almacenado en áreas totalmente secas a prueba de agua, la misma que deberá contar con sistemas de ventilación y absorción de humedad.
- e) **Temperatura del cemento.** En necesario considerar el uso de cemento a una temperatura mayor o igual a 10°C, siempre y cuando no se compruebe lo contrario.

5.8. Criterios en el diseño del lanzamiento

El lanzamiento del puente es el punto más delicado del proceso constructivo es por ello que este estará definido por la dimensión del puente el tamaño de la viga, el eslabón del lanzamiento y los contrapesos necesarios. Ya que en términos generales la longitud de la nariz del puente es lanzado por la mitad trasera siendo el piso el que proporciona un contrapeso que es para los tramos traseros del puente, siendo el objetivo principal el lanzamiento y el cálculo del centro de gravedad de la estructura como se muestra a continuación:

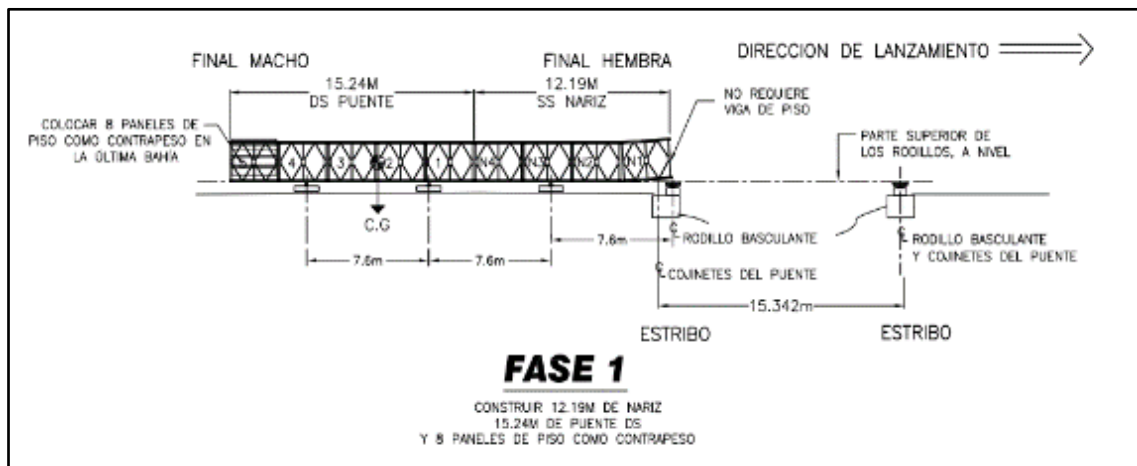


Figura 37. Proceso de lanzamiento del Puente Fase 1

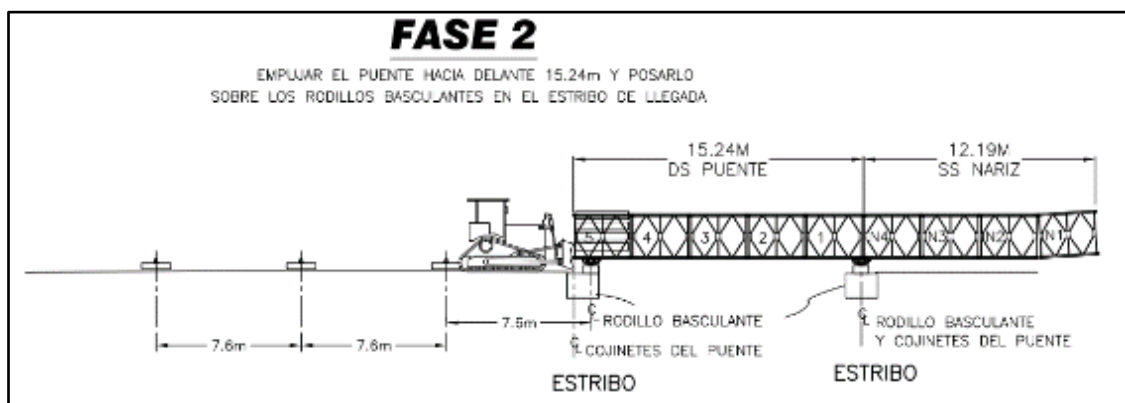


Figura 38. Proceso de lanzamiento del Puente Fase 2

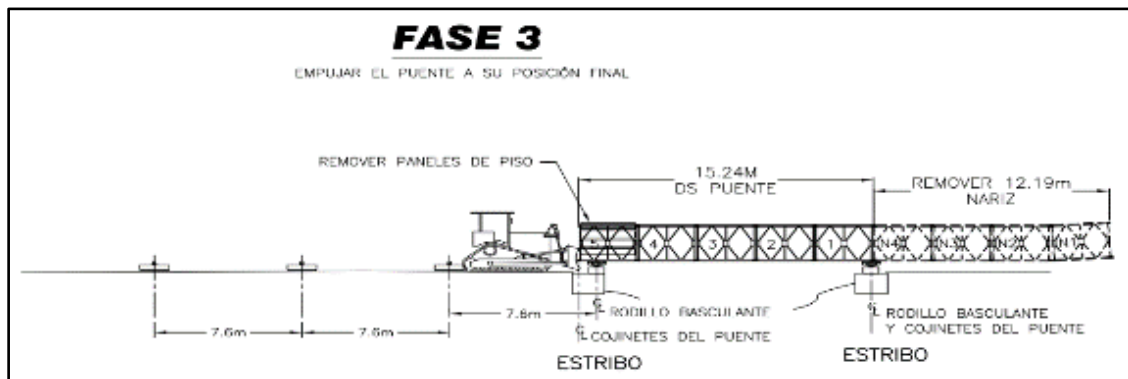


Figura 39. Proceso de lanzamiento del Puente Fase 3

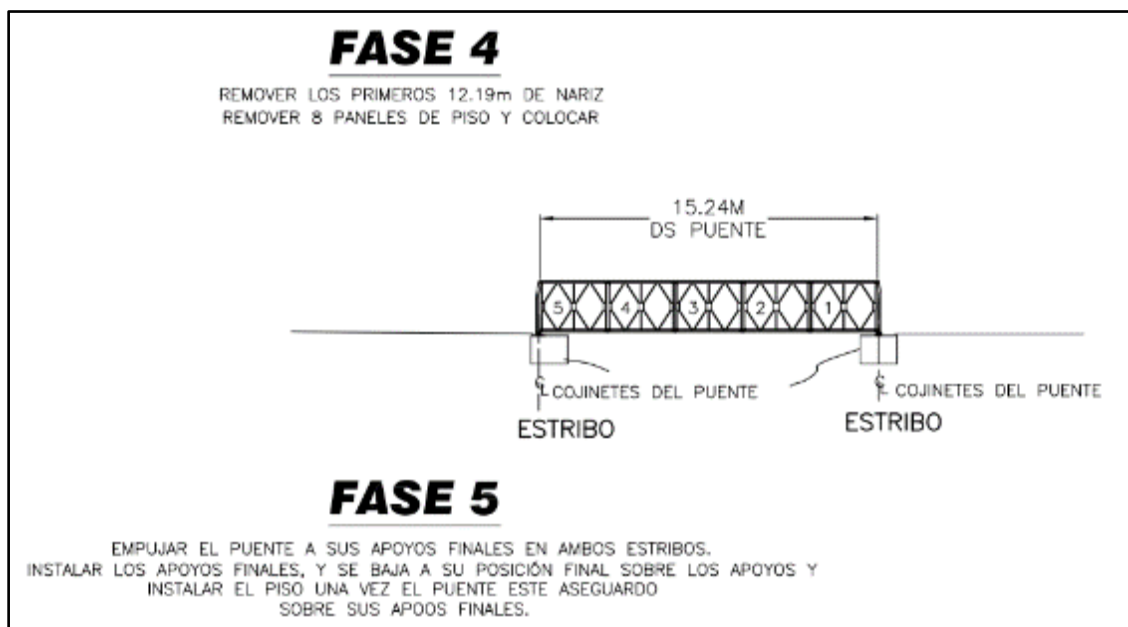


Figura 40. Proceso de lanzamiento del Puente Fase 4 y Fase 5

4.1. Prueba de hipótesis

4.1.1. Hipótesis específico 1

El cordón presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

➤ **Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:**

H₀: El cordón no presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

H_a: El cordón presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

Al realizar los controles de calidad mediante el modelamiento en el programa CSI bridge se identificó que los cordones presentan resultados favorables en cuanto a las secciones y áreas de los elementos Concluyendo que: *El cordón presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.*

4.1.2. *Hipótesis específico 2*

La montante presenta características favorables en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

➤ **Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:**

Ho: La montante no presenta características favorables en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

Ha: La montante presenta características favorables en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

Al realizar los controles de calidad mediante el modelamiento en el programa CSI bridge se identificó que la montante presentan resultados favorables en cuanto a las secciones y áreas de los elementos Concluyendo que: *La montante presenta características favorables en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.*

4.1.3. *Hipótesis específico 3*

La diagonal presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

➤ **Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:**

Ho: La diagonal no presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

Ha: La diagonal presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

Al realizar los controles de calidad mediante el modelamiento en el programa CSI bridge se identificó que la diagonal presentan resultados favorables en cuanto a las secciones y áreas de los elementos Concluyendo que: *La diagonal presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.*

4.1.4. *Hipótesis específico 4*

La viga presenta características positivas en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

➤ **Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:**

Ho: La viga no presenta características positivas en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

Ha: La viga presenta características positivas en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.

Al realizar los controles de calidad mediante el modelamiento en el programa CSI bridge se identificó que la viga presenta resultados favorables en cuanto a las secciones y áreas de los elementos Concluyendo que: *La viga presenta características positivas en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.*

CAPITULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Discusión de resultados con antecedentes Internacionales

a) Objetivo específico 1 (cordón)

Al realizar una evaluación del cordón superior presenta una longitud del elemento de 1400 mm, longitud efectiva de 1.40 m, esfuerzo crítico de 3828.773 kgf/cm², resistencia nominal del perfil es de 203.302 ton.ef, resistencia demanda/capacidad de 264.000 ton/ef y en cuanto a las características del cordón inferior presenta un area total de 5899.8286 mm⁴ , resistencia nominal del perfil de 09.059 ton.ef, resistencia demanda/capacidad de 118.000 ton.ef.

(Rojas, 2022) “Creación del puente vehicular sobre el rio Tocache y mejoramiento de accesos en la ruta hacia la localidad de Pampa Hermosa”, Se identifico que en los castillos de apoyo para el lanzamiento actúa una carga distribuida de 33.21 t/m y del 15% aplicada en un sentido horizontal, la máxima presión en el terreno es de 30.12 t/m², el primer modo de pandeo $F_s = 119.63$, las secciones empleadas son una viga catrillera VC tipo I con una altura total de 200 cm, ancho de 150 cm, espesor de alas de 0.20 cm, un tubo de un diámetro de 10 plg SCH 40 y un tubo de 6 plg de diámetro tipo SCH 40.

b) Objetivo específico 2 (montante)

Al realizar una evaluación del montante a compresión presenta una longitud del elemento de 2130 mm, longitud efectiva 2.13 m, Esfuerzo crítico de 3075.291 kgf/cm², Resistencia nominal del perfil 29.314 ton.ef, resistencia

demanda/capacidad 6.67 tonnef y en cuanto a la montante a tracción presenta valores de resistencia nominal del perfil de 37.530 ton.ef, resistencia demanda/capacidad de 26.00 ton.ef.

Milovanović, Bagarić, Casi y Vezilic (2022) expone su artículo con titulado “Estudio de caso sobre construcción modular de estructura ligera de acero: puentes térmicos y evaluación del rendimiento energético”, El estudio realizado incluye un análisis de los elementos estructurales como las montantes y el desempeño correspondiente a la transmisión de esfuerzos, es así que concluyo que los montantes de acero aumentaron el valor de U del 28.4% a un 41.6% en una comparación de los casos sin los pernos lo que en consecuencia llega a aumentar las perdidas por una transmisión a través de elementos opacos, al realizar un revenimiento continuo de los puentes las uniones se llegan a minimizar. La estructura con paredes LSF cumple con las especificaciones de la norma.

c) Objetivo específico 3 (diagonal)

Al realizar una evaluación de la diagonal presenta un área total de 1059.14 mm⁴, longitud del elemento de 1120 mm, longitud efectiva de 1.12 m, esfuerzo crítico de 3677.216 kgf/cm², resistencia nominal del perfil de 35.052 ton.ef, resistencia demanda/capacidad de 31.00 ton.ef.

Alata y Parra (2021) expone su investigación con **título** “Puentes modulares y la reducción de imprevistos”, Se identifico una evaluación de sub estructura (Sub Zapata y Zapata) se identificó probabilidad de imprevistos de 22% y 17% respectivamente, en cuanto a los elementos de la super estructura se evaluó los (parapetos, muros contra impacto, losa de aproximación y estructura) identificando un imprevisto porcentual de 7%, 14%, 8% y 32% respectivamente, es así que **concluyo al** realizar un estudio se identificaron diversos imprevistos relacionados a la Subzapata en un 20%, Zapata 17%, Parapeto en 7%, Muros contra impacto en 14%, Losa de aproximación en 8% y en casos de actividades correspondiente a las estructuras metánicas se identificó el 32% de probabilidad de imprevisto.

d) Objetivo específico 4 (viga)

Al realizar una evaluación de viga presenta una longitud de viga de 5m, Carga Viva 250 kgf/m, Módulo de Elasticidad 29000 ksi, área total 11880.00 mm⁴, cálculo de momento nominal 90160.068 kgf.m, perfiles con patines no compactados 94082.966

kgf.m, Momento nominal 90160.068 kgf.m, Calculo de demanda capacidad 25.00 tonnef.m, la sección planteada cumple con los requisitos necesarios.

Milovanović, Bagarić, Časi y Vezilic (2022) expone su artículo con título “Puente modular de tipo Bailey en aplicaciones civiles”, Para el análisis de la capacidad de carga se empleó FEM y los procedimientos de los códigos de diseño reales, en cuanto al caso de las vigas principales este análisis se centra en la estabilidad fuera del plano para sus cuerdas comprimidas. La capacidad de las vigas transversales dependerá parcialmente del caso de luz de viga, esto debido a que las vigas transversales están cargadas adicionalmente por tensiones resultantes asegurando la estabilidad de vigas principales, es así que concluyo las vigas transversales llegaron a cumplir con aquellos requisitos con calidad aceptable, con una capacidad de carga normal, aquellos camiones convencionales con el peso de hasta 28 toneladas. Se emplean vigas transversales por panel de BB con distancias mutuas de 1608 y 1440 mm.

CONCLUSIONES

- **Objetivo general**

Los controles de calidad influyen de manera significativa en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019. Al realizar una evaluación de viga presenta una longitud de viga de 5m, perfiles con patines no compactados 94082.966 kgf.m, la diagonal presenta un área total de 1059.14 mm⁴, longitud del elemento de 1120 mm, la montante a compresión presenta una longitud del elemento de 2130 mm, longitud efectiva 2.13 m, la evaluación del cordón superior presenta una longitud del elemento de 1400 mm, y en cuanto a las características del cordón inferior presenta un área total de 5899.8286 mm⁴.

- **Objetivo específico 1**

El cordón presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019. Al realizar una evaluación del cordón superior presenta una longitud del elemento de 1400 mm, longitud efectiva de 1.40 m, esfuerzo crítico de 3828.773 kgf/cm², resistencia nominal del perfil es de 203.302 ton.ef, resistencia demanda/capacidad de 264.000 ton/ef y en cuanto a las características del cordón inferior presenta un area total de 5899.8286 mm⁴, resistencia nominal del perfil de 09.059 ton.ef, resistencia demanda/capacidad de 118.000 ton.ef.

- **Objetivo específico 2**

La montante presenta características favorables en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019. Al realizar una evaluación del montante a compresión presenta una longitud del elemento de 2130 mm, longitud efectiva 2.13 m, Esfuerzo crítico de 3075.291 kgf/cm², Resistencia nominal del perfil 29.314 ton.ef, resistencia demanda/capacidad 6.67 tonnef y en cuanto a la montante a tracción presenta valores de resistencia nominal del perfil de 37.530 ton.ef, resistencia demanda/capacidad de 26.00 ton.ef.

- **Objetivo específico 3**

La diagonal presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019. Al realizar una evaluación de la diagonal presenta un área total de 1059.14 mm⁴, longitud del elemento de 1120 mm, longitud efectiva de 1.12 m, esfuerzo crítico de 3677.216 kgf/cm², resistencia nominal del perfil de 35.052 ton.ef, resistencia demanda/capacidad de 31.00 ton.ef.

- **Objetivo específico 4**

La viga presenta características positivas en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019. Al realizar una evaluación de viga presenta una longitud de viga de 5m, Carga Viva 250 kgf/m, Módulo de Elasticidad 29000 ksi, área total 11880.00 mm⁴, cálculo de momento nominal 90160.068 kgf.m, perfiles con patines no compactados 94082.966 kgf.m, Momento nominal 90160.068 kgf.m, Calculo de demanda capacidad 25.00 tonnef.m, la sección planteada cumple con los requisitos necesarios.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere emplear un puente modular en una zonificación de acuerdo a los distintos modelos que se adaptan a las distintas condiciones de tráfico como también geométricas, las principales innovaciones que se están pensando hacer es la incorporación de nuevos materiales en la construcción de estos.
2. Se sugiere emplear para casos de acción rápida los puentes modulares ya que la construcción es más rápida, el precio bajo que ocupa tanto en instalación como en preservación. El mantenimiento es también es muy sencillo y con muy poca intervención. Cabe destacar la tendencia en los países centroamericanos de utilizar los puentes de forma permanente, aunque el puente sea permanente o temporal deben de cumplir con la misma condición para ser instalado.
3. Se recomienda poder realizar más ensayos que permitan predecir mejor el sistema constructivo y determinar así la interacción puente cimentación.
4. Se sugiere capacitar al personal encargado del ensamblaje de la estructura del puente con el fin de asegurar la seguridad en el proceso de construcción.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Adalberto, C y Peña, A. 2014.** *Aplicación de puentes modulares en el Salvador.* s.l. : Universidad Del Salvador, 2014.
- Alata, P y Parra, A. 2021.** *Plan de ejecución de obra en los puentes modulares y la reducción de imprevistos en su sección.* Universidad Ricardo Palma. Lima : s.n., 2021. Tesis de pregrado.
- APOSAC. 2004 .** *Cartilla del Pavimento Asfáltico.* Bogota : Asociacion de productores y pavimentadores de Colombia, 2004 .
- Baldenebro, F. 2015.** *Estudio numérico-experimental de fibras de PET y su comportamiento en una matriz de concreto.* Facultad de ingeniera civil, CIMAV repositorio. Mexico : s.n., 2015. Tesis doctoral.
- Campos, C y Guadaña, O. 2019.** *Implementación del sistema Last Planner en construcción de puentes metálicos caso: Construcción de puente Mayuna.* Escuela de pregrado, Universidad Peruana de ciencias aplicadas. Lima : s.n., 2019. Tesis de pregrado.
- Carrillo, F y Lopez, H. 2016.** *Aplicaciones de puentes metálicos modulares en El Salvador.* Escuela de Ingenieria Civil, Universidad de El Salvador. Ciudad Universitaria : s.n., 2016. Tesis de Pregrado.
- Case Study in Modular Lightweight Steel Frame Construction: Thermal Bridges and Energy Performance Assesmen.* **Milovanović, B, y otros. 2022.** Zagreb : s.n., 19 de 10 de 2022, Applied Sciences.
- Chopin, F y Peña, H. 2006.** *Aplicacion de puentes modulares en el Salvador.* s.l. : Universidad De El Salvador, 2006.
- Dynamic load allowance of long-span modular steel bridges.* **Moliner, E, y otros. 2023.** Sevilla : s.n., 16 de 02 de 2023, ELSEVIER, pág. 17.
- Echevarria, J. 2012.** *Estudio del procedimiento de compactación en laboratorio para mezclas asfálticas recicladas en frio con emulsión bituminosa.* Granada : Universidad de Granada, 2012.
- Franco, M, Leon, H y Ruiz, J. 2015.** *Estudio de la incidencia del Elvaloy en las propiedades reológicas del concreto asfáltico y del asfalto de la planta de Barrancabermeja.* Bogota : Universidad Catolica de Colombia, 2015.
- Garcia, A y Hernandez, W. 2018.** *Estudio del efecto en las propiedades mecánicas del concreto simple reforzado con fibras de tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP).* Facultad de ingeniera Civil, Universidad de Cordova. Cordova : s.n., 2018. Tesis de pregrado.

- Gómez, P y Moreno, D. 2018.** *Evaluación del puente Chuquicara, distrito de Macate, Ancash – propuesta de solución – 2018.* Escuela profesional de ingeniería civil , Universidad César Vallejo. Chimbote : s.n., 2018. Tesis de pregrado.
- González, W. 2007.** *Guía básica para el uso de emulsiones asfálticas en la estabilización de bases en caminos de baja intensidad en El Salvador.* El Salvador : Escuela de Ingeniería Civil, UES, 2007.
- Guerrero, P. 2017.** *Diseño de un proceso de control de calidad para la construcción y montaje de puentes metálicos de vigas de alma llena para luces mayores a 40 metros y menores a 100 metros e la empresa Bullcandle Company Cia. Ltda.* Facultad de ingeniería civil , Universidad Tecnica de Ambo. Ambato : s.n., 2017. Tesis de pregrado.
- Guevara, M, Mendez, H y Pimentel, J. 2010.** *Diseño de mezclas asfálticas densas en frío basado en el método Marshall modificado de la universidad de Illinois.* Santa Ana : Universidad de El Salvador, 2010.
- Gutiérrez, G. 2018.** *Apoyo técnico en el diseño y construcción de puentes modulares vehiculares en acero.* f;Facultad de ingeniería, Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia . Tunja : s.n., 2018. pág. 43.
- Harbour, R. 2012.** SSADA Commendation NEO Bankside. [En línea] 2012.
- Hernandez, R. 2014.** *Metodología de la investigacion.* Mexico D.F: McGraW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.
- Léctor, M y Villarreal, E. 2018.** *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la elaboración de concreto de Nuevo Chimbote.* Facultad de Ingeniera Civil, Universidad Nacional de Santa. Chimbote : s.n., 2018. Tesis de Pregrado.
- Maldonado, Á. 2006.** *Guía para el control y el aseguramiento de la calidad de construcción de pavimentos flexibles laborados con mezclas asfálticas en caliente en El Salvador.* El salvador : Escuela de Ingeniería Civil, UES, 2006.
- Medina, L y Quispe, N. 2017.** *Protección optima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo.* Facultad der Ingenieria Civil, Universidad Nacinal de San Agustin Arequipa. Arequipa : s.n., 2017. Tesis de pregrado.
- Moya, J y Mestanza, J. 2018.** *Análisis de las propiedades físico–mecánicas de un hormigón elaborado con fibras recicladas de envases PET utilizando agregados de la cantera de san Antonio y cemento Holcim tipo GU.* Quito : s.n., 2018.
- Paredes, E. 2009.** *Comportamiento mecánico de las mezclas tipo SMA (stone mastic asphalt).* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2009.

- Pinto, H. 2018.** *Análisis del proceso de curado de concreto en ciclos de congelamiento/deshielo y su influencia en la resistencia a la compresión, Yanacancha, Pasco.* Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco : s.n., 2018. Tesis de Pregrado.
- Quintero, C y Mahecha, J. 2016.** *Usos y aplicaciones del plástico reciclado en la fabricación de elementos estructurales para construcción de vivienda en Colombia.* Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granular. Bogota : s.n., 2016. Tesis de Pregrado.
- Quispe, C y García, P. 2019.** *Reforzamiento Sísmico Mediante El Uso De Disipadores Históricos Tipo Shear Link Bozzo En Un Edificio De 14 Niveles En La Ciudad De Lima.* Facultad de ingeniera civil. Perú : s.n., 2019. Tesis doctoral.
- Relloso, R. 2021.** Metodología de la Investigación. [aut. libro] Rafael Relloso Chacin. *Metodología de la Investigación.* Estados Unidos. : s.n., 2021, pág. 13.
- Rodríguez, E. 2018.** *Influencia de la fibra de caucho reciclado en la estabilidad y fluencia en mezcla asfáltica en frío.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2018.
- Rojas, M. 2022.** *Plan de montaje y lanzamiento en la ejecución de obra: “ Creación del puente vehicular sobre el rio Tocache y mejoramiento de accesos en la ruta hacia la localidad de Pmapa Hermosa, distrito de Shunte, provincia de Tocache – departamento de San Martin.* Huniversidad de Huanuco. Huanuco : s.n., 2022. Tesis de pregrado.
- Sánchez, H, Reyes, C y Mejía, K. 2018.** *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística.* Lima : s.n., 2018.
- Sierra, J. 2016.** *Usos y aplicaciones del plástico reciclado en la fabricación de elementos estructurales para construcción de vivienda en Colombia.* Facultad de ingeniera civil, Escuela Colomboiana de Julio Garavito. Bogota : s.n., 2016. Tesis de pregrado.
- Tagle, A y Zapana, L. 2017.** *Evaluación del deterioro del concreto con contenidos variables de aire incorporado y fibras de polipropileno sometido a congelamiento a edades tempranas.* Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa : s.n., 2017. Tesis de Pregrado.
- Vásquez, W. 2020.** *Metododlogia de la investigacion.* Unidad Académica de Estudios Generales, Universidad de San Martín de Porres. Ciudad Universitaria Santa Anita : s.n., 2020.

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia

Anexo 1 – Matriz de consistencia

“INFLUENCIA DE LOS CONTROLES DE CALIDAD EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES MODULARES, HUANUCO 2019”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo influye los controles de calidad en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Identificar la influencia de los controles de calidad en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Los controles de calidad influyen de manera significativa en el proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Control de Calidad.</p>	<p>Resistencia de perfiles</p>	<p>Masa nominal por unidad de longitud.</p>	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Cuantitativo. TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo CUANDO: 2022 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: No - Experimental POBLACIÓN Y MUESTRA: POBLACIÓN: La población está constituida por los puentes modulares localizados en la región Huánuco (Sierra del Perú). MUESTRA: La muestra en la investigación corresponde al puente modular “Wengomayo” que se ubica en la carretera Huánuco - San Rafael - Pozuzo, tramo San Rafael – Alcas – Pozuzo, km 55+800, ruta Nacional PE-18D; el puente se ubica en el distrito de San Rafael, provincia de Ambo, departamento de Huánuco. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS: - Recolección de datos TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS: - Estadístico y probabilístico.</p>
				<p>Parámetros de calculo</p>	<p>Norma</p>	
<p>Problemas específicos:</p> <p>a) ¿Cuáles son los resultados del cordón en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?</p> <p>b) ¿Cuáles son las características de la montante en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?</p> <p>c) ¿Cuáles son los resultados de la diagonal en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?</p> <p>d) ¿Qué características presenta la viga en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Identificar los resultados del cordón en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p> <p>b) Evaluar las características de la montante en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p> <p>c) Determinar los resultados de la diagonal en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p> <p>d) Evaluar las características de la viga en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a) El cordón presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p> <p>b) La montante presenta características favorables en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p> <p>c) La diagonal presenta resultados adecuados en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p> <p>d) La viga presenta características positivas en el control de calidad del proceso constructivo de puentes modulares, Huánuco 2019.</p>	<p>Variable dependiente :</p> <p>Proceso constructivo</p>	<p>Cordón</p>	<p>Cordón superior</p> <p>Cordón inferior</p>	
				<p>Montante</p>	<p>Montante a compresión</p> <p>Montante a tracción</p>	
				<p>Diagonal</p>	<p>Elementos de viga</p>	
				<p>Viga</p>	<p>Luz de viga</p>	

Anexo N°02: Matriz de Operacionalización de variables



Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<p>1: Variable Independiente</p> <p>Control de Calidad.</p>	<p>El montaje de los puentes modulares está relacionado con el perfeccionamiento de la soldadura del acero, así como de los pernos de alta resistencia, se ha podido desarrollar igualmente las estructuras metálicas y modernas de igual manera el montaje es rápido y sencillo con base en pines, en nudos de resistencia y pernos comunes para la fijación.</p> <p>El lanzamiento de puentes modulares consiste en colocar la superestructura con una viga de lanzamiento autoportante que descansa sobre los apoyos del puente pudiéndose desplazar de manera autónoma de un claro al siguiente.</p>	<p>La variable independiente: control de calidad fue evaluada de acuerdo a las dimensiones de: D1: Resistencia de perfiles y D2: Parámetros de cálculo.</p>	<p>Resistencia de perfiles</p> <hr/> <p>Parámetros de calculo</p>	<p>Masa nominal por unidad de longitud.</p> <hr/> <p>Manual de puentes modulares</p>
<p>2: Variable Dependiente</p> <p>Proceso constructivo</p>	<p>Un puente modular es utilizado en situaciones de emergencia para zonas rurales a fin de integrar los pueblos, se adapta su diseño a distintas luces que puedes oscilar desde 20 hasta 120 metros de longitud y está compuesto con partes estandarizadas que se unen para construir un paso vehicular sobre un río o quebrada mediante piezas fácilmente transportable.</p>	<p>La variable dependiente: Proceso constructivo fue evaluada de acuerdo a las dimensiones de: D1: Cordón, D2: Montantes, D3: Diagonal y D4: Viga.</p>	<p>Cordón</p> <hr/> <p>Montante</p> <hr/> <p>Diagonal</p> <hr/> <p>Viga</p>	<p>Cordón superior</p> <hr/> <p>Cordón inferior</p> <hr/> <p>Montante a compresión</p> <hr/> <p>Montante a tracción</p> <hr/> <p>Elementos de viga</p> <hr/> <p>Luz de viga</p>

Anexo N°03: Matriz de Operacionalización de instrumento



Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala				
				1	2	3	4	5
1: Variable Independiente	Resistencia de perfiles	Masa nominal por unidad de longitud.	Referencia Libros		X			
					X			
	Parámetros de calculo	Manual de puentes modulares	Referencia Libros		X			
					X			
2: Variable Dependiente	Cordón	Cordón superior	Modelamiento en el programa CSI bridge		X			
		Cordón inferior	Modelamiento en el programa CSI bridge			X		
	Montante	Montante a compresión	Modelamiento en el programa CSI bridge		X			
		Montante a tracción	Modelamiento en el programa CSI bridge			X		
	Diagonal	Elementos de viga	Modelamiento en el programa CSI bridge			X		
	Viga	Luz de viga	Modelamiento en el programa CSI bridge		X			

Anexo N°04: La data de procesamiento de datos

Resultados:

$$I_x = 1592702.32 \text{ mm}^4 \quad , \quad I_y = 189137.98 \text{ mm}^4 \quad \text{Momento de Inercia}$$

$$J = 63772.7 \text{ mm}^4 \quad , \quad \text{Propiedades flexotorsionales}$$

$$A_t = 1059.14 \text{ mm}^2 \quad , \quad \text{Area total}$$

$$r_{\text{giro}} = \sqrt{\frac{I_x}{A_t}} = 38.778 \text{ mm} \quad , \quad \text{Radio de Giro X}$$

$$r_{\text{giro-y}} = \sqrt{\frac{I_y}{A_t}} = 13.363 \text{ mm}, \quad \text{Radio de Giro Y}$$

$$L_y = 1120 \text{ mm} \quad , \quad L_x = 1120 \text{ mm} \quad \text{Longitud del elemento}$$

$$\frac{K_y \cdot L_y}{r_{\text{giro-y}}} = 83.812 \quad , \quad \text{Relación de esbeltez}$$

$$if\left(\frac{K_y \cdot L_y}{r_{\text{giro-y}}} < 200, \text{"Cumple"}, \text{"No Cumple"}\right) = \text{"Cumple"}$$

Pandeo Critico:

$$L_{efy} = K_y \cdot L_y = 1.12 \text{ m.} \quad L_{efx} = K_x \cdot L_x = 1.12 \text{ m} \quad \text{Longitud efectiva}$$

$$P_{cr_1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{efy}^2} = 30.342 \text{ tonnef} \quad P_{cr_2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{L_{efx}^2} = 255.502 \text{ tonnef}$$

Esfuerzo de Euler:

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\frac{K_y \cdot L_y}{r_{\text{giro-y}}}} = 24123.552 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Esfuerzo critico de Euler}$$

$$\gamma_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = 0.404 \quad \text{Relación límite ancho espesor}$$

$$if(\gamma_c \leq 1.5, \text{"Pandeo Inelastico"}, \text{"Pandeo Elastico"}) = \text{"Pandeo Inelastico"}$$

Esfuerzo crítico:

$$F_{cr} = if\left(\gamma_c \leq 1.5, 0.658^{\gamma_c^2} \cdot F_y, \left(\frac{0.877}{\gamma_c^2}\right) \cdot F_y\right) = 3677.216 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{cr} = 3677.216 \text{ kgf/cm}^2$$

Resistencia nominal del perfil:

$$P_n = A_t \cdot F_{cr} = 38.947 \text{ tonnef} \quad \phi_c \cdot P_n = 0.9 \cdot P_n = 35.052 \text{ tonnef}$$

Resistencia demanda/capacidad

$$P_u = 31.00 \text{ tonnef}$$

$$\frac{P_u}{\phi_c \cdot P_n} = 0.884$$

$$if(\phi_c \cdot P_n > P_u, \text{"Ok"}, \text{"No Cumple"}) = \text{"Ok"}$$

Anexo N°05: Confiabilidad y validez del instrumento

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Datos generales:
 Apellidos y nombres del experto: Pautrat Escovar Henry Gustavo
 Grado académico: Magister

Título de la investigación: **INFLUENCIA DE LOS CONTROLES DE CALIDAD EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES MODULARES, HUANUCO 2019**
 Autor del instrumento: **BACH. CASQUI CÁRDENAS, ELI ESAÚ**

Indicadores	Claridad	Objetividad	Actualidad	Organización	Suficiencia	Intencionalidad	Consistencia	Coherencia	Metodología	Conveniencia	Sub total
Criterios cuantitativos	Esta formulado con un lenguaje apropiado	Esta expresado de acuerdo a conductas observables	Este esta adecuado al alcance de la ciencia y tecnología	Existe una organización lógica	Comprende aquellos aspectos de cantidad y calidad	Adecuado para la valoración de aspectos del estudio	Basado en aspectos teorico-científicos y de tema de estudio	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables	La estrategia responde al propósito del estudio	Genera nuevas posturas en la investigación y construcción de teorías	
Deficiente 0-20%											
Regular 21-40%											
Buena 41%-60%						x			<		
Muy buena 61-80%	x	x	x		x		x	<		x	<
Excelente 81-100%				x							

Valoración: 73 %

Experto: 

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Datos generales:
 Apellidos y nombres del experto: Herrera Montes Jeannette Sofia
 Grado académico: Magister

Título de la investigación: **INFLUENCIA DE LOS CONTROLES DE CALIDAD EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES MODULARES, HUANUCO 2019**
 Autor del instrumento: **BACH. CASQUI CÁRDENAS, ELI ESAÚ**

Indicadores	Claridad	Objetividad	Actualidad	Organización	Suficiencia	Intencionalidad	Consistencia	Coherencia	Metodología	Conveniencia	Sub total
Criterios cuantitativos	Esta formulado con un lenguaje apropiado	Esta expresado de acuerdo a conductas observables	Este esta adecuado al alcance de la ciencia y tecnología	Existe una organización lógica	Comprende aquellos aspectos de cantidad y calidad	Adecuado para la valoración de aspectos del estudio	Basado en aspectos teorico-científicos y de tema de estudio	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables	La estrategia responde al propósito del estudio	Genera nuevas posturas en la investigación y construcción de teorías	
Deficiente 0-20%											
Regular 21-40%											
Buena 41%-60%		x	x	x							
Muy buena 61-80%	x									x	
Excelente 81-100%					x	x	x	x	x		x

Valoración: 70 %

Experto: 

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Datos generales:
 Apellidos y nombres del experto: Ing. Gamara Espinoza Luis
 Grado académico: Ingeniero

Título de la investigación: **INFLUENCIA DE LOS CONTROLES DE CALIDAD EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES MODULARES, HUANUCO 2019**
 Autor del instrumento: **BACH. CASQUI CÁRDENAS, ELÍ ESAÚ**

Indicadores	Claridad	Objetividad	Actualidad	Organización	Suficiencia	Intencionalidad	Consistencia	Coherencia	Metodología	Conveniencia	Sub total
Criterios cualitativos	Esta formulado con un lenguaje apropiado	Esta expresado de acuerdo a conductas observables	Este esta adecuado al alcance de la ciencia y tecnología	Existe una organización lógica	Comprende aquellos aspectos de cantidad y calidad	Adecuado para la valoración de aspectos del estudio	Basados en aspectos teoricos - científicos y de tema de estudio	Entre los indices, indicadores, dimensiones y variables	La estrategia responde al proposito del estudio	Ofrece nuevas juntas en la investigación y construcción de teorías	
Deficiente 0-20%											
Regular 21-40%											
Buena 41%-60%											
Muy buena 61-80%	X	X				X	X	X	X	X	X
Excelente 81-100%			X	X	X						

Valoración: 76 %



FICHA DE VALIDACIÓN

TUTULO: **INFLUENCIA DE LOS CONTROLES DE CALIDAD EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PUENTES MODULARES, HUANUCO 2019**
 AUTOR: **BACH. CASQUI CÁRDENAS, ELÍ ESAÚ**

DEFICIENTE	1
ACEPTABLE	2
EXCELENTE	3

Nombre y Apellidos: Mg. Pautrat Egoavil Henry Gustavo

Item	Descripción	Valoración			Total
		Deficiente	Aceptable	Excelente	
1	Resistencia de perfiles			X	3
2	Parámetros de calculo			X	3
3	Cordón		X		2
4	Montante		X		2
5	Diagonal		X		2
6	Viga			X	3

Nombre y Apellidos: Mg. Herrera Montes Jeannelle Sofía

Item	Descripción	Valoración			Total
		Deficiente	Aceptable	Excelente	
1	Resistencia de perfiles		/		2
2	Parámetros de calculo		/		2
3	Cordón			//	3
4	Montante			//	3
5	Diagonal		X		2
6	Viga		/		2

Nombre y Apellidos: Ing. Gamara Espinoza Luis

Item	Descripción	Valoración			Total
		Deficiente	Aceptable	Excelente	
1	Resistencia de perfiles			/	2
2	Parámetros de calculo		/		2
3	Cordón		//		3
4	Montante		/		2
5	Diagonal			/	2
6	Viga		/		2

Anexo N°06: Fotografía de la aplicación del instrumento



Fotografía 1. Colocado de concreto de $F'c=140 \text{ kg/cm}^2$ en el solado de la sub estructura



Fotografía 2. Encofrado tipo caravista de la sub estructura (Estribo y parapetos)



Fotografía 3. Desencofrado de la sub estructura del lado Izquierdo del puente modular



Fotografía 4. Almacenamiento de las estructuras metalizas del puente modular y de la nariz de lanzamiento



Fotografía 5. Instalación y montaje de las estructuras del puente modular mediante el uso de una excavadora para el izaje de las estructuras de gran peso



Fotografía 6. Nivelación de la estructura del puente modular, nariz de lanzamiento y cuerpo del puente (verificando los momentos para evitar el volteo de la estructura)



Fotografía 7. Lanzamiento del puente modular instalado



Fotografía 8. Limpieza y pintado de los muros contraimpacto del puente modular