



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación estructural del puente reticulado Quiquijana mediante el método LRFD, con prueba de carga estática y dinámica, Cusco - 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Arenas Quispe, Bladimir Cesar (ORCID 0000-0002-6892-6497)

ASESOR:

Mg. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA — PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios, por haberme permitido culminar mis estudios superiores y cumplir mi objetivo ser un profesional en ingeniería civil.

A mis padres Silverio y María que siempre me inculcaron los deseos de seguir estudiando y a su apoyo incondicional en toda mi etapa de formación profesional.

A mis hermanos Mauro, Yolanda, Luz Marina, Hugo, Ana, Doris, Danny y Milagros que siempre confiaron en mí por su apoyo incondicional.

Y finalmente a mis tres amores Vilma, Brianna y Luciana que fueron mi fuerza y motivo de superación.

Agradecimiento

A la Universidad Cesar Vallejo por brindarme la oportunidad de culminar mi formación académica, así mismo al asesor quien supo guiarme para lograr este objetivo.

Agradezco también al Ing. Vidal Américo Mamani Ttito, por darme su confianza y compartir sus conocimientos que fueron parte fundamental para concretizar mi desarrollo profesional.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO	6
III.METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.	15
3.2. Variables y operacionalización:.....	15
3.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimiento.	18
3.6. Método de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos.	19
IV. RESULTADOS	20
V. DISCUSIONES	50
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS	60

Índice de tablas

Tabla N° 1: Resultados de ensayo de esclerometría en estribos.....	22
Tabla 2: Máximos esfuerzos axiales de camión de diseño.	31
Tabla 3: Máximos esfuerzos axiales de camión de prueba.....	35
Tabla 4: Máximos esfuerzos axiales de camión de prueba.....	36
Tabla 5: Cuadro de deflexiones producidas por el camión de diseño.	37
Tabla 6: Cuadro de deflexiones producidas por el camión de prueba.....	38
Tabla 7: Comparativa de los esfuerzos axiales de camión de diseño y prueba de carga.	39
Tabla 8: Lecturas de prueba estática en campo y condiciones de estabilización.	41
Tabla 9: Criterios de remanencia.	41
Tabla 10: Deflexiones obtenidas en campo.....	42
Tabla 11: Comparativa de frecuencias máximas obtenidas en campo y modelo matemático.....	45
Tabla 12: Comparativa de deflexiones de los tres modelos evaluados.....	45
Tabla 13: Comparativa de deflexiones de los tres modelos evaluados.....	47

Índice de figuras

Figura 1: Puente Quiquijana.....	20
Figura 2: Perfil longitudinal de la superestructura del puente.....	21
Figura 3: Sección transversal de tablero.....	22
Figura 4: Sección transversal de tablero.....	23
Figura 5: Plano en planta de estribos.....	23
Figura 6: Sección transversal de estribo.....	24
Figura 7: Vista de la superestructura.....	24
Figura 8: Elementos estructurales dañados.....	25
Figura 9: Vista de estribo derecho.....	26
Figura 10: Vista de vigas transversales de tablero.....	27
Figura 11: Modelamiento en el software CSI Bridge.....	28
Figura 12: Vista de planta superior e inferior de estructura.....	28
Figura 13: Vista de planta superior e inferior de estructura.....	29
Figura 14: Máximos esfuerzos producidos por el camión de diseño.....	31
Figura 15: Cargas de camión de diseño.....	32
Figura 16: Posición de cargas de camión de diseño.....	32
Figura 17: Posicionamiento de camión de prueba en planta.....	33
Figura 18: Posicionamiento en perfil longitudinal del camión de prueba.....	33
Figura 19: Posicionamiento de camión de prueba en sección transversal de tablero.....	34
Figura 20: Camión para la prueba de carga.....	35
Figura 21: Esfuerzos de camión de prueba.....	35
Figura 22: Deformaciones producidas por camión de diseño.....	37
Figura 23: Deformaciones producidas por camión de prueba.....	38

Figura 24: Ubicación del camión de prueba en centro de luz del puente.	40
Figura 25: Ubicación del acelerómetro en centro de luz del tablero.	43
Figura 26: Frecuencia calculada en software Signal Express.	44
Figura 27: Frecuencia calculada en software CSI Bridge con el camión de prueba.	44
Figura 28: Esfuerzos producidos por camión AASHTO LRFD 2017, perfil longitudinal del puente.	46
Figura 29: Esfuerzos producidos por camión AASHTO LRFD 2017, en planta.	46
Figura 30: Esfuerzos producidos por camión AASHTO LRFD 2017, en isometría.	47
Figura 31: Esfuerzos producidos por camión de diseño de 25 ton, perfil longitudinal del puente.	48
Figura 32: Esfuerzos producidos por camión de diseño de 25 ton, en planta.	48
Figura 33: Esfuerzos producidos por camión de diseño de 25 ton, en isometría.	49

Resumen

El presente trabajo de esta investigación, tuvo como objetivo principal la evaluación estructural del puente Quiquijana, ubicado en el distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco. El puente es reticulado tipo Warren con montante de tablero mixto de cincuenta y un metros de longitud, con una antigüedad aproximada de cincuenta y seis años de vida útil fue diseñado con camiones de carga inferiores a las actuales como es el AASTHO LRFD vigente, para ello se realizó fichas de inspección y protocolo de prueba de carga estática y dinámica e indicando las ubicaciones de los puntos de control y monitoreo, para obtener de manera más precisas las deflexiones de los elementos y sus principales propiedades dinámicas para dar validez al modelo numérico calibrado para que esta sea un instrumento de evaluación de este puente, de acuerdo a las características de la estructura se realizó la prueba de carga estática para demostrar su deformación. Estos resultados se utilizaron para calibrar un modelo numérico de elementos finitos tridimensional del puente. Los resultados de los cálculos numéricos sirvieron para limitar y validar la restricción del paso de vehículos de más de veinticinco toneladas.

Palabras clave: Evaluación estructural, prueba de carga estática y dinámica, puente reticulado, estructura metálica y deflexiones.

Abstract

The main objective of this research work was the structural evaluation of the Quiquijana bridge, located in the district of Quiquijana, province of Quispicanchis, department of Cusco. The bridge is a Warren-type truss with a mixed deck stanchion fifty-one meters long, with an approximate age of fifty-six years of useful life. It was designed with cargo trucks inferior to the current ones, such as the current AASTHO LRFD, for this, inspection sheets and static and dynamic load test protocol were made, indicating the locations of the control and monitoring points, to obtain more precisely the deflections of the elements and their main dynamic properties to validate the numerical model. calibrated for this to be an evaluation instrument for this bridge, according to the characteristics of the structure, the static load test was carried out to demonstrate its deformation. These results were used to calibrate a three-dimensional finite element numerical model of the bridge. The results of the numerical calculations served to limit and validate the restriction of the passage of vehicles of more than twenty-five tons.

Keywords: Structural evaluation, static and dynamic load test, truss bridge, metallic structure and deflections.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú por su irregular forma topográfica, las carreteras cuentan con estructuras de puentes de diferentes longitudes y formas, estas estructuras que son diseñadas para soportar diferentes cargas y que deben garantizar su soportabilidad durante su periodo de vida útil, estas también a su vez han venido sufriendo fallas en el comportamiento estructural de su superestructura ocasionando su desplome, perjudicando a los usuarios de la vía y en general a toda la población que transita sobre el puente. La existencia de estas estructuras en las vías diseñadas con normativas y reglamentos que, en su etapa de construcción, se encontraban vigentes han venido sufriendo cambios de acuerdo a las cargas vehiculares que se fueron incrementando a razón de la necesidad que tiene la sociedad y las industrias, este aumento de la capacidad de carga de los camiones ha generado una incertidumbre de su capacidad de operatividad de los puentes antes construidos. Los puentes construidos forman una estructura indispensable en la red de comunicación del transporte terrestre eficaz. Sin embargo, la capacidad de mantenimiento requiere de métodos y procedimientos definidos para verificar las condiciones de deterioro y la capacidad de servicio.

Para (Martinez, y otros, 2020) el deterioro de los elementos de la estructura del puente, son causados por diferentes factores comunes como son el uso continuo, los cambios de factores climáticos, los movimientos de asentamientos o sísmicos y la antigüedad de las estructuras. Son razones por las cuales es de importancia realizar una inspección rigurosa.

Razón por el cual es de mucho interés realizar la inspección y evaluación de los puentes en servicio con los varios métodos existentes, en el presente trabajo de investigación, la evaluación se realizará mediante de pruebas de carga estática y dinámica utilizando el método LRFD para idealizar el modelamiento en un software de diseño de puentes. Las pruebas de carga de la superestructura de los puentes antes de ser puesta en servicio tal como lo indica según (Manual de puentes, 2018) es necesario realizar este tipo de pruebas para verificar si las deflexiones calculadas son iguales en sitio.

En la actualidad en el Perú no existe una normativa específica que exija la evaluación con pruebas prueba de carga de la superestructura de los puentes en servicio o para fines de recepción, el motivo es en algunos casos la parte económica, que por ser trabajos de especialidad son costosos y encarecen el proyecto, así como también a falta de tecnología adecuada para la realización de estas solo los puentes de envergadura se tienen programado su mantenimiento.

En Italia (Villani, 2020) nos indica que los factores climáticos como vientos, sales, cloruros, descargas eléctricas entre otros afectan a los elementos que conforman la estructura del puente, y por otro lado la velocidad y frecuencia de los vehículos que transitan, son causas que provocan el deterioro de los materiales, es por eso que las nuevas formulaciones de las estructuras deben diseñarse teniendo en cuenta los cambios climáticos y así tener una seguridad vial.

Según informa (Paredes, 2020) especialista del centro de Operaciones de Emergencia Nacional, el colapso del puente Pillpinto, en circunstancia que un vehículo de carga (volquete de 15 m³), de placa EGG-438 perteneciente a la municipalidad distrital de Pillpinto, transitaba por dicho puente.

El diario (Voces, 2012) informa que el puente Gera sobre el río del mismo nombre, que unía las provincias de Moyobamba y San Martín colapso el 5 de marzo del 2012 en precisos momentos en que procedía a colocar la carpeta asfáltica sobre este puente nuevo, el hecho ocurrió cuando la máquina asfáltadora y un camión volquete venían realizando los trabajos antes mencionados y tenían un avance aproximado de 10 metros, se verificó que la viga longitudinal se fracturó en 8 pedazos.

El presente trabajo de investigación, realizará una evaluación estructural y prueba de carga para fines de reforzamiento del puente Quiquijana, ubicado en el distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco, este puente es de tipo reticulado de estructura metálica y tablero mixto.

Es por ello que en la actual investigación se ha planteado el siguiente **problema general**: ¿Cómo se desarrollara la evaluación estructural del puente reticulado Quiquijana mediante el método LRFD con prueba de carga estática y dinámica, Cusco 2021?, **los problemas específicos**: 1 ¿De qué manera se realizara la inspección del puente reticulado Quiquijana, según la Guía para Inspección de Puentes 2019?, problema específico 2. ¿Cómo se efectuará la prueba de carga estática y dinámica según la Norma Española, Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carreteras 1999, para el puente reticulado Quiquijana, ¿Cusco 2021?, problema específico 3. ¿Cuál será el modelo numérico calibrado para la superestructura del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021?, problema específico 4. ¿Cómo se verificará los elementos estructurales mediante el software CSI Bridge de la superestructura del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021?

Justificación de la investigación.

Justificación Teórica

En la presente tesis propondremos una la evaluación estructural mediante la realización de prueba de carga estática y dinámica de la superestructura de un puente para fines de inspección, cuando es sometido a cargas estáticas y dinámicas basado en la normativa, Guía para inspección de puentes 2019, también el Manual de puentes 2018 consideran estos análisis como base para realizar nuestra comparación y tener una demostración a cabalidad de los resultados.

Justificación técnica

Según (Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la red de carreteras del Estado, 2012), Las pruebas de carga para puentes en servicio es preceptiva según la normativa vigente, “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP)”, que en su capítulo 5 establece la realización de estas pruebas de carga, y estas pueden ser estáticas y dinámicas siendo la primera de manera obligatoria.

Justificación social

La realización de esta evaluación estructural mediante pruebas de carga estática y dinámica son para puentes en servicio, el cual dará la seguridad de transitar por encima de estas estructuras por parte de los transeúntes que frecuentarán su paso sin el temor de sufrir cualquier colapsamiento.

Justificación económica

Para puentes con muchos años en servicio se hace de necesidad primordial este tipo de evaluación estructural y el costo de mantenimiento será de acuerdo al grado de ineficiencia de la estructura, los resultados serán evaluados para un posible reforzamiento o cambio de la misma.

Objetivos:

Objetivo general: Desarrollar la evaluación estructural del puente reticulado Quiquijana mediante el método LRFD con prueba de carga estática y dinámica, Cusco 2021. Los **objetivos específicos:** 1. Realizar la inspección y evaluación estructural del puente reticulado Quiquijana según la Guía para Inspección de Puentes 2019, **Objetivos específicos** 2. Efectuar la prueba de carga estática y dinámica según la Norma Española, Recomendaciones para la realización de Pruebas de Carga de recepción en puentes de carretera 1999, aplicado en puentes en servicio, Cusco 2021, **objetivos específicos** 3. Obtener un modelo numérico calibrado mediante el software CSI Bridge del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021, **objetivos específicos** 4 Verificar los elementos estructurales mediante el método LRFD del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021.

Hipótesis:

Hipótesis General: En la evaluación estructural del puente reticulado Quiquijana mediante el método LRFD influenciara la prueba de carga estática y dinámica, Cusco 2021. Así mismo, la **hipótesis específico** 1. En la inspección y evaluación del puente reticulado Quiquijana influirá la Guía para Inspección de Puentes 2019. Hipótesis específico, 2. La prueba de carga estática y dinámica según la Norma Española, Recomendaciones para la realización de Prueba de Carga de recepción en puentes de carretera 1999, influenciara en la aplicación para puentes en servicio,

Cusco 2021. Hipótesis específico, 3. El modelo numérico calibrado contribuirá en las evaluaciones futuras del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021. Hipótesis específico, 4. La verificación de los elementos estructurales por el método LRFD contribuirá a dar seguridad en la Transitabilidad del puente reticulado, Cusco 2021.

II. MARCO TEORICO

Para definir el marco teórico es necesario conceptualizar algunos conceptos para la guía y desarrollo de esta investigación como análisis estructural, documentos de inspección de puentes, manual de puentes 2018 vigente, y normas AASHTO 2017. Los puentes son estructuras que sirven para cruzar obstáculos y han venido evolucionando a lo largo del tiempo, mejorando cada vez en tecnología, materiales y metodología de la concepción geométrica, esto gracias a que el hombre ha querido superar obstáculos con longitudes cada vez más largas. A su vez estas han sufrido diversas fallas de colapsamiento esto provocada por diversas causas como procedimiento constructivo, diseño estructural o sobre cargas aplicadas a la superestructura de los puentes entre otros.

Antecedentes internacionales

Como antecedentes internacionales tenemos a (Goneyeche, y otros, 2015) su objetivo es desarrollar una metodológica de evaluación de la capacidad de carga de los puentes existentes apoyados en el análisis de pruebas de carga estática los resultados indican la reducción en un 25%, los mínimos con RF es 1.88 y 1.56, esto quiere decir la viga puede resistir la carga de diseño. Demostrando que el desarrollo de la construcción fue adecuado. También los valores mínimos ajustados, corresponden a CC-14 estipulada en el nuevo código de diseño sísmico de puentes de Colombia, son 2.77 y 2.29. Estos resultados aumentaron en un 8.8% debido a agentes exteriores como la temperatura, se concluye que existen factores externos que influyen en los resultados obtenidos como tipo de estructura, vibración en estructuras continuas, pendiente, zonas de variante temperatura, años de servicio de los puentes, en los programas analíticos.

También tenemos como antecedente internacional a (Romero, 2015) cuyo objetivo es proponer una metodología para realizar pruebas de cargas en puentes. Al tener analizada la estructura con cargas que pasaban por el puente, se estableció los estados de cargas y con ello se propuso un modelo preliminar de la estructura obteniendo del mismo los valores esperados y admisibles de la prueba de carga, pero se cometieron errores de medición al no realizar con los equipos adecuados y

tampoco se midieron las deformaciones en los apoyos. La conclusión es para tener resultados confiables se debe de tomar todas las previsiones del caso.

Otro antecedente internacional es de (Lantsoght, 2019) cuyo objetivo es de desarrollar criterios de parada para brindar seguridad estructural, teniendo como resultado los ensayos de prueba de carga, se ubica las cargas combinadas directo a la estructura y soportara adecuadamente las cargas de este código. Los criterios de parada son límites de las respuestas estructurales que se evalúan en tiempo real durante la prueba para evaluar la seguridad. Los ensayos de carga contienen criterios de parada para la flexión. La capacidad de servicio debería dicta la durabilidad futura de la estructura, se concluye que, utilizando la parte teórica sobre las grietas más resaltantes en elementos de hormigón armado en flexión, se obtiene un criterio de parada para la deformación del hormigón.

Antecedentes nacionales

Tenemos a (Villar, 2018), cuyo objetivo fue la comparar las deformaciones reales en campo con prueba de carga estática y las deformaciones analíticas obtenidas del modelo numérico en el programa CSI Bridge. La metodología empleada es aplicada y diseño de investigación experimental y se obtuvo como resultado que las deformaciones en campo en la posición de los camiones en paralelo son mayores a lo calculado en el programa CSiBridge, en la otra posición ubicada los 4 camiones en paralelo a la viga tirante las deformaciones son menores al programa CSI Bridge, la **conclusión** es que las deformaciones reales varían con respecto al modelamiento numérico por el software CSiBridge, por la ubicación de los camiones de carga siendo las deformaciones reales mayores que del modelo numérico en donde se aplica la carga.

También se tiene como antecedente nacional a (Arostegui Castro, y otros, 2020) tiene como objetivo principal evaluar el grado de vulnerabilidad estructural del puente Pumachaca en el Distrito de Querobamba - Sucre – Ayacucho. La metodología fue aplicada y diseño aplicativo. Obtuvo resultado en el modelamiento matemático en el software CSI Bridge tuvo una deflexión de -1.1145 centímetros para una longitud de 12, al realizar la evaluación del puente por el método inductivo

verificando el mal estado de algunos elementos de la superestructura. Conclusiones, la deflexión obtenida por el software se encuentra dentro de los parámetros de la norma AASHTO, también se concluyó que el puente se encuentra en mal estado, que el 66% de la estructura se encuentra en un grado de vulnerabilidad de nivel 3.

El antecedente nacional de (Flores Arevalo, 2020) tiene como objetivo principal es desarrollar un procedimiento que permita evaluar la operatividad de un puente en condiciones de servicio, mediante técnicas de ingeniería inversa y modelamiento numérico. La metodología de investigación es ingeniería inversa. Resultados, en la evaluación visual la estructura se encuentra clasificado como estado regular, el ensayo se realizó con dos camiones que hacen un peso total de 53.24 ton, en la primera posición en la viga aguas arriba y aguas abajo se obtuvieron deformaciones de 16.50mm y 14.50 mm, en la segunda posición se obtuvo 12.50mm y 15.00mm, las vigas tienen una recuperación elástica, en el Modelamiento Numérico, se calibro con dos niveles de ingeniero y estaciones totales. Y se obtuvo el modelo calibrado con una deflexión de 16.515 mm contra 16.50 mm del ensayo. **Conclusiones** la estructura se encuentra en estado regular de servicio, la viga de aguas abajo presenta una mayor rigidez que la de aguas arriba

Otros idiomas

Como antecedente tenemos a (Tang, 2018) que como objetivo tiene si los cambios de temperatura del aire influyen en la deformación de la estructura del puente de arco de hormigón, más aún en centro del vano, hay una relación lineal del deformamiento y la temperatura. Las medidas de las deformaciones empezaron disminuir cuando subió la temperatura del concreto por lo cual hubo una variación en la medición. Además, se estableció el modelo de elementos finitos para calcular el valor teórico, y además se comparó con los valores de la práctica. La diferencia entre el valor de la deformación teórica y el de la práctica era de unos 2 cm entre el valor teórico y datos de seguimiento. Es esencial controlar las deformaciones debidas a de la temperatura para el puente de arco de hormigón, especialmente su en especial su vano medio, durante su funcionamiento a largo plazo.

También tenemos a (Stop Criteria for Flexure for Proof Load Testing of Reinforced Concrete Structures, 2019) tiene visión general de las normas actuales para pruebas de carga de puentes el cual compara las normas existentes en otros países.

(Nguyen, y otros, 2016) indica que las deflexiones se miden comúnmente con una nivelación, sin embargo, hoy en día la electrónica digital puede medir las magnitudes estáticas, así como también la inclinación y la detección de deformaciones, los sensores de deformación de buena precisión y bien calibrados son alternativas para poder medir, la fotogrametría y GPS son elementos son alternativas para detectar las deflexiones de la superestructura de los puentes.

Informes científicos

De acuerdo a (Commander, 2019) su objetivo fue encontrar la capacidad de carga de un puente, se tuvo como resultado de la investigación es capacidad realizar el equipamiento e instrumentación de equipos electrónicos para mejorar y hacer un salto en el avance de los procesos de evaluación existentes. Concluye que en la actualidad existe métodos más especificados para evaluar un puente a través de la prueba de carga.

Otro antecedente tenemos a (Lantsoght, y otros, 2017), su objetivo tiene analizar las respuestas de las estructuras con un modelo matemático. El modelo servirá para determinar un modelo calibrado, estos modelos tienen la capacidad inmediata de dictar las respuestas de las estructuras sin que ellas tengan que sufrir algunos. Las cargas tienen que ser representativas y se tiene que evaluar la estructura en cada momento de su aplicación.

Según (Bolaños-Avila, 2019), la seguridad permite evaluar el estado límite verdadero de los elementos, a partir de la descripción estadística real de la carga y los parámetros de resistencia. Por el cual los resultados son más próximos y más certeros para la seguridad estructural del puente en estudio.

Concepto de un puente: (Rodriguez Serquen, 2017) Un puente es una obra que une y que se elabora para dar continuidad a una carretera o vía. Se somete a todas

las vías de comunicación terrestre, así como a tuberías acueductos, oleoductos y otros.

También (Construmatica, 2010) lo define como estructuras que conecta dos sitios alejados. El puente sirve para poder llegar a donde es imposible llegar por las deformantes formas geográficas que tiene la superficie terrestre, que interfiera la libre circulación de personas y vehículos. Los puentes están conformados por dos partes principales como son:

Subestructura: Se encarga de transferir las cargas desde la superestructura hacia el suelo de fundación o roca de cimentación (Romo, 2018) y está conformadas por:

- Estribos. Son estructuras que se ubican al comienzo y al finalizar el puente y varían su forma geométrica de acuerdo a las características topográficas y necesidades de construcción.

Superestructura: Es la parte del puente en donde actúa la carga móvil vehicular y peatonal (Romo, 2018) , ejemplos de tableros de los puentes de tramo recto (de concreto, metálicos o mixtos), puentes arco, tirantes y el pilote de un puente atirantado, sistema de cables de puente colgante. También los llamados elementos funcionales (Guia para Inspeccion de Puentes, 2019).

Puentes Reticulados: Un puente reticulado está conformado por estructuras de montantes y refuerzos. Están conformados de a menudo por elementos triangulares para el diseño, ya que transmiten las fuerzas a la estructura (Puentes, 2015). Los puentes reticulados pueden ser de diversos tipos de materiales como madera o de metal.

ANALISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructuras se realiza para determinar las acciones sobre parte o total de la estructura para evaluar los estados limite y de servicio estos corresponden al análisis estructural. Este proceso se desarrolla de acuerdo a un modelo que combine todas las variables posibles que tengas mayor influencia en el comportamiento de la estructura.

Según (Perez, y otros, 2006) al realizar varios análisis de compatibilidad y coherencia de los modelos en los programas de especialidad se puede ganar una precisión haciendo la comparación de los resultados y su relación con lo que realmente sucede con la estructura.

Según (Identificación y Análisis de Patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales, 2011) para el diseño del puente es fundamental la estructura que no siempre prima como importante ya que intervienen otros factores como el costo, estética, funcionalidad es así que el cálculo estructural se adecua a estos factores.

GUIA DE INSPECCION DE PUENTES

La finalidad principal de la guía de inspección de puentes es contribuir a la mejora de la conservación de la estructura del puente, así como también indica los procedimientos, equipos y personal experimentado en la realización de la inspección para así detectar los elementos que se encuentran con deterioro. Considerando cada elemento parte de la superestructura, subestructura, dispositivos de apoyo, barreras de seguridad, barandas (Guía para Inspección de Puentes, 2019).

Como parte de la inspección visual se realizará la elaboración de los planos de la superestructura del puente, verificación estructural mediante el software CSI Bridge de los elementos para conocer la capacidad de carga del puente, de la subestructura se realizará la inspección superficial. Por otro lado, no se realizará los ensayos hidráulicos de caudales máximos, así como la capacidad portante.

Procedimiento de evaluación.

El procedimiento a utilizar se seguirá de acuerdo a lo estipulado en el Manual de Puentes 2018 del MTC según naturaleza del puente, material, sistema estructural, forma, clasificación de vía, capacidad de tráfico, diseño sísmico, sistema constructivo.

Inspección visual y evaluación de daño.

La evaluación visual es la herramienta principal para evaluar y clasificar el daño que tiene la estructura con la finalidad de corregirlos para generar una seguridad vial.

Equipos y/o herramientas para la inspección de campo.

Equipo Técnico:

- Profesional especializado en inspección de puentes, técnico previamente calificado.
- Laboratorista, ayudantes.

Herramientas de purificación de elementos. Cepillo de alambres, cinturón de herramientas, pala plana, chalecos reflectantes, guantes, botas.

Herramientas de ayuda visual. flexómetro, distanciómetro, lupa, vernier, nivel de carpintero, termómetro, tiza, caja de herramientas, medidos de espesor de pintura.

Herramientas de comunicación. Cámara fotográfica, radios, teléfono celular, filmadora, guía de inspección de puentes, fichas.

Herramientas de acceso. Escalera, arnés de seguridad, camioneta 4x4, chalecos salvavidas.

Equipos para verificación de niveles. Nivel topografico, estación total.

Equipos de seguridad. Malla de acordonamiento, cintas de seguridad, conos reflectantes, botiquín de seguridad.

Prueba de carga. Son Es un método para verificar los elementos de una estructura que son sometidos a una carga (Guia para Inspeccion de Puentes, 2019).

Para puentes puestas en servicio son un conjunto de operaciones que consiste en reproducir diferentes estados de carga antes de poner en servicio a su vez sirve para verificar si el proceso de construcción ha sido desarrollado adecuadamente, esta prueba se desarrolla con el fin de demostrar la similitud de las deflexiones causadas por el tren de carga en situó con el molo matemático del proyecto (Recomendaciones para la realizacion de pruebas de carga de recepcion en puentes de carreteras, 1999).

Al realizar la evaluación estructural con este ensayo se tiene las siguientes ventajas:

- Dispone de suficientes datos para definir los niveles de carga viva segura para puentes existentes.
- Se dan casos en que el modelo analítico de la capacidad de carga, es relativamente baja con la comparación de los ensayos no destructivos de los elementos de la estructura que son más realistas.
- Para estructuras de puentes que ya tuvieron procesos de reforzamiento anteriores el modelo analítico ya no es de mucha precisión porque a lo largo del tiempo ya interactúan varios elementos.
- Al analizar los elementos de la estructura con partes deterioradas esta prueba es importante ya que muestra el estado real de los elementos.

Prueba de carga estática. En esta prueba se verifica el estado estructural del puente como parte de una evaluación donde se conocerán los elementos que tienden a fallar (Yepes Piqueras, 2016)

Prueba de carga dinámica. Su propósito es determinar datos adicionales de la prueba estática, señalan ciertos criterios de anomalías intrínsecas, así como a su réplica ante excitaciones externas (Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carreteras, 1999).

Cargas.

Como bases teóricas relacionada a las variables tenemos lo siguiente:

Cargas permanentes. Son cargas que están en la estructura toda su vida útil o actúan en un solo sentido y alcanzar su estado límite. También es el peso propio de la estructura, superficie de rodadura, rieles entre otros, también se le considera al empuje de tierras, sobre carga de tierras entre otros (Manual de Puentes, 2018).

Cargas variables. Son cargas que tienen provocan cambios constantes. Estas cargas incluyen el peso de los vehículos, así como también de las personas de otros elementos flexibles o movibles, el frenado, aceleración, fuerza centrífuga, empujes laterales, empujes de agua y supresión, proceso constructivo, efectos de variación de temperatura, sismo, aceleraciones de viento y otros (Manual de Puentes, 2018).

Cargas excepcionales. Son aquellas cargas que la probabilidad que pase en muy baja, pero si se deben de considerar en los cálculos, estos pueden ser colisiones, explosiones o incendios (Manual de Puentes, 2018).

Variable independiente:

- Principales Conceptos Teóricos.

Según (Aldana, 2021) La prueba de carga en puentes previa a la recepción y puesta en servicio, consiste en reproducir uno o varios estados de carga sobre la superestructura del puente, con el propósito de comprobar y verificar que el proyecto y el proceso constructivo de la obra se han llevado a cabo de un modo satisfactorio. Dicho de otra manera, la estructura es sometida a uno o varios estados de cargas, y se analiza el comportamiento de la estructura ante dicho estado de cargas.

De acuerdo a (Manual de Puentes, 2018) la prueba se efectuará para corroborar los datos calculados en el diseño con lo obtenido en campo, y su elaboración del plan de prueba de carga está a cargo el ingeniero responsable del proyecto.

Variable dependiente

- Principales Conceptos Teóricos.

Para conservar los puentes será necesario inspeccionar la estructura para así diagnosticar el estado integral de la estructura.

Evaluación estructural. De acuerdo a (Barrantes, 2017) la evaluación superficial de puentes se realiza para describir todas las partes de los elementos que constituyen dicha estructura para así reconocer a los elementos deteriorados y llevar un monitoreo para las siguientes inspecciones. La descripción de su estado o condición servirá para garantizar la seguridad del usuario y además administrar las labores de mantenimiento posteriores

Según (Roberto, 2013) Los elementos efectuados a cargas se deforman. Gran porcentaje de casos no se pueden visualizar a simple vista porque son

mínimos para cual será necesario un instrumento de apoyo para su medición.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

El tipo de investigación a utilizar será la investigación aplicada. Nuestro problema surgido desde la parte del comportamiento estructural este puede generar resultados que si se pueden aplicar (que tienen aplicación en el entorno donde se realiza) entonces afirmaremos que esta investigación se considera aplicada. Técnicamente esta aplicación del tipo de investigación no debe ser forzosamente directa, pero nuestros resultados si se considerarán de mucha aceptación e interés no será de provecho para nuestras aplicaciones en la práctica. Este tipo de informe no termina con estos resultados, nuestra labor de la investigación no culmina con este informe de nuestros resultados, más bien con la indagación de más vías para la aplicación del tema en la práctica.

De acuerdo a lo que indica (Hernández Sampieri, 2014, p. 129) El estudio concentro en una investigación experimental, en el cual se manipula de manera intencional la variable independiente y las variables dependientes se pueden manipular así indica.

A: Prueba de Carga Estática y Dinámica (Independiente)

B: Evaluación estructural con el método LRFD (Dependiente)

Mostrando las variables estas podemos cambiar intencionalmente para obtener información adecuada de acuerdo a los criterios requeridos.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable independiente

Prueba de carga estática y dinámica

Definición conceptual: Son pruebas que sirven para verificar el estado de los elementos de la estructura, para ello se realiza un modelo matemático para su diseño y se comprueba en campo.

Las pruebas de carga para puentes en servicio se realizan para dar seguridad necesaria, garantizan el funcionamiento de la estructura en su conjunto, también se verifica los materiales utilizados y el proceso constructivo que se haya realizado con la calidad planteada.

Definición operacional: Realizar una inspección visual y llevarlo a un modelo matemático para corroborar las deflexiones teóricas con las realizadas en campo.

Dimensiones:

- Propiedades geométricas, físicas – mecánicas.
- Tren de carga.
- Deflexiones verticales.
- Registro de aceleración.

Indicadores:

- Longitud de cada elemento estructural (m)
- Tonelada (tn).
- Desplazamientos (mm).
- Aceleración (m/s²).
- Software CSI Bridge.

Escala:

- Milimétrica

3.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población

Para la presente investigación se delimita la población que conglomerará a los puentes existentes reticulados tipo Warren con montante de un solo tramo en la región Cusco – Perú.

Según describe (Hernández Sampieri, 2014, p. 217), una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

Muestra

Las muestras no probabilísticas o dirigidas, asumen manejos de selección orientado a características de las investigaciones, adicionando criterios estadísticos de generalizaciones como indica (Hernández Sampieri, 2014, p. 189).

Para este caso la muestra de la investigación se escogió de manera no probabilístico de tipo intencional o por interés del investigador. Para este proyecto de investigación se tomará como muestra el puente Quiquijana, de tipo reticulado con montante de tablero mixto, ubicado en el distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchis, región Cusco, construido en el año 1966 con una vida útil de 56 años, de un solo tramo el cual considera que la muestra desarrollada viene ser representativa del conjunto delimitado.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para realizar esta tesis se utilizará el instrumento de Modelamiento de datos de la estructura existente. De la misma forma los alcances para los cálculos y determinación de resultados se basará en softwares especializados para modelamiento numérico tal es nuestro caso será el CSI Bridge v23, fichas de campo de las mediciones de deformaciones, así como las normas vigentes en el Perú como en otros países.

Los elementos de recolección de información son aquellos que pueden presentarse como un recurso para el almacenamiento, a través del cual se pueden organizar las informaciones más relevantes de la investigación. (Arias, 2012, p. 68).

La información se obtendrá de las pruebas de carga y de la inspección a realizar de la estructura del puente.

3.5. Procedimiento.

Para la elaboración de la presente tesis de investigación se seguirá las siguientes fases de trabajo.

En gabinete:

- Recopilación de la información de los planos de los elementos estructurales, materiales, proceso constructivo, resistencia de concreto, periodo de ejecución, y software de modelamiento en la etapa de diseño.
- Análisis y modelamiento estructural en el programa CSI Bridge.
- Evaluación comparativa de resultados obtenidos en gabinete y campo.

En campo:

- Inspección visual de la estructura del puente.
- Ubicación de los ejes para la posición del tren de carga en el tablero del puente.
- Ubicación de deformímetros instrumento que servirá para medir las deflexiones verticales en los puntos donde se desea medir.
- Inicio de la prueba de carga con el ingreso de los camiones volquete de 15 m³ de capacidad.
- Toma de datos de acuerdo al protocolo de prueba de carga.
- Retiro de los camiones para evaluación del criterio de recuperación de la superestructura.

3.6. Método de análisis de datos.

Para el procesamiento de la información, se realizarán recopilación de datos de la ejecución del proyecto y datos obtenidos en campo; modelamiento numérico en el software CSI Bridge de la misma forma, se implementaran hojas de cálculos en Excel para la elaboración de los resultados a través de la estadística descriptiva, el método será inductivo según (Sampieri, 2006) indica, el método inductivo se aplicara en los principios descubiertos anteriormente a casos particulares, a partir de un enlace de juicios.

3.7. Aspectos éticos.

Cabe mencionar que esta tesis de investigación se encuentra enfocado cuidadosamente en los valores y principios éticos que garantizan la confiabilidad de la información obtenida, así como también de los informantes, la exclusividad de la validez de los datos obtenidos en campo y gabinete, así como también el seguimiento realizado por parte de especialista en esta área.

IV. RESULTADOS

Resultados del Objetivo Especifico 1

En la actualidad el puente vehicular Quiquijana, se encuentra en servicio, está ubicado a 3220 m.s.n.m en las coordenadas 225131.63E, 8470199.14N en la red vial camino vecinal CU-1335 en la ciudad de Quiquijana, distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco.

Este puente fue construido en el año 1966, con casi 56 años de antigüedad, este puente es importante porque une a las comunidades campesinas de la margen izquierda como son Pata Quehwar, Antisuyo, Usi y otros que se encuentran en esta margen del río.

Es de sección de tablero mixto de 50.00 m de luz, tiene dos tipos de apoyo uno móvil y otro fijo, formado por dos vigas en celosía y con 13 vigas diafragmas, el puente es de una sola vía de calzada 3.50m.

La estructura se diseñó con camión HS-20 – 44, y circulan carros con peso menor a 25 Tn, esto debido a la existencia de canteras de agregados en la margen izquierda del río. En la siguiente figura podremos observar el panorama del puente.



Figura 1: Puente Quiquijana

Fuente: Elaboración propia

Especificaciones técnicas del Puente.

Tipo de puente : Reticulado tipo Warren

N° tramos	:	01 Tramo
Longitud	:	51 m.
Calzada	:	3.56 m. (ancho)
N° de vías	:	01
Ancho de vereda	:	0.55 m.
Espesor de tablero	:	0.20 m.
Por su finalidad	:	Vial – urbano
Forma en planta	:	Recto.
N° de vigas transversales	:	13 und.
Carga de diseño	:	HS 20 – 44
Tipo de estribo	:	Por gravedad.
Concreto en losa	:	$f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
Acero estructural	:	Acero A36.
Acero de refuerzo	:	$f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

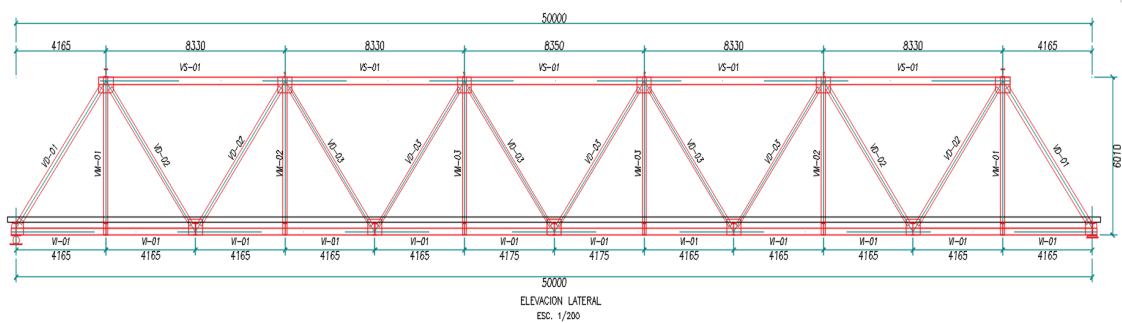


Figura 2: Perfil longitudinal de la superestructura del puente.

Fuente: Elaboración propia

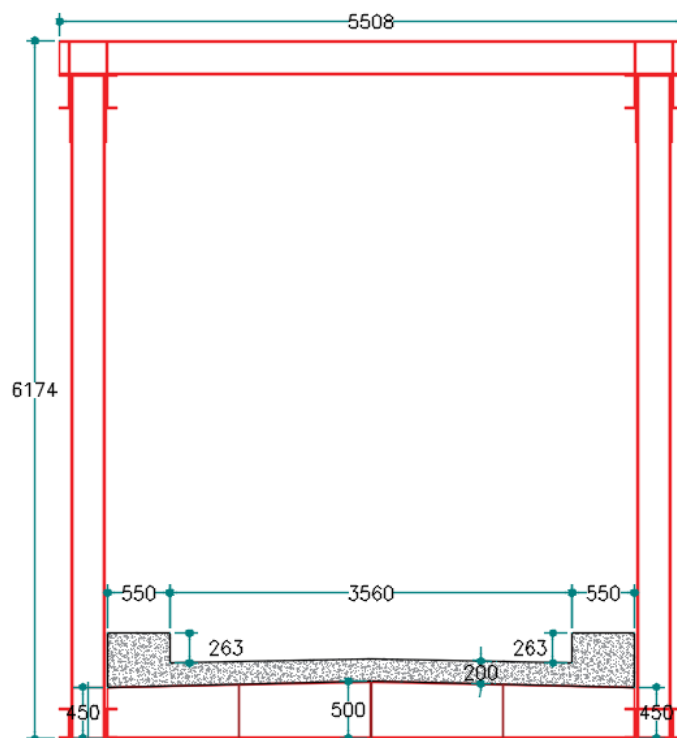


Figura 3: Sección transversal de tablero.

Fuente: Elaboración propia

Subestructura.

La subestructura del puente es de concreto ciclópeo, de acuerdo a los ensayos de esclerometría se pudo obtener los siguientes resultados según el cuadro siguiente.

Elemento estructural	Resistencia	Observacion
Estribo derecho	238 kg/cm ²	Resistencia adecuada
Estribo izquierdo	238 kg/cm ²	Resistencia adecuada
Losa	310 kg/cm ²	Resistencia adecuada

Tabla N° 1: Resultados de ensayo de esclerometría en estribos.

Fuente: Elaboración propia



Figura 4: Sección transversal de tablero.

Fuente: Elaboración propia

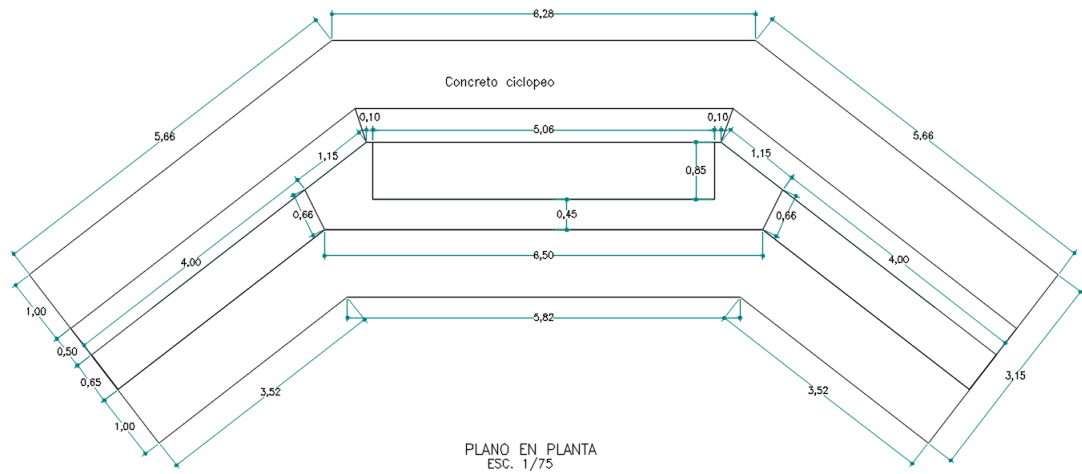


Figura 5: Plano en planta de estribos.

Fuente: Elaboración propia

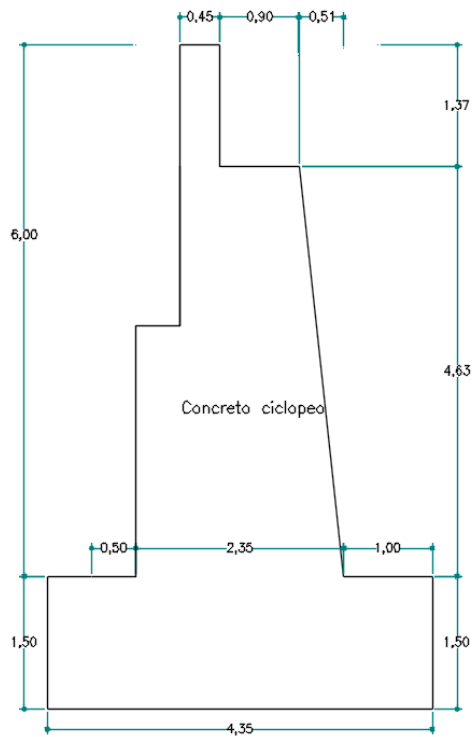


Figura 6: Sección transversal de estribo.

Fuente: Elaboración propia

Superestructura.

La superestructura del puente está conformada por vigas de acero estructural A36, cuya unión de los elementos está hecha con pernos Bundu 10k y una losa de concreto armado.



Figura 7: Vista de la superestructura.

Fuente: Elaboración propia

Inspección visual y evaluación de daños.

Para inspección visual y evaluación del deterioro de los elementos del puente se utilizaron plan plantillas de la guía de inspección de puentes 2019, donde se detalla las condiciones del puente y sus elementos estos se muestran en los anexos N° 04, 05, 06 y 07.

En el anexo N° 8.1 se puede observar la corrosión y algunas deformaciones de algunos elementos estructurales y no estructurales, en la siguiente figura se muestra lo observado.



Figura 8: Elementos estructurales dañados.

Fuente: Elaboración propia

Se efectuó la inspección en campo para la obtener de la información de los elementos estructurales y plasmarlo en planos, (superficie visible)

Las partes de la estructura inspeccionada son:

Estribos. Los estribos son los que reciben la carga directamente del puente se inspecciono de manera visual y se evaluó las condiciones físicas (el concreto), zapata, cuerpo de estribo, viga de apoyo, aleros, parapeto.



Figura 9: Vista de estribo derecho.

Fuente: Elaboración propia

Cimentaciones. La zapata y la capacidad portante del suelo no se pudo verificar debido a que éstas se encuentran cubiertas y protegidas por rellenos compactados.

Vigas celosía. De la inspección de campo se verifico de las vigas son acero estructural A36 estas se unen con el tablero de concreto por medio de vigas transversales.

Losa. Se realizó una inspección se verifico que la losa es de concreto armado que cumple la función de soportar las cargas móviles esta se encuentra unida a través de conectores de corte.

En la losa se evaluó las fisuras existentes.

El sistema de drena en la losa se encuentran obstruidos los cuales ocasionan acumulación de tierra y otros.

Al culminar la inspección de determino que la estructura y se clasifico como “REGULAR” por la presencia de elementos corroídos próximos al apoyo, fisuras en la losa, desgaste de la superficie de rodadura, así como la duda en la continuidad de operación. Ver anexo N° 10.



Figura 10: Vista de vigas transversales de tablero.

Fuente: Elaboración propia

Resultados del Objetivo Especifico 2

Modelamiento Analítico de la Estructura

La inspección realizada al puente sirvió para tener las medidas de los elementos y estos fueron llevados a un modelo matemático de acuerdo a los planos elaborados en los anexos 9.1, 9.2, 9.3 y 9.4

Para este modelo analítico se consideraron las cargas que actúan en la estructura, la forma geométrica y como es su estado elástico, las especificaciones fueron dadas de acuerdo a las propiedades de los materiales. Además, la estructura tiene apoyo derecho fijo y apoyo izquierdo móvil.

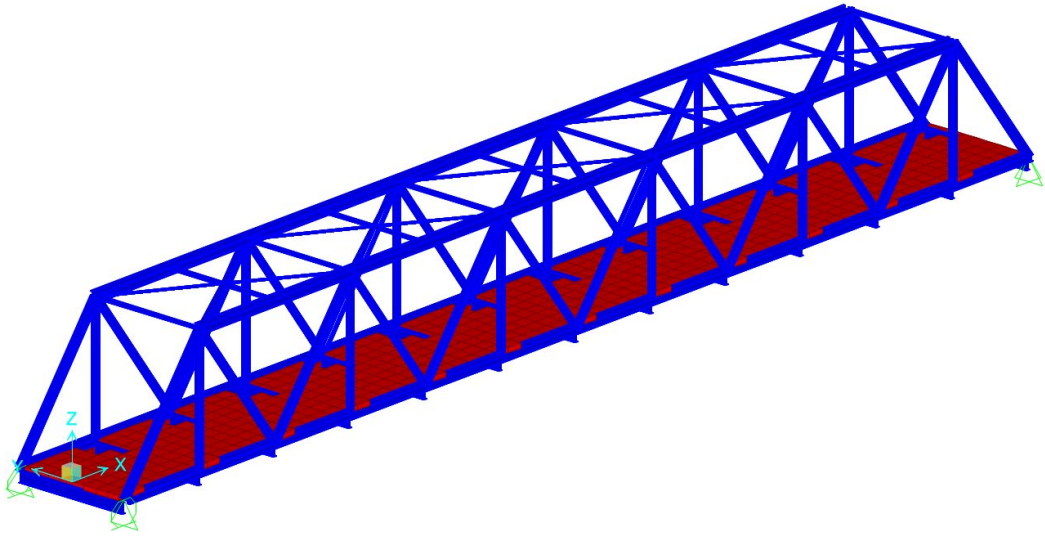


Figura 11: Modelamiento en el software CSI Bridge.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Para el modelamiento se necesitaron los planos elaborados luego de la inspección realizada, los planos de planta y elevación de la estructura se muestran en la figura 12 y 13, en los cuales se puede visualizar la geometría del puente reticulado Quiquijana.

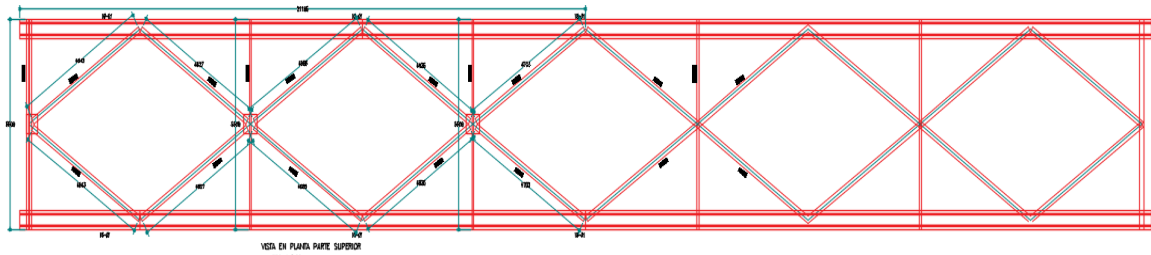


Figura 12: Vista de planta superior e inferior de estructura.

Fuente: Elaboración propia

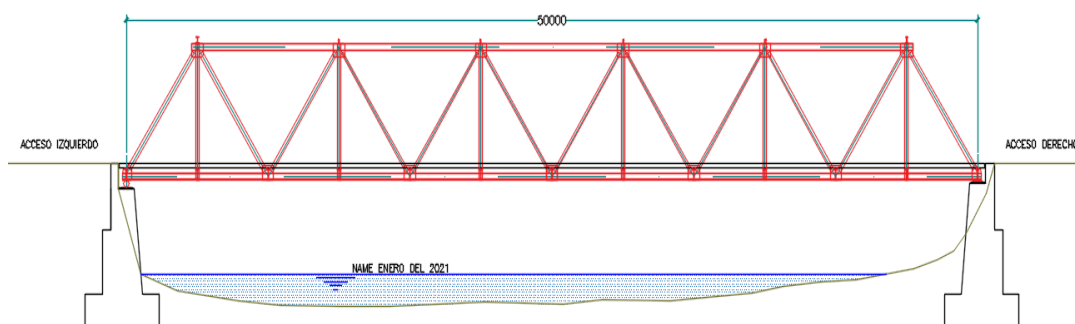


Figura 13: Vista de planta superior e inferior de estructura.

Fuente: Elaboración propia

Propiedades de los materiales

Concreto.

Del cuadro 01 el concreto tiene:

Concreto en losa	:	$F'c=28$ MPa
El módulo de Poisson	:	0.20.

Acero Estructural.

Estructura metálica	:	Acero ASTM A36
Coefficiente de Expansión Térmica:		$A=11.7 \times 10^{-6}/^{\circ}C$
Módulo de elasticidad	:	$E_a=200$ GPa
Coefficiente de Poisson	:	$U=0.3$
Limite Elástico mínimo	:	$F_y=250$ MPa
Resistencia a la tracción mínimo	:	$F_u=400$ MPa

Prueba de Carga Estática

La prueba se realizó el 09 de febrero del 2022, con la autorización de la sub gerencia de infraestructura de la Municipalidad Distrital de Quiquijana, esta entidad se encarga de realizar los mantenimientos, se suspendió el tráfico desde las 1:00 pm hasta las 5:00 pm. Esta suspensión se dio previa coordinación con las instituciones como policía nacional, serenazgo autoridades locales y la suspensión se difundió por las emisoras radiales locales.

Se desarrolló el protocolo de ensayo de prueba de carga estática y dinámica como indica en el anexo N° 11. Se realizó con un camión de las siguientes características.

Aplicación de Cargas

El peso de la carga a aplicar a la superestructura del puente es representativo a las acciones de servicio por tratarse de un puente en servicio.

Se considera coherente obtener un nivel de carga para 5 años como periodo. Por eso se recomienda que los pesos del tren de carga real este dentro del 60% de valores teóricos producidos esto se encuentra definido en la “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carreteras (IAP)”. Por otro lado, de ninguna manera el tren de carga superara las solicitaciones producidas más de 70% de los esfuerzos teórico (Recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción en puentes de carreteras, 1999)

Es importante tener en cuenta que la estructura se encuentra muchos años en servicio razón por el cual se tomaron las previsiones del caso en cuanto a la toma de decisión de optar el modelo del tren de carga adecuado para la prueba.

Es necesario indicar que al aplicar las cargas a la superestructura esta se deformará y cambiará su forma, este trabajo de investigación se ciñe en el rango elástico después de retirar las cargas el estado de la estructura vuelve al estado inicial con cero deformaciones, para el caso del rango plástico se deberá al exceso de cargas sometidas al tablero, efecto será que no volverá a su estado inicial o natural, el cual tendrá deformaciones constantes.

En la figura 14 se visualiza los esfuerzos máximos que se obtienen en las bridas principales siendo el máximo a $1/3L$ con 11.04 Ton-m. Este valor nos permite calcular los parámetros aceptables para llevar a cabo la prueba de carga.

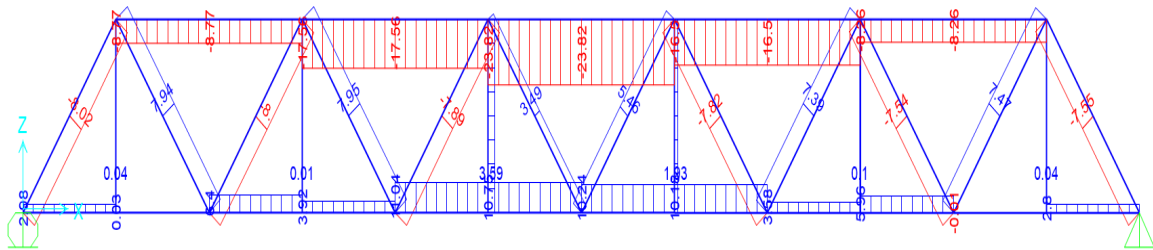


Figura 14: Máximos esfuerzos producidos por el camión de diseño.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Puente Quiquijana	Camion de diseño
0 L	2.98 Ton-m
1/6 L (8.00m)	6.40 Ton-m
1/3 L (17.00 m)	11.04 Ton-m
1/2 L (25.00 m)	10.24 Ton-m
2/3 L (33.00 m)	10.18 Ton-m
5/6 L (42.00 m)	5.96 Ton-m
L (50.00 m)	2.80 Ton-m

Tabla 2: Máximos esfuerzos axiales de camión de diseño.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Verificación de cargas de camión de diseño

En el software CSI Bridge se modelo con un tren de carga de 25 toneladas alcanzado un promedio del 60% del peso permitido en el puente.

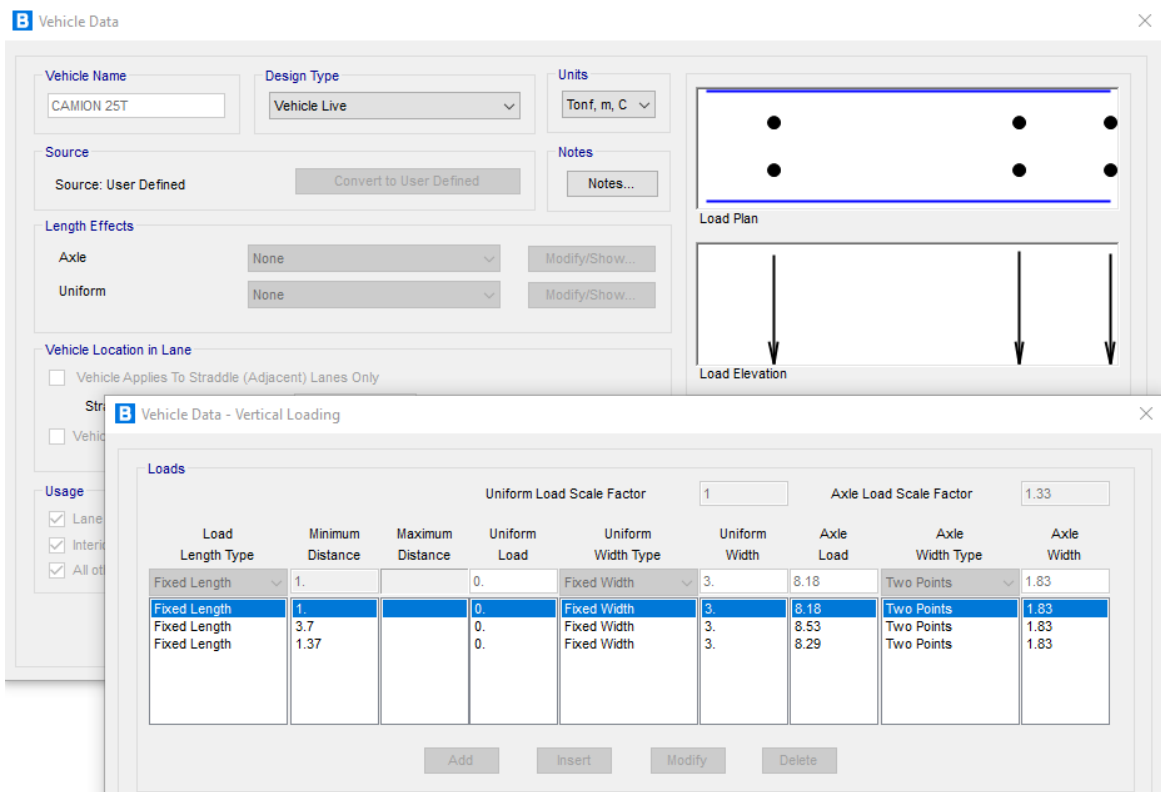


Figura 15: Cargas de camión de diseño.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

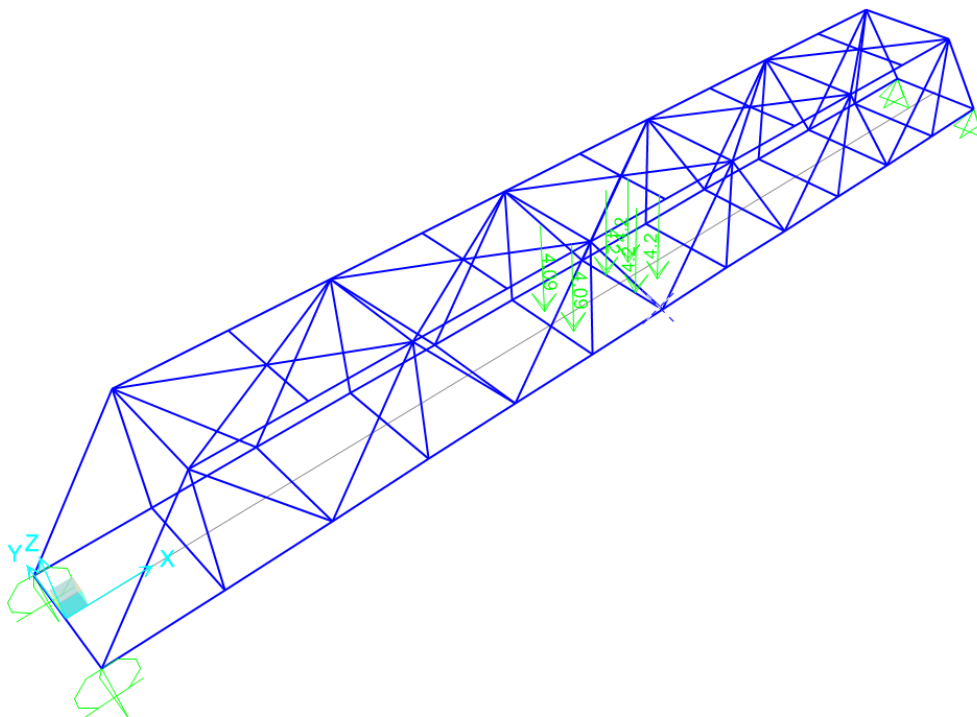


Figura 16: Posición de cargas de camión de diseño.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Verificación del camión de la Prueba de Carga

La posición de los estados de cargas, se debe de marcar los ejes donde se posicionarán las cargas, de tal manera que estas estarán ubicadas con suficiente precisión. En las figuras 16 y 17 se muestra el grafico donde se ubicarán las cargas.

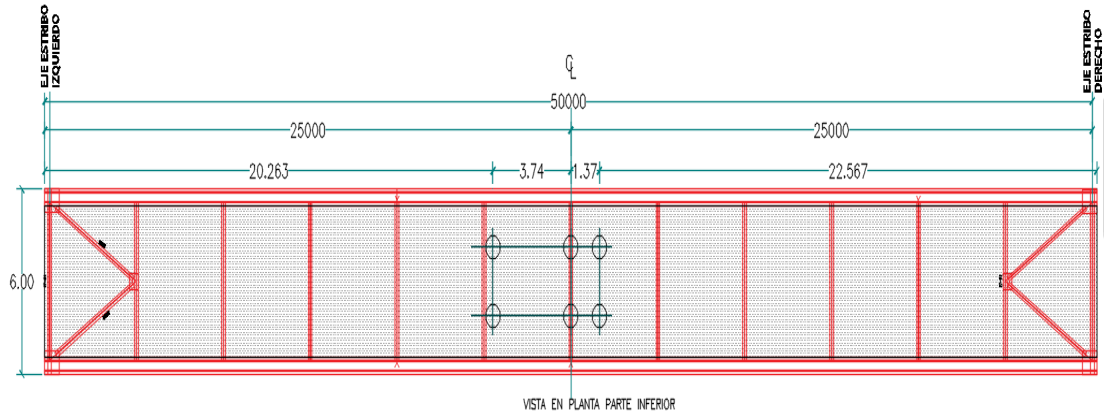


Figura 17: Posicionamiento de camión de prueba en planta.

Fuente: Elaboración propia

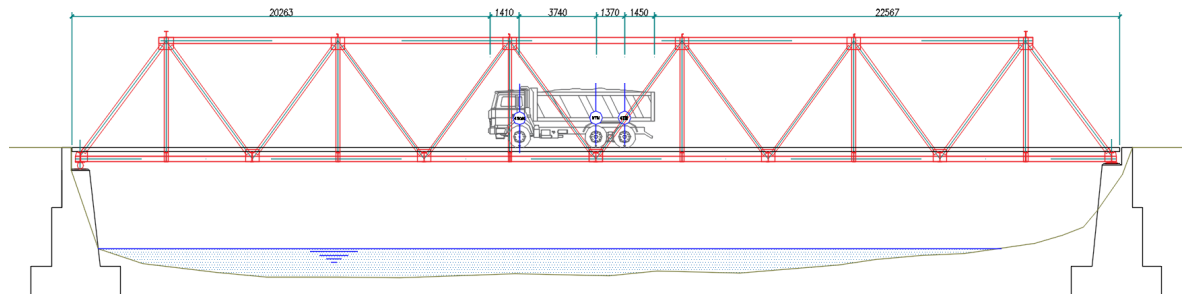
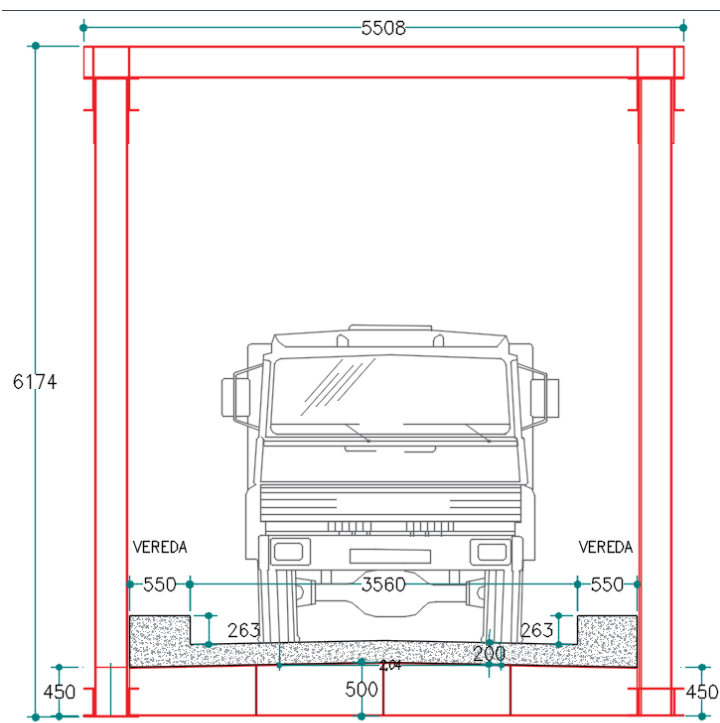


Figura 18: Posicionamiento en perfil longitudinal del camión de prueba.

Fuente: Elaboración propia



SECCION TRANSVERSAL DE TABLERO

Figura 19: Posicionamiento de camión de prueba en sección transversal de tablero.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de Cargas.

Al analizar la estructura y procesando los datos en el software especializado en este tipo de estructuras el “CSI Bridge”, el cual permitirá demostrar informes basados en el modelamiento de las deformaciones en diversas zonas del tablero y hacer la evaluación del comportamiento estático del puente al ser sometido a este tipo de cargas. En la siguiente figura se muestra las cargas del camión de prueba.

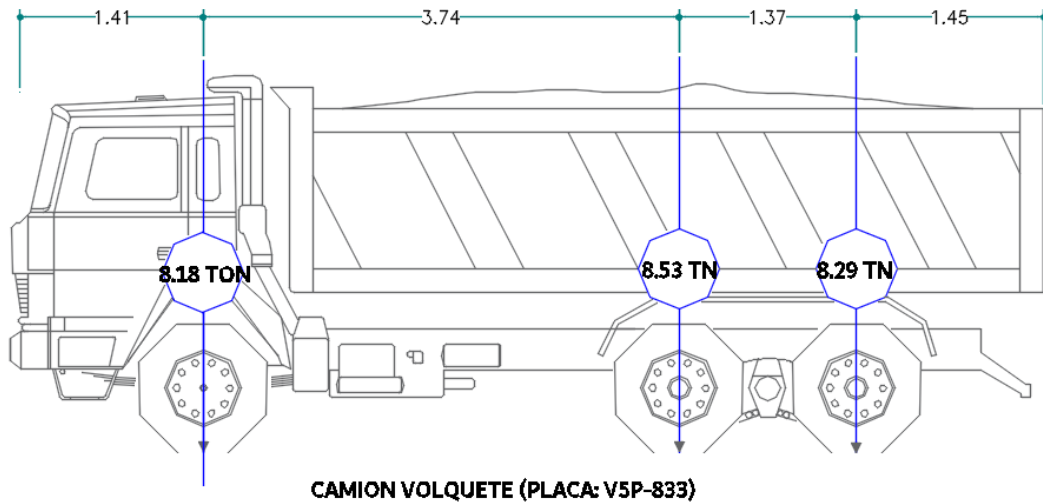


Figura 20: Camión para la prueba de carga.

Fuente: Elaboración propia

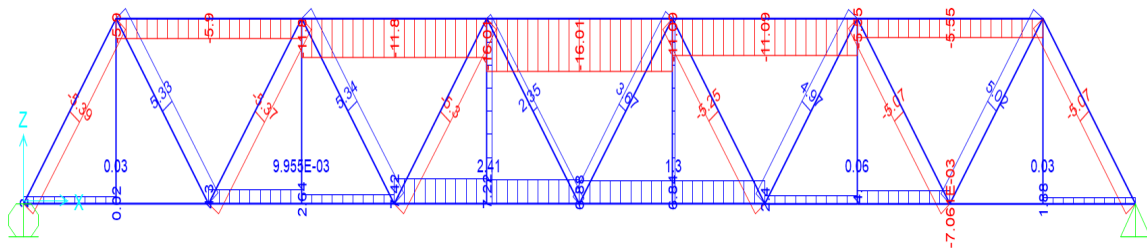


Figura 21: Esfuerzos de camión de prueba.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Puente Quiquijana	Modelo que representa la prueba de carga
0 L	2.00 Ton-m
1/6 L (8.00m)	4.30 Ton-m
1/3 L (17.00 m)	7.42 Ton-m
1/2 L (25.00 m)	6.88 Ton-m
2/3 L (33.00 m)	6.84 Ton-m
5/6 L (42.00 m)	4.00 Ton-m
L (50.00 m)	1.88 Ton-m

Tabla 3: Máximos esfuerzos axiales de camión de prueba.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede los valores calculados deben entrar en relación con los valores del camión de diseño. A continuación, visualizaremos el cuadro comparativo de esfuerzos del camión de prueba y del modelo matemático.

Puente Quiquijana	Camion de diseño	Modelo que representa la prueba de carga	%
0 L	2.98 Ton-m	2.00 Ton-m	67.11%
1/6 L (8.00m)	6.40 Ton-m	4.30 Ton-m	67.19%
1/3 L (17.00 m)	11.04 Ton-m	7.42 Ton-m	67.21%
1/2 L (25.00 m)	10.75 Ton-m	6.88 Ton-m	67.19%
2/3 L (33.00 m)	10.18 Ton-m	6.84 Ton-m	67.19%
5/6 L (42.00 m)	5.96 Ton-m	4.00 Ton-m	67.11%
L (50.00 m)	2.80 Ton-m	1.88 Ton-m	67.14%

Tabla 4: Máximos esfuerzos axiales de camión de prueba.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3 permite visualizar la comparación de los esfuerzos obtenidos en donde podemos indicar que los valores teóricos del camión de diseño y de prueba es 67.21%, este valor se encuentra en el rango de 60% a 70% de los esfuerzos. Este resultado es aceptable porque la superestructura puede pasar a rango elástico.

Deflexiones de la Superestructura del puente Quiquijana

- **Desplazamientos producidos por camión de diseño**

En la figura 18 podemos visualizar las deformaciones producidas por el camión de diseño.

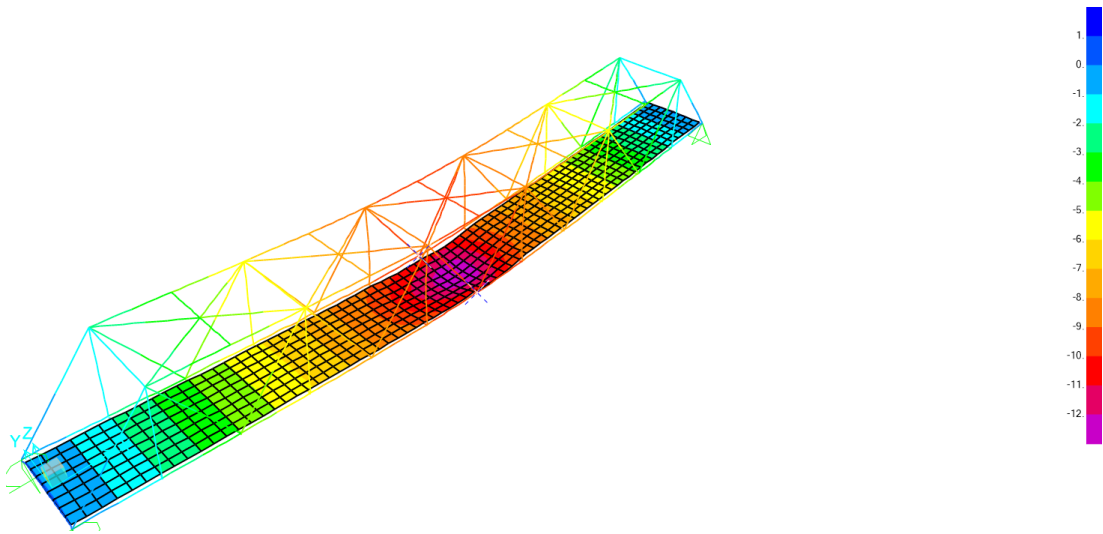


Figura 22: Deformaciones producidas por camión de diseño.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Puente Quiquijana	Camion de diseño
0 L	0.00 mm
1/6 L (8.00m)	-4.10 mm
1/3 L (17.00 m)	-7.72 mm
1/2 L (25.00 m)	-9.60 mm
2/3 L (33.00 m)	-7.50 mm
5/6 L (42.00 m)	-3.98 mm
L (50.00 m)	0.00 mm

Tabla 5: Cuadro de deflexiones producidas por el camión de diseño.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

De los resultados obtenidos del modelo matemático se tiene como deflexión máxima de 9.603 mm, este resultado se dio en el centro de luz del puente.

- **Desplazamientos producidos por camión de prueba.**

En la figura 23 podemos visualizar la deformación producida por el camión de prueba modelado con las cargas obtenidas en campo.

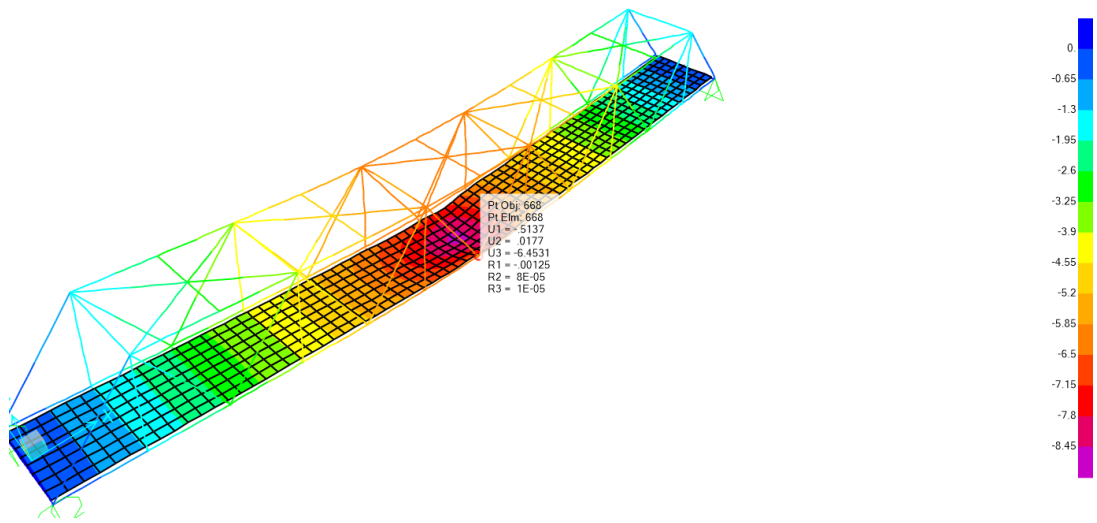


Figura 23: Deformaciones producidas por camión de prueba.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Puente Quiquijana	Modelo que representa la prueba de carga
0 L (0.00 m)	0.00 mm
1/6 L (8.00m)	-2.76 mm
1/3 L (17.00 m)	-5.20 mm
1/2 L (25.00 m)	-6.45 mm
2/3 L (33.00 m)	-5.04 mm
5/6 L (42.00 m)	-2.67 mm
L (50.00 m)	0.00 mm

Tabla 6: Cuadro de deflexiones producidas por el camión de prueba.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Del modelamiento de con el camión de prueba se obtuvo una deflexión máxima de 6.453 mm, en el centro de luz del tablero.

Para hacer un cuadro comparativo de las deflexiones se tomaron como puntos de referencia los nodos ubicados a distancias en metros a 0, $\frac{1}{6}L$, $\frac{1}{3}L$, $\frac{1}{2}L$, $\frac{2}{3}L$, $\frac{5}{6}L$, L de la superestructura, las cargas se ubicaron en las mismas posiciones para los dos tipos de modelamiento. En la siguiente figura se muestra el cuadro comparativo de deflexiones.

Puente Quiquijana	Camion de diseño		Modelo que representa la prueba de carga		%
0 L	0.00	mm	0.00	mm	0.00%
1/6 L (8.00m)	-4.10	mm	-2.76	mm	67.32%
1/3 L (17.00 m)	-7.72	mm	-5.20	mm	67.36%
1/2 L (25.00 m)	-9.60	mm	-6.45	mm	67.19%
2/3 L (33.00 m)	-7.50	mm	-5.04	mm	67.20%
5/6 L (42.00 m)	-3.98	mm	-2.67	mm	67.09%
L (50.00 m)	0.00	mm	0.00	mm	0.00%

Tabla 7: Comparativa de los esfuerzos axiales de camión de diseño y prueba de carga.

Fuente: elaboración propia.

De las deflexiones presentadas en el puente Quiquijana el modelo de la prueba de carga en campo representa el 67.19% de la deformación del camión de diseño de 25 ton, en el centro de luz de la superestructura (1/2 L) siendo este el punto más crítico.

Ejecución de la prueba de carga

Para la ejecución de la prueba de carga se realizó con un peso total de 16.80 Ton, esto incluye el peso del camión de 13.10 Tn más 2 m³ de material granular (hormigón) cuyo peso es de 3.7 Tn, la verificación del peso del material se encuentra en el anexo N° 12, se tuvo una sola posición de carga que fue en el centro de luz del tablero.

Procedimiento de carga y descarga del camión de prueba.

El camión hizo su ingreso y salida al puente con una velocidad no mayor de 5 km/h para evitar los efectos dinámicos en la estructura, estas se ubicaron en los ejes trazados de acuerdo al protocolo presentado en el anexo N° 13.

La duración de la prueba duro 30 minutos tomando lecturas al inicio antes del ingreso del camión, otra lectura se realizó una vez ubicada la carga en su posición al cual se le llamo lectura inicial L₀, luego se tomó la lectura a los 10 minutos transcurridos, una vez cumplido los criterios de estabilización se procedió a retirar los camiones para luego hacer otra lectura pasados los 10 minutos, en el cual la estructura volvió a su estado inicial. En la siguiente figura

se puede verificar la ubicación de tren de carga y de los elementos de lectura de deformaciones.



Figura 24: Ubicación del camión de prueba en centro de luz del puente.

Fuente: Elaboración propia

Las lecturas de las deformaciones se realizaron con dos niveles topográficos, dos miras que se ubicaron en los extremos del tablero en el centro de luz.

Resultados de la Prueba de Carga

Las lecturas en campo y los criterios de estabilización fueron tal como se muestra en el siguiente cuadro.

PUENTE QUIQUIJANA PRUEBA DE CARGA SUPERESTRUCTURA LECTURA DE NIVEL TOPOGRAFICO								
PROCESO DE CARGA (CRITERIO DE ESTABILIZACIÓN)								
Nivel Topografico(mm.)	L_i	L_o	$f_o = (L_o - L_i)$	L_{10}	$f_{10} = (L_{10} - L_o)$	$f_{10} - f_o$	$0.05f_o$	Condición
D-1	1,160.000	1,166.500	6.500	1,166.800	6.800	0.300	0.325	ESTABILIZADO
Viga aguas arriba								
D-2	1,108.00	1,114.400	6.400	1,114.700	6.700	0.300	0.320	ESTABILIZADO
Viga aguas abajo								

Tabla 8: Lecturas de prueba estática en campo y condiciones de estabilización.

Fuente: Elaboración propia

Las lecturas de las deformaciones se realizaron con dos niveles topográficos calibrados (ver anexo xx),

PROCESO DE DESCARGA (CRITERIO DE REMANENCIA)				
Lectura a 10 minutos de descarga L'_{10}	f_r	remanencia (α)	Condición	Lectura despues de 30 minutos de descarga
1,160.00	0.00	0%	ADMISIBLE	0.00
1,108.00	0.00	0%	ADMISIBLE	0.00

Tabla 9: Criterios de remanencia.

Fuente: Elaboración propia

Donde:

L_i = Lectura inicial sin carga

L_o = Lectura inicial con carga

f_o = Flecha inicial ubicado las cargas

L_{10} = Lectura a los 10 minutos con carga

f_{10} = Flecha a los 10 minutos con carga

L'_{10} = Lectura después de 10 minutos retirado la carga

F_r = Valores remanentes

CALCULO DE DEFLEXIONES	
Puente Quiquijana	Deflexion (mm)
1/2 L (viga aguas arriba)	6.50
1/2 L (viga aguas abajo)	6.40

Tabla 10: Deflexiones obtenidas en campo.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos de ambas vigas fueron 6.50 mm, en la brida aguas arriba y 6.40mm en la brida aguas abajo llegando a la conclusión haciendo un promedio de 6.45 mm, este resultado nos servirá para el calibrado del modelo matemático de la superestructura.

Prueba de carga Dinámica

La prueba de carga dinámica sirve para adicionar los conocimientos en cuanto al comportamiento dinámico de la estructura. Para (Arias Hofman, y otros, 2015) los ensayos dinámicos tienen el objetivo de obtener los parámetros tales como las frecuencias, modos de vibración, el amortiguamiento o el coeficiente de impacto, este ensayo también sirve para identificar características intrínsecas y confort, también a detectar movimientos imprevistos, vibraciones de la estructura.

Instrumentación

La prueba de carga dinámica sirve para medir desplazamientos, deformaciones, aceleraciones, y velocidad y otros, para la toma de datos se utilizó un acelerómetro y se ubicó en la vereda de la estructura, como se muestra en la siguiente imagen.

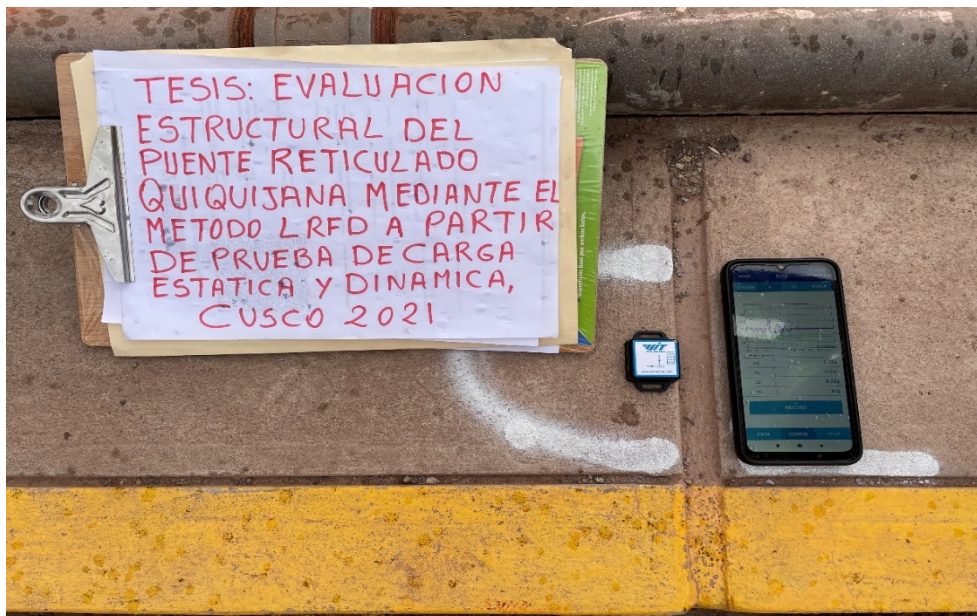


Figura 25: Ubicación del acelerómetro en centro de luz del tablero.

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento de ejecución de prueba

La prueba de carga se realizó con un camión tipo canter de peso 5 ton, el cual hizo su paso por el puente con una velocidad constante de 10 km/h, la lectura de los puntos con un acelerómetro, para llevarlo y procesarlo en el programa Microsoft excel. Luego se procesó en el software Signal Express. En la siguiente figura se muestra la frecuencia obtenida.

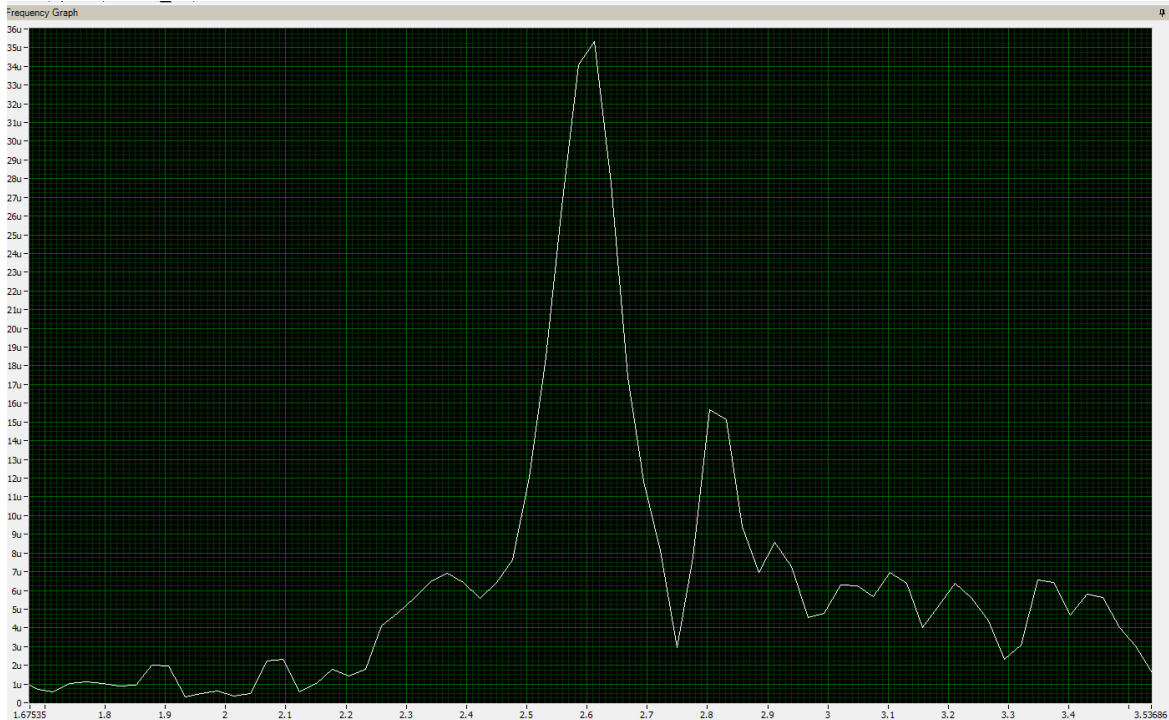


Figura 26: Frecuencia calculada en software Signal Express.

Fuente: Software Signal Express

Del cálculo realizado se obtuvo una frecuencia de 2.61 Hz, este resultado servirá para obtener el modelo calibrado de la estructura.

La frecuencia obtenida por el camión de prueba fue 2.62 Hz tal como se muestra en la siguiente figura.

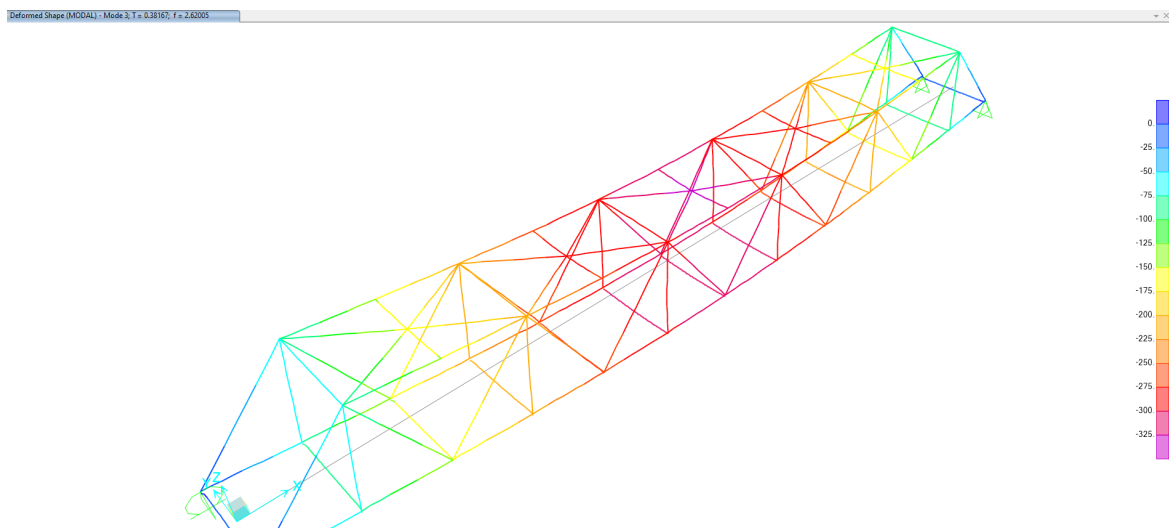


Figura 27: Frecuencia calculada en software CSI Bridge con el camión de prueba.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Puente Quiquijana	Signal Express	CSI Bridge	%
Camion de Prueba de Carga	2.61 Hz	2.62 Hz	99.62%

Tabla 11: Comparativa de frecuencias máximas obtenidas en campo y modelo matemático.

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior se puede apreciar los valores obtenidos que se encuentran próximos entre sí, lo cual garantiza el trabajo bien realizado de la prueba de carga y del modelo matemático el cual tiene una precisión de 99.62 %. El resultado es confiable el modelo numérico calibrado.

Resultados del Objetivo Especifico 03

Calibración de Modelo Numérico.

El modelo analítico obtenido fue sometido a las cargas del camión y se obtuvieron los pesos por cada eje los cuales se aplicaron en la estructura de la siguiente manera.

Puente Quiquijana	Camion de diseño	Modelo que representa la prueba de carga	Prueba en campo
0 L	0.00 mm	0.00 mm	0 mm
1/6 L (8.00m)	-4.10 mm	-2.76 mm	
1/3 L (17.00 m)	-7.72 mm	-5.20 mm	
1/2 L (25.00 m)	-9.60 mm	-6.45 mm	-6.45 mm
2/3 L (33.00 m)	-7.50 mm	-5.04 mm	
5/6 L (42.00 m)	-3.98 mm	-2.67 mm	
L (50.00 m)	0.00 mm	0.00 mm	0 mm

Tabla 12: Comparativa de deflexiones de los tres modelos evaluados.

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios que se optaron para la calibración del modelo matemático a partir de la comparación de deformaciones del camión de diseño, camión de prueba y de la prueba en campo fue.

La estructura reticulada después del lanzamiento y la primera fase se fraguado del concreto cumple la función de soportar todas las cargas muertas provocando que la estructura metálica trabaje al máximo, estos valores no pueden ser considerados al 100% en la prueba de carga ya que al alcanzar la resistencia requerida del concreto esta produce una rigidez que actúa junto a la estructura reticulada.

El calibrado se obtuvo del procesamiento del modelo matemático considerando el proceso constructivo de la superestructura. Así podemos dar validez como modelo calibrado al modelamiento matemático con el camión de diseño.

Resultados del Objetivo Especifico 04

Verificación de los elementos de la superestructura

Se realizó la verificación de elementos de la superestructura con camión de diseño de 25 ton, teniendo resultados de algunos elementos llegando al límite de su capacidad tal como se muestra en la siguiente imagen.

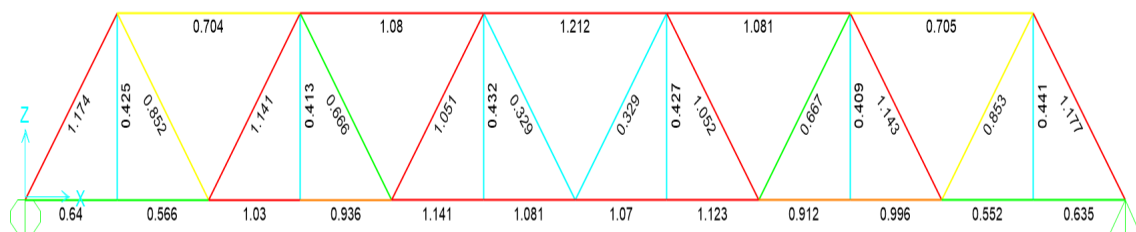


Figura 28: Esfuerzos producidos por camión AASHTO LRFD 2017, perfil longitudinal del puente.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

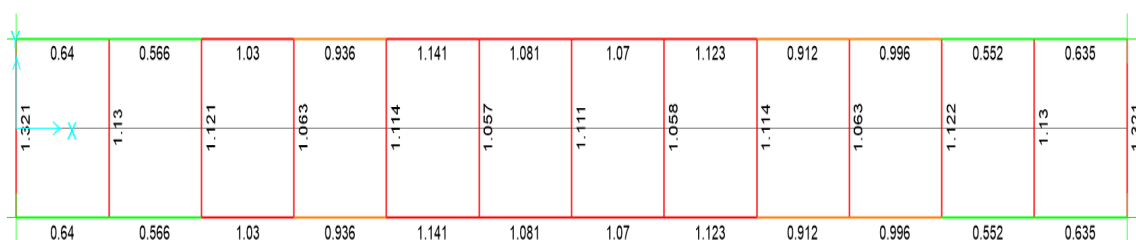


Figura 29: Esfuerzos producidos por camión AASHTO LRFD 2017, en planta

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

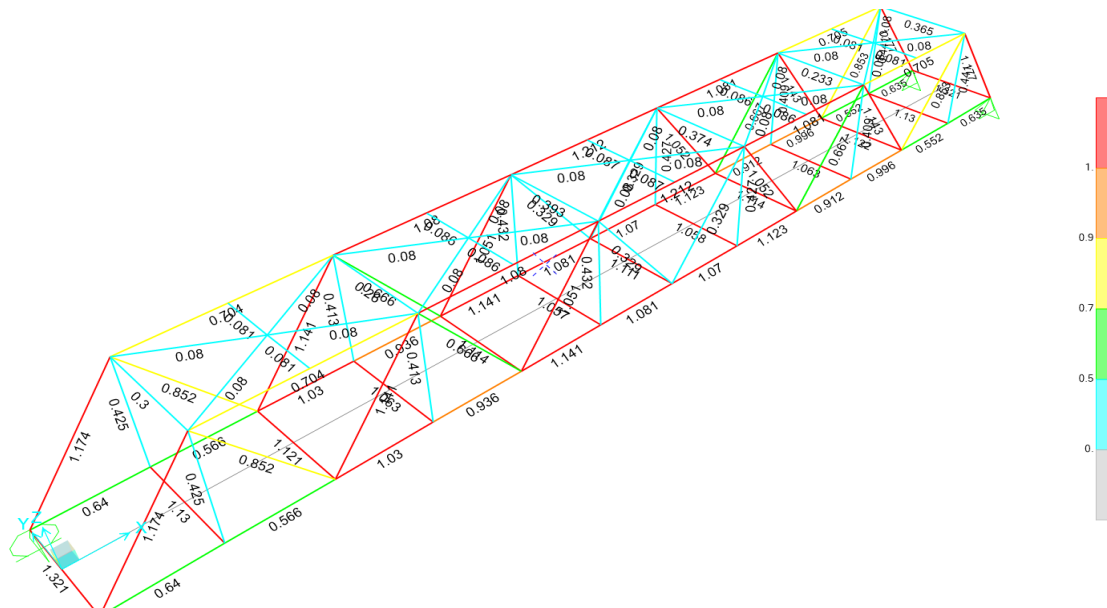


Figura 30: Esfuerzos producidos por camión AASHTO LRFD 2017, en isometría.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

De las figuras 28, 29 y 30 se puede visualizar que existen elementos de la superestructura que superan los límites de su capacidad de resistencia y que soportaría el paso de este tipo de vehículos, en la actualidad se restringe el paso de camiones de más de 25 ton, advirtiendo con una señal informativa ubicada en los dos ingresos al puente.

En el cuadro siguiente se vera la lista de elementos que llegarían a fallar.

Codigo	Esfuerzo alcanzado	Observacion
VD-01	1.174	Todas las vigas
VD-03	1.141	Todas las vigas
VD-04	1.051	Todas las vigas
VS-01	1.212	Valor mas alto en centro de luz
VI-01	1.141	Valor mas alto en centro de luz
VT-01	1.321	Todas las vigas

Tabla 13: Comparativa de deflexiones de los tres modelos evaluados.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

Por otro lado, también se hizo la verificación de los elementos de la estructura con el camión de diseño de 25 ton, en el cual se puede observar que existen elementos que están llegando al límite de su capacidad, así como también existen dos elementos que superan su resistencia como es la viga transversal en los apoyos (VT-01), es por eso que en la inspección visual se constató la deformación de esta viga. En las siguientes imágenes se puede apreciar los esfuerzos de cada elemento.

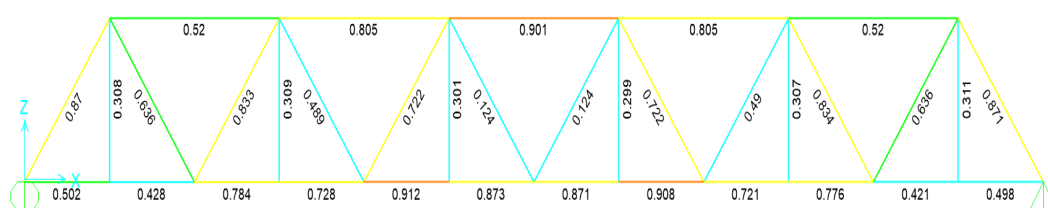


Figura 31: Esfuerzos producidos por camión de diseño de 25 ton, perfil longitudinal del puente.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

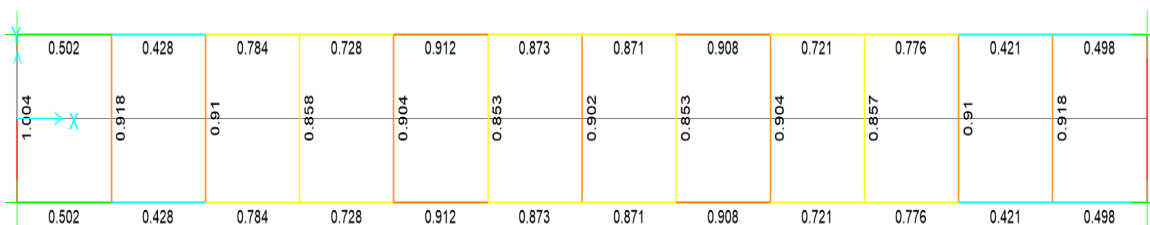


Figura 32: Esfuerzos producidos por camión de diseño de 25 ton, en planta.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

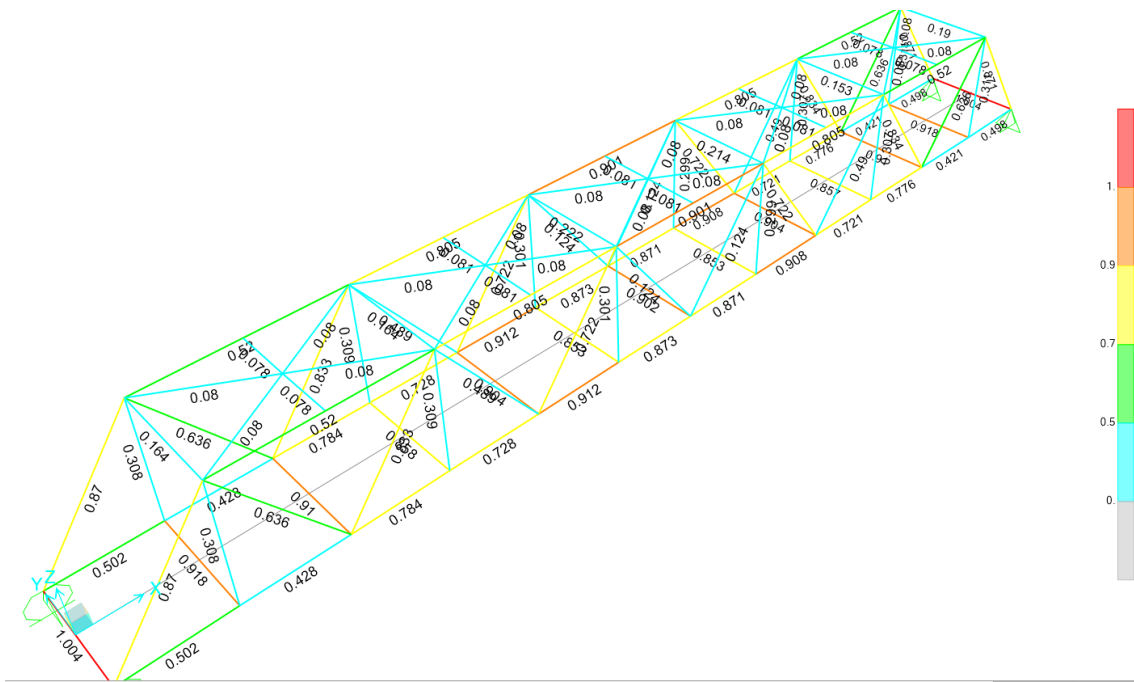


Figura 33: Esfuerzos producidos por camión de diseño de 25 ton, en isometría.

Fuente: Modelamiento CSI Bridge – Puente Quiquijana

De la información que muestran las figuras 31, 32 y 33, podemos llegar a la conclusión que el puente llega a su estado límite de resistencia, por lo cual la entidad administradora debe prever el paso de vehículos de mayor tonelaje.

V. DISCUSIONES

5.1 Realizar la inspección y evaluación del puente Quiquijana según Guía para Inspección de Puentes 2019.

RESULTADO. – Al realizar la inspección y evaluación detallado de toda la parte visible del puente reticulado Quiquijana mediante la Guía de Inspección para Puentes 2019 y el software CSI Bridge. Se puede afirmar que la estructura se encuentra en la clasificación “Regular”.

Antecedente (Flores Arevalo, 2020) en su investigación reviso las normas vigentes concerniente a la aplicación de pruebas de carga vehicular HL-93 y sus normas vigentes a su vez utilizo la guía de inspección de puentes 2006 y el software CSI Bridge concluyendo que el puente Shilcayo se encuentra en condición regular de servicio.

- Hipótesis: En la inspección y evaluación del puente reticulado Quiquijana influirá la Guía para Inspección para Puentes 2019. De acuerdo a la inspección y evaluación visual de la estructura, la Guía nos ayudó a clasificar el estado en que se encuentra la estructura y se clasifico como regular, gracias a que se realizó su mantenimiento periódico el año 2021.
- Pregunta: ¿De qué manera se realizará la inspección y evaluación del puente reticulado Quiquijana, según la Guía para Inspección de Puentes 2019? Se realizará por medio de la inspección visual, formatos de inspección, ensayos no destructivos, tomando nota de todas las dimensiones de los elementos de la estructura a su vez por medio del cuadro de inspección del puente.

5.2 Efectuar la prueba de carga estática y dinámica Según Norma española, IAP, aplicado en puentes en servicio, Cusco 2021.

Resultado. Se efectuó la prueba de carga estática y dinámica de acuerdo a la norma española IAP, con un camión de diseño de 25 ton modelado en el programa CSI Bridge, y la prueba de campo con un camión de 16.80 ton, en el modelo teórico se obtuvo una deflexión de 9.6 mm y con el camión de prueba

6.45 mm obteniendo así un 67.19% valor que es aceptable y que se encuentra dentro de lo recomendado.

Antecedente (Flores Arevalo, 2020), obtuvo una deformación máxima de 16.50 mm en la viga aguas abajo y 15.00 mm en la viga de aguas abajo, estos resultados lo obtuvieron con camiones de 25.79 y 27.45 toneladas de peso.

- **Hipótesis:** Las pruebas de carga estática y dinámica según la Norma Española IAP influenciara en la aplicación para puentes en servicio, Cusco 2021. Esta norma es una de las más utilizadas por tener procedimientos confiables y si fue necesario su aplicación para evitar aplicación de cargas inadecuadas.
- **Pregunta:** ¿Cómo se efectuará la prueba de carga estática y dinámica según la Norma Española IAP, para el puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021? Se efectuó de acuerdo al protocolo de prueba de carga que recomienda esta Norma, así como también, previo al modelamiento numérico de un camión de diseño y del camión de prueba.

5.3 Obtener un modelo numérico calibrado mediante el software CSI Bridge para evaluaciones futuras del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021.

Resultado. Se obtuvo el modelo numérico calibrado previo al análisis de la estructura, se instrumentó con dos niveles de ingeniero, llegando a la conclusión de que la estructura metálica en el estado actual recibe una rigidez adicional producida por la carga de la losa del tablero razón el cual la deflexión del modelo calibrado es de 6.45mm.

Antecedente (Flores Arevalo, 2020), para la instrumentación de la prueba lo realizo con dos niveles y una estación total y obtuvieron 16.50mm en la prueba de carga y un 16.515mm en el modelo teórico.

- **Hipótesis:** El modelo numérico calibrado contribuirá en las evaluaciones futuras del puente reticulado Quiquijana. Este modelo numérico calibrado obtenido nos ayudara realizar mejoras de la estructura si se deseara el tránsito de camiones con mayor tonelaje y así evitaremos accidentes trágicos.

- **Pregunta:** ¿Cuál será el modelo numérico calibrado para la superestructura del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021? Es el modelo obtenido en donde se adiciono el comportamiento de la sosa del tablero y se obtuvo una deflexión de 6.45mm.

5.4 Verificar los elementos estructurales mediante el método LRFD del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021

Resultado. Se realizó un análisis del comportamiento estructura de los elementos de la superestructura donde se verifico que algunos de los elementos de las vigas reticuladas no resistirían a las cargas de este camión de diseño, los elementos VD-01, VD-03, VD-04, VI-01, VS-01 y VT-01 tienen valores de 1.174, 1.141, 1.051, 1.141, 1.212 y 1.32 sucesivamente, provocarían fallas de la estructura.

Antecedente (Arostegui Castro, y otros, 2020) realizo la evaluación mediante este método con el software CSI Bridge obtuvo una deflexión máxima de 1.1145 cm, este se encuentra dentro de los parámetros de la norma AASHTO LRFD.

- **Hipótesis:** La verificación de los elementos estructurales por el método LRFD contribuirá a dar seguridad en la Transitabilidad del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021. Al realizar la correcta evaluación tanto en campo como en gabinete podemos dar validez que los vehículos que tienen pesos menores a 25 toneladas no provocaran fallas estructurales.
- **Pregunta:** ¿Cómo se verificará los elementos estructurales mediante el software CSI Bridge de la superestructura del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021? Al realizar el modelado de la evaluación estructural en el software CSI Bridge, e interpretando los resultados de la prueba de carga en campo que se obtuvo el modelo calibrado con una deflexión máxima de 6.45 mm en el centro de la luz del puente podemos demostrar el estado de los elementos de la estructura reticulada.

VI. CONCLUSIONES

- Al realizar la inspección y evaluación del puente reticulado Quiquijana podemos llegar a la conclusión de que se encuentra en un estado de servicio regular.
- Llegamos a la conclusión después de realizar la prueba de carga que la deflexión máxima obtenida con el camión de prueba fue de 6.45 mm, y que representa un 67.19% de deflexión del modelo matemático del camión de diseño.
- Se concluye que el modelo calibrado obtenido del puente servirá para evaluaciones futuras que realizará la entidad administradora del puente.
- Se concluye que la verificación estructural de los elementos del puente con el modelo calibrado con camión de diseño AASTHO LRFD, algunos de los elementos no soportarían las cargas transmitidas.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar reparación en la subestructura y superestructura del puente, de los elementos que se encuentran dañados y que están afectados por corrosión.

Se recomienda colocar otro tipo más de señal que restrinja el paso de vehículos con mayor peso a 25 toneladas, esto para prevenir el colapso del puente provocado por una mala información y provocaría la incomunicación de este sector de población.

En la presente investigación se recomienda utilizar el modelo numérico calibrado obtenido, por parte de la entidad administradora para que realice su evaluación en un futuro.

Se recomienda realizar un cambio o reforzamiento de la superestructura para no tener limitaciones para el paso de vehículos a su vez también se encuentra al límite de sus años de servicio.

REFERENCIAS

1. **Agencia Andina. 2017.** Agencia Andina. *Casi el 70 % de puentes colapsados por lluvias estaba mal diseñado.* 29 de Abril de 2017.
2. **Aldana, Raul. 2021.** *Prueba de carga en puentes de carreteras.* Madrid : Aula Carreteras, 18 de Marzo de 2021. Prueba de carga en puentes de carretera.
3. **Arias Hofman, Gonsalo, y otros. 2015.** *Prueba de carga de Estructuras.* Ache : s.n., 2015.
4. **Arostegui Castro, Richar Irvin y Marrufo Fernandez, Abelinda. 2020.** *Evaluacion de la Superestructura Medieante el Metodo LRFD con Propuesta de Reforzamiento del Puente Pumachaka, Querobamba, Ayacucho - 2020.* Lima : s.n., 2020.
5. **Barrantes, Jorge Muñoz. 2017.** Guia para la Determinacion de la Condicion en Puentes Mediante Inspeccion Visual. 10 de Agosto de 2017, pág. 1.
6. **Bolaños-Avila, Darnel G. 2019.** *Comparación entre el índice de confiabilidad y capacidad de carga para la evaluación de seguridad estructural en puentes utilizando pruebas de carga de diagnóstico: Caso de estudio en Costa Rica.* 2019. págs. 55-65.
7. **Cardoza, Marvin y Villalobos, Jose. 2005.** *Evaluacion Estructural de un Puente mediante la realizacion de una Prueba de Carga Estatica.* Universidad de El Salvador, Universitaria : 2005.
8. **Commander. 2019.** *Evolucion de las Pruebas de Diagnostico de Puentes en EE.UU.* 2019.
9. **Construmatica. 2010.**
<https://www.construmatica.com/construpedia/Puente#Definici.C3.B3n>. [En línea] 9 de Agosto de 2010.
10. **El Comercio. 2015.** El Comercio. *Contraloría detectó fallas en superestructura de puente Topará.* 16 de Julio de 2015.

11. **Flores Arevalo, Renzo Renato. 2020.** *Procedimiento de Evaluación de Operacionabilidad para Puentes Incorporando el Modelamiento Numérico por medio de Prueba de Carga Estática y Dinámica.* Lima : s.n., 2020.
12. **Goneyeche, Flores, Mateo y Tito, Lara. 2015.** *Propuesta Metodológica para Evaluar la Capacidad de Carga de Tableros de Puentes Existentes de Concreto Reforzado Basada en Pruebas de Carga Estática.* Bogotá : s.n., 2015.
13. *Guía para Inspección de Puentes.* **Comunicaciones, Ministerio de Transportes y. 2019.** Lima : s.n., 2019, págs. 132-133.
14. **Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2019.** 1, Lima : s.n., 2019, Vol. I, pág. 5.
15. *Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la red de carreteras del Estado.* **Dirección general de carreteras. 2012.** Madrid : Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento, 2012, pág. 5. 978-84-498-0907-1.
16. *Identificación y Análisis de Patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales.* **Tadeu Mascia, Nilson y Lenz Sartorti, Artur. 2011.** 1, Sau Pablo : Revista Ingeniería de Construcción, Abril de 2011, Revista de Ingeniería de Construcción, Vol. 26. 0718-5073.
17. **La Republica. 2018.** Colapso puente pilpiento. *La Republica.* [En línea] Ramirez, 05 de 04 de 2018. [Citado el: 20 de 05 de 2021.] asasasad. x.
18. **Lantsoght, E.O. 2019.** *Load Testing of Brigdes: Current Practice and Diagnostic Load Testing.* London : Taylor & Francis Group, 2019.
19. **Lantsoght, Eva O.L. 2019.** *Load Testing of Brigdes: Current Practice and Diagnostic Load Testing.* London : Taylor & Francis Group, 2019. pág. 25. Vol. 12.
20. **Lantsoght, Veen, Van Der y De Boer. 2017.** *Estado del arte de las pruebas de Carga de los Puentes de Hormihon.* 2017.

21. **Lantsoght, Yang. 2019.** *Criterios de Detencion de la Flexion para la Prueba de Carga de las Estructuras de Hormigon Armado.* 2019.
22. **Lopez, Mateo y Goyoneche, Mateo. 2015.** *Propuesta Metodologica para Evaluar la Capacidad de Carga de Tableros de Puentes Existentes de Concreto Reforzado basada en Pruebas Estaticas de Carga.* Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C : 2015.
23. **Manual de Puentes. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2018.** Lima : s.n., 2018, Vol. I, pág. 556.
24. **Manual de puentes . Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2018.** Lima : s.n., 2018, pág. 556.
25. **Manual de puentes. Ministerio de Transportes y comunicaciones. 2018.** Lima : s.n., 2018, pág. 556.
26. **Manual de Puentes. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2018.** Lima : s.n., 08 de Agosto de 2018, pág. 88.
27. **Martinez y Escobar. 2020.** Las Patologias mas Comunes de los Puentes. 2020.
28. **Manual de Puentes. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2018.** Lima : s.n., 2018.
29. **Nguyen, Viet Ha, Schommer, sebastian y Maas, Stefan. 2016.** Static load testing with temperature compensation for structural health monitoring of bridges. 2016.
30. **Paredes, N. 2020.** Colapso de puente en el Distrito de Pillpinto - Cusco. Cusco, Cusco, Peru : s.n., 5 de 3 de 2020.
31. **Centro de Operaciones de Emergencia Nacional. Colapso de puente en el Distrito de Pillpinto - Cusco.** Cusco: s.n., 2020.
32. **Perez, Hector Alonzo, Gomez Piloto, Eberto y De Armas, Norbys. 2006.** *Analisis Estructural de un Puente en la Autopista Matanzas - Varadero. Modelacion y Analisis de su Capacidad.* Matanzas : Revista de Arquitectura e Ingenieria, 2006. pág. 2. 1990-8830.

- 33. Puentes. 2015.** Estructuras de Puentes.
<http://puentesgrande.blogspot.com/2015/06/estructuras-de-puentes.html>.
[En línea] 18 de Junio de 2015.
- 34. Recomendaciones para la realizacion de pruebas de carga de recepcion en puentes de carreteras. Carreteras, Ministerio de Fomento- Direccion General de. 1999. .**
- 35. carreteras, Ministerio del Fomento - Direccion General de. 1999.** Madrid : s.n., 1999, pág. 15.
- 36. Ministerio de Fomento, Direccion General de Carreteras. 1999.** Madrid : s.n., 1999.
- 37. Roberto, Morales. 2013.** *Deformaciones de las estructuras.* 17. Mendoza : s.n., 2013.
- 38. Rodriguez Serquen, Arturo. 2017.** *Puentes con AASHTO-LRFD 2014 (7th Edition).* 7 . s.l. : Prometeo Desencadenado, 2017.
- 39. Romero, Jorge. 2015.** *Metodologia de Diseño de Pueba de Carga para Puentes: Caso de Estudio Puente FFCC Dubrocq.* Matanzas : s.n., 2015.
- 40. Romo, Marcelo. 2018.** Puentes y Viaductos. [aut. libro] Marcelo Romo Proaño. *Capítulo IV: Componentes de los Puentes.* 2018, pág. 78.
- 41. Sampieri, Hernandez. 2006.** *Metodologia de la investigacion.* Mexico : s.n., 2006. pág. 107.
- 42. Stop Criteria for Flexure for Proof Load Testing of Reinforced Concrete Structures. Lantsoght, Eva, y otros. 2019.** Abril de 2019, *Frontires in Built Environment*, Vol. 5.
- 43. Tang, Wang, Niu, Chen. 2018.** *Control del Efecto de la temperatura Diaria en la Deformacion del Tablero de un Puente de Arco de Hormigon.* 2018.
- 44. Villani, P. 2020.** *El puente de Morandi colapsado en el puerto italiano de Genova: dinamica y causas.* Genova : s.n., 2020.
- 45. Villar, Jimmy Antony Dias. 2018.** *Deformaciones producidas en el puente vehicular Motilonas - Moyobamba - San Martin de 163 m de luz considerando*

la estructura real y el modelo analítico. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2018.

- 46. voces, Diario. 2012.** Colapsa Puente Gera. [En línea] 5 de Marzo de 2012. <https://diariovoces.com.pe/web/64360/colapsa-puente-gera/>.
- 47. Voces, Diario. 2012.** <https://diariovoces.com.pe/web/64360/colapsa-puente-gera/>. [En línea] 5 de Marzo de 2012.
- 48. Yepes Piqueras, Victor. 2016.** Prueba de carga en Puentes. *El Blog de Victor Yepes*. [En línea] 06 de Octubre de 2016. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/prueba-de-carga/>. 1912-2008.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION

VARIABLE DE LA INVESTIGACION	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA
Variable independiente						
Prueba de carga estatica	Son pruebas que sirven para verificar el estado de los elementos de la estructura, para ello se realiza un modelo matematico para su diseño y se comprueba en campo.	Se realizara la prueba de carga estatica y dinamica con un camion de prueba y se obtendra un modelo analitico en el software CSI Bridge	Deflexiones	Desplazamientos	Intervalo	Tipo de investigacion Aplicada
Prueba de carga dinamica			Registro de aceleraciones	Periodos de vibracion		Nivel de investigacion Pregrado
Evaluación estructural con el método LRFD	Para la conservacion de los puentes y sean eficaces es necesario realizar inspecciones sistematicamente con una serie de procedimientos con el fin de determinar la amplitud de las degradaciones y el nivel de integridad de los puentes	Este proyecto se va a desarrollar con la finalidad de evaluar el puente ya que es base para el desarrollo de la investigacion	Software CSI Bridge	Patologias estructurales		Enfoque:
		Metodo cientifico inductivo				Diseño de investigacion Experimental
						Poblacion Puentes tipo Warren de Cusco
						Muestreo: No probabilistico
						Muestra: Puente reticulado Quiquijana
				Tecnica: software CSI Bridge		
				Instrumento de investigacion		

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIQUIJANA MEDIANTE EL METODO LRFD, CON PRUEBA DE CARGA ESTATICA Y DINAMICA, CUSCO - 2021

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Problema general:	Objetivo general:	Hipotesis general	Variable independiente			
¿Como se desarrollara la evaluación estructural del puente reticulado Quiquijana mediante el metodo LRFD con prueba de carga estatica y dinamica, Cusco 2021?	Desarrollar la evaluación estructural del puente reticulado Quiquijana mediante el metodo LRFD con prueba de carga estatica y dinamica, Cusco 2021	En la evaluacion estructural del puente reticulado Quiquijana mediante el metodo LRFD influenciara la prueba de carga estatica y dinamica, Cusco 2021	Prueba de carga estatica	Controlde caliad del concreto	Prámetros de resistencia	esclerometro
				Dimencionamiento	Longitud de cada elemento estructural (m) Secciones transversales de cada	Wincha, bernier, flexometro
				Tren de carga	Tonelada (tn)	Fichas
				Delexiones verticales	Desplazamientos (mm)	Rendaciones españolas para pruebas de carga para puentes de
			Prueba de carga dinámica	Propiedades geometricas, fisica-mecanicas	Longitud de cada elemento estructural (m) Secciones transversales de cada	Recomendaciones españolas para pruebas de carga
				Camión de carga	Tonelada (tn)	
Registro de aceleraciones	Aceleración (m/s2)					
Problema especifico:	Objetivo especifico:	Hipotesis especifico:	Variable dependiente			
¿De que manera se realizara la inspeccion y evaluacion del puente reticulado Quiquijana, según la Guia para Inspeccion de Puentes 2019?	Realizar la inspección y evaluacion del puente Quiquijana según la Guia para Inspección de Puentes 2019.	En la inspección y evaluacion del puente reticulado Quiquijana influiara la Guia para Inspección de Puentes 2019 .	Evaluación estructural con el método LRFD	Estado limite de servicio	Resistencia factorizada de cada elemento en servicio	Software CSI Bridge Especificaciones AASHTO LRFD Bridge Design and Construction Specifications 2017 Guía de inspeccion de Puentes 2019 Manual de Puentes 2018 - MTC
Como se efectuara la prueba de carga estatica y dinamica según la Norma Española, Recomendaciones para la realizacion de pruebas de carga de recepcion en puentes de carretera, 1999, para el puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021	Efectuar la prueba de carga estatica y dinamica según la Norma Española, Recomendaciones para la realizacion de Pruebas de Carga de recepcion en puentes de carretera 1999, aplicado en puentes en servicio, Cusco 2021	Las prueba de carga estatica y dinamica según la Norma Española, Recomendaciones para la realizacion de Pruebas de Carga de recepcion en puentes de carretera 1999, influenciara en la aplicación para puentes en servicio, Cusco 2021		Estado limite de resistencia	Resistencia factorizada de cada elemento en resistencia	
Cual sera el modelo numerico calibrado para la superestructura del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021	Obtener un modelo numerico calibrado mediante el software CSI Bridge para evaluaciones futuras del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021	El modelo numerico calibrado contribuirá en las evaluaciones futuras del puente Quiquijana, Cusco 2021		Estado limite de evento extremo (sismo)	Resistencia factorizada de cada elemento en evento extremo	
Como se verificara los elementos estructurales mediante el software CSI Bridge de la superestructura del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021	Verificar los elementos estructurales mediante el método LRFD del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021	La verificacion de los elementos estructurales por el metodo LRFD contribuirá a dar seguridad en la transitabilidad del puente reticulado Quiquijana, Cusco 2021		Estado limite de fatiga	Resistencia factorizada de cada elemento en fatiga	

ANEXO 03: INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS


PUENTE QUIQUIJANA PRUEBA DE CARGA SUPERESTRUCTURA LECTURA DE NIVEL TOPOGRAFICO							
PROCESO DE CARGA (CRITERIO DE ESTABILIZACIÓN)							
Nivel Topografico(mm.)	L_0	$f_0 = (L_0 - L_i)$	L_{10}	$f_{10} = (L_{10} - L_0)$	$f_{10} - f_0$	$0.05f_0$	Condición
D-1	1,166.500	6.500	1,166.800	6.800	0.300	0.325	ESTABILIZADO
Viga aguas arriba							
D-2	1,114.400	6.400	1,114.700	6.700	0.300	0.320	ESTABILIZADO
Viga aguas abajo							

PROCESO DE DESCARGA (CRITERIO DE REMANENCIA)			
Lectura a 10 minutos de descarga L'_{10}	remanencia (α)	Condición	Lectura despues de 30 minutos de descarga
1,160.00	0%	ADMISIBLE	0.00
1,108.00	0%	ADMISIBLE	0.00

NOMENCLATURA

- L_i = Lectura inicial sin carga
- L_0 = Lectura Inicial con carga
- f_0 = Flecha inicial ubicado las cargas
- L_{10} = Lectura a los 10 minutos con carga
- f_{10} = Flecha a los 10 minutos con Carga
- L'_{10} = Lectura despues de 10 minutos retirado la carga
- fr = Valores remanentes

CALCULO DE DEFLEXIONES				
Puente Quiquijana	Deflexion (mm)	%	topografico	%
1/2 L (viga aguas arriba)	6.50	101		0.0
1/2 L (viga aguas abajo)	6.40	99		0.0

ANEXO N° 04		
DATOS DE LA INSPECCION		
1) IDENTIFICACION Y UBICACIÓN		
Nombre Puente: QUIQUIJANA	Tramo: QUIQUIJANA - PATA QUEHUAR	
Tipo Puente: RETICULADO TIPO WARREN CON MONTANTE	Dpto Politico: CUSCO	
Sobre: RIO VILCANOTA	Dpto Vial: CUSCO	
Altitud (msnm): 3220	Provincia: QUISPICANCHIS	
Latitud (grado min): 13°49'29.04"S	Distrito: QUIQUIJANA	
Longitud (grado,min): 71°32'33.51"O	Poblado mas cercano: QUIQUIJANA	
Ruta: CU-1335	Kilometraje: 00+000	
2) DATOS GENERALES		
Puente Sobre: RIO VILCANOTA	Nombre: QUIQUIJANA	
Longitud Total(m) 51.00	Numero vias transito: 01	
Ancho calzada (m): 4.66	Sobrecarga Diseño: HS-20	
Ancho Vereda (m): 0.55	Numero Proyecto:	
Altura Libre Superior(m) : 5.00	Año Construccion: 1966	
Altura libre inferior (m): 3.00	Ultima Inspeccion(dd/mm/aa): 12/03/2020	
Tipo Servicio: VEHICULAR	Ultimo Trabajo: REPINTADO DE ESTRUCTURA METALICA	
Trafico(veh/dia):	%Camiones y Buses	
Año: 1966	Alineamiento: RECTO	
Condiciones Ambientales: NORMAL		
		
UBICACIÓN A NIVEL NACIONAL	UBICACIÓN A NIVEL DEPARTAMENTAL	UBICACIÓN A NIVEL LOCAL

ANEXO N° 05 - SUPERESTRUCTURA

3) TRAMOS - SUPERESTRUCTURA		
Numero de tramos: 01	Longitud total: 51.00	longitud restante
tramos: 01	Longitud segundo tramo(m)	
luz principal(m): 50.00	Longitud tercer plano (m)	
TRAMO I (principal) : RETICULADO TIPO WARREN CON MONTANTE categoria /Tipo	TRAMO 2 categoria /Tipo	
Caracteristicas Secundarias: TABLERO MIXTO	Caracteristicas Secundarias	
Condicion Borde: BARANDAS METALICAS	Condicion Borde	
Material Predominante: ACERO ESTRUCTURAL A36	Material Predominante	
4) TABLERO DE RODADURA		
LOSA : MIXTO material : CONCRETO	VIGAS : METALICAS Tipo: RETICULADO	
Espesor(m): 0.20	N° de vigas : 02	
Superficie de Desgaste	Material: ACERO ESTRUCTURAL A36	
NO TIENE	Forma: PERFILES	
	Peralte (m): 6.00	
	Separacion entre Ejes : 5.00	



VISTA LONGITUDINAL DEL PUENTE

VISTA TRANSVERSAL DEL PUENTE



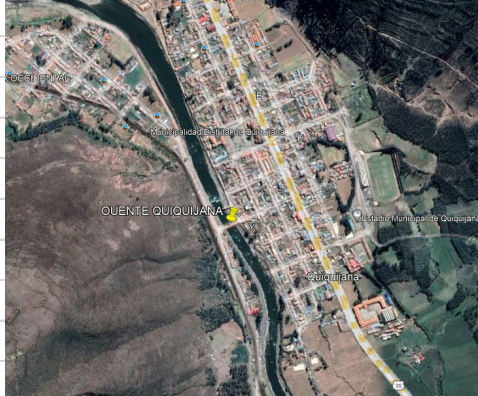
ANEXO N° 06 - SUBESTRUCTURA

5) SUBESTRUCTURA			
ESTRIBO IZQUIERDO		ESTRIBO DERECHO	
Elevacion/Tipo: GRAVEDAD		Elevacion/Tipo: GRAVEDAD	
Elevacion / Material: CONCRETO CICLOPEO		Elevacion / Material: CONCRETO CICLOPEO	
Cimentacion / Tipo: ZAPATAS		Cimentacion / Tipo: ZAPATAS	
Cimentacion /Material: CONCRETO CICLOPEO		Cimentacion /Material: CONCRETO CICLOPEO	
6) DETALLES			
BARANDAS		VEREDAS Y SARDINELES	
Tipo:	PASAMANOS	Ancho Vereda (m):	
Material:	ACERO	Altura Sardinel(m):	
		Material:	
APOYO 1	APOYO2	APOYO 3	APOYO 4
Tipo:	Tipo:	Tipo:	Tipo:
Material:	Material:	Material:	Material:
Ubicación:	Ubicación:	Ubicación:	Ubicación:
Numero:	Numero:	Numero:	Numero:
JUNTAS DE EXPANSIÓN		DRENAJE DE CALZADA	
Tipo: PLACA		Tipo: REGILLA	
Material: ACERO		Material: ACERO	



ESTRIBO DERECHO

ESTRIBO IZQUIERDO

ANEXO N° 07			
7)	ACCESOS		
	ACCESO IZQUIERO		ACCESO DERECHO
	Longitud Transicion(m): 5.00		Longitud Transicion(m): 100.00
	Alineamiento: CURVA		Alineamiento: RECTO
	Ancho de Calzada (m): 6.00		Ancho de Calzada (m): 5.00
	Ancho Total Bermas(m): 0.50		Ancho Total Bermas(m): 0.50
	Pendiente Alta: 4%		Pendiente Alta: 4%
	Visibilidad: OPTIMA		visibilidad: OPTIMA
8)	SEGURIDAD VIAL		
	ACCESO IZQUIERDO		ACCESO DERECHO
	Señal Informativa: 01		Señal Informativa: 01
	Señal Preventiva: 01		Señal Preventiva: 01
	Señal Reglamentaria: 0		Señal Reglamentaria: 0
	Señal Horizontal: 0		Señal Horizontal: 0
	Barreras de conteccion:		Barreras de conteccion : 0
	Iluminacion: SI EXISTE		Iluminacion: SI EXISTE
	visibilidad: REGULAR		Visibilidad: REGULAR
9)	SOBRECARGA		
	Carga de Diseño: HS-20		Carga maxima Actual: 25 TN
	Sobreesfuerzo:		Señalización de Carga: SI EXISTE
10)	RUTA ALTERNA		
	Tipo Otras Rutas: NO EXISTE OTRA RUTA VEHICULAR		
	VADO		PUENTE PARALELO
	Distancia de Puente(Km):		Posibilidad de Construir
	Periodo de Funcionamiento(meses)		Longitud Total (m)
	Profundidad de Aguas Minimas(m)		Subestructura:
	Naturaleza del Suelo		Tipo:
	Variante Existe:		
	Necesidad de Construirlo:		
11)	CONDICION DEL SECTOR DE LA CARRETERA		
	Condicion de la carretera: REGULAR		
12)	SUELO DE CIMENTACION		
	ESTRIBO IZQ.	ESTRIBO DER.	PILAR I
	Material: GRANULAR	Material: GRANULAR	
	Comentarios: REGULAR	Comentarios: REGULAR	PILAR 2
13)	NIVELES DE AGUA		
	Aguas Maximas(m.s.n.m): 3219.50	Periodo Aguas Maximas: DICIEMBRE - MARZO	
	Aguas Minimas(m.s.n.m): 3218	Periodo Estiaje: MAYO - NOVIEMBRE	
	Aguas Extraordinarias(m): 3219	Frecuencia de Retorno: 10 AÑOS	
	Galibo Determinado(m): 3.00	Fecha (dd/mm/aa):	
	Galibo Obtenido de Plano(m): 4.00	Galibo Aguas Maximas (m):	
14)	CAPACIDAD HIDRAULICA DEL PUENTE		
	Longitud Aceptable: 50.00 M		Longitud Requerida(m):
	Altura Aceptable: 1.50 M		Altura Adicional Requerida (m)
	Necesita Encauzamiento : SI REQUIERE		Longitud de Encauzamiento (m): 100.00
	Socavacion del Cause: SI EXISTE		Profundidad de Socavacion (m): 1.50
15)	COMENTARIOS ,OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES		CROQUIS
	<p>El puente se encuentra en un zona urbana donde existe bastante transito peatonal y vehicular. En el año 2020 se realizo un mantenimiento de la estructura metalica con repitado, el cual no se realizo adecuadamente ya que no se hizo el arenado correspondiente para realizar el pintado. Existe elemtos estructurales que encuentran deteriorados los cuales requieren su remplazo.</p>		

ANEXO N° 8.1 FOTOS DE INPECCION DETALLADA

NOMBRE DEL PUENTE		PUENTE QUIQUIJANA		UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO	ADMINISTRADO POR	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUIQUIJANA	DIA	MES	AÑO		
N° DE LA RUTA	CU-1335	CLASIFICACION	3 CLASE		PROVINCIA	QUISPICANCHIS	LATITUD NORTE	8470199	FECHA DE VISITA				
KILOMETRO	00+000	KM			DISTRITO	QUIQUIJANA	LATITUD ESTE	225131	FECHA DE CONCLUSION DE CONTRUCCION				
N°	1	UBICACIÓN	VIGA TRANSVERSAL IZQUIERDO		N°	2	UBICACIÓN	VIGA TRANSVERSAL IZQUIERDO	N°	2	UBICACIÓN	APOYO DERECHO AGUAS ARRIBA	
													
NOTA	DOBLES DE ALA INFERIOR DE VIGA TRANSVERSAL EN APOYO IZQUIERDO AGUAS ABAJO			DIA	MES	AÑO	9	3	2022	NOTA	DOBLES DE ALA INFERIOR DE VIGA TRANSVERSAL EN APOYO IZQUIERDO AGUAS ARRIBA		
N°	4	UBICACIÓN	APOYO MOVIL MARGEN IZQUIERDA	N°		UBICACIÓN		N°		UBICACIÓN			
													
NOTA	SE MUESTRA CORROSION DE LA E.M.			DIA	MES	AÑO	9	3	2022	NOTA	FALTA DE LIMPIEZA DE REGILLAS PARA EL DRENAJE		
NOTA	FALTA LIMPIEZA CAUSANTE DE LA CORROSION DE LA E.M.			DIA	MES	AÑO	9	3	2022	NOTA	SECCION DE PERFILES DE BRIDA SUPERIOR		
N°		UBICACIÓN		N°		UBICACIÓN		N°		UBICACIÓN			

ANEXO N° 8.2 FOTOS DE INPECCION DETALLADA

NOMBRE DEL PUENTE		PUENTE QUIQUIJANA		UBICACIÓN	DEPARTAMENTO	CUSCO	ADMINISTRADO POR	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUIQUIJANA	DIA	MES	AÑO									
N° DE LA RUTA	CU-1335	CLASIFICACION	3 CLASE		PROVINCIA	QUISPICANCHIS	LATITUD NORTE	8470199	FECHA DE VISITA											
KILOMETRO	00+000		KM		DISTRITO	QUIQUIJANA	LATITUD ESTE	225131	9	2	2022									
N°	7	UBICACIÓN	CENCRO DE LUZ		N°	8	UBICACIÓN	JUNTA DE DILATACION IZQUIERDO	N°	9	UBICACIÓN	BARANDAS AGUAS ARRIBA								
																				
NOTA	ESTRUCTURA METALICA EN TRAMO CENTRAL			DIA	MES	AÑO	NOTA	PARAPETO DETERIORADO			DIA	MES	AÑO	NOTA	DOBLES DE BARANDAS POR CHOQUE			DIA	MES	AÑO
				9	3	2022					9	3	2022				9	3	2022	
N°	10	UBICACIÓN	TABLERO CENTRO DE LUZ		N°	11	UBICACIÓN	TABLERO CENTRO DE LUZ			N°	12	UBICACIÓN	ESTRIBO IZQUIERDO						
																				
NOTA	EXISTENCIA DE TUBERIA DE AGUA POTABLE			DIA	MES	AÑO	NOTA	DESGASTE DE SUPERFICIE DE RODADURA			DIA	MES	AÑO	NOTA	DETERIORO DE ESTRIBO IZQUIERDO			DIA	MES	AÑO
				9	3	2022					9	3	2022				9	3	2022	

ANEXO N° 9.1 MEDIDAS DE ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA							
NOMBRE DEL PUENTE	PUENTE QUIQUIJANA			DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	FECHA DE INSPECCION
CODIGO	VD-01	N° DE ELEMENTOS	4	CUSCO	QUISPICANCHIS	QUIQUIJANA	12/02/2022
							
CODIGO	VM-01	N° DE ELEMENTOS	4				12/02/2022
							
CODIGO	VD-02	N° DE ELEMENTOS	4				12/02/2022
							
CODIGO	VD-03	N° DE ELEMENTOS	4				12/02/2022
							

ANEXO N° 9.2 MEDIDAS DE ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA									
NOMBRE DEL PUENTE	PUENTE QUIQUIJANA		DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	FECHA DE INSPECCION			
CODIGO	VM-02	N° DE ELEMENTOS	4	CUSCO	QUISPICANCHIS	QUIQUIJANA	12/02/2022		
				CODIGO		VD-04	N° DE ELEMENTOS	4	12/02/2022
				CODIGO		VD-05	N° DE ELEMENTOS	4	12/02/2022
				CODIGO		VM-03	N° DE ELEMENTOS	4	12/02/2022

ANEXO N° 9.3 MEDIDAS DE ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA							
NOMBRE DEL PUENTE	PUENTE QUIQUIJANA		DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	FECHA DE INSPECCION	
CODIGO	VD-06	N° DE ELEMENTOS	4	CUSCO	QUISPICANCHIS	QUIQUIJANA	12/02/2022
							
CODIGO	BA-01	N° DE ELEMENTOS	2			12/02/2022	
							
CODIGO	BA-02	N° DE ELEMENTOS	2			12/02/2022	
							
CODIGO	VI-01	N° DE ELEMENTOS	2			12/02/2022	
							

ANEXO N° 9.4 MEDIDAS DE ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA									
NOMBRE DEL PUENTE	PUENTE QUIQUIJANA		DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	FECHA DE INSPECCION			
CODIGO	VT-01	N° DE ELEMENTOS	13	CUSCO	QUISPICANCHIS	QUIQUIJANA		12/02/2022	
									
CODIGO	VS-01	N° DE ELEMENTOS	2	OBS. Viga de arrioste inferior y superior				12/02/2022	
									
Obs. Equipos para la toma de dimensiones de la estructura				Personal para realizar mediciones					
									

ANEXO 11: AUTORIZACIONES

Quiquijana, 09 de febrero del 2022.

Carta Nro. 01-2022-UCV/BCAQ

Señor: **Ing. Grimaldo DIAS VENERO.**

SUB GERENTE DE INFRAESTRUCTURARA DE LA
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE QUIQUIJANA.

Asunto: **Autorización para realizar la inspección y evaluación del puente Quiquijana.**

Referencia: Proyecto de investigación. *“Evaluación estructural del puente reticulado Quiquijana mediante el método LRFD con prueba de carga estática y dinámica, Cusco 2021”.*

De mi mayor consideración:

Por medio de la presente me dirijo a usted, para solicitarle la autorización para realizar la inspección y evaluación estructural del puente Quiquijana ubicado en el distrito de Quiquijana provincia de Quispicanchis con fines de estudio, ya que este puente ha sido propuesto como muestra del proyecto de investigación de la tesis que titula **“Evaluación estructural del puente reticulado Quiquijana mediante el método LRFD con prueba de carga estática y dinámica, Cusco 2022”**. La inspección se realizará con fines académicos para el área de investigación de la universidad Cesar Vallejo Sede Lima Norte, esto para los fines pertinentes.

Las actividades principales a realizar son:

- Prueba de carga estática del puente.
- Medición de los elementos estructurales (subestructura y superestructura).
- Medición y mapeo de fisuras existentes.
- Ensayo de resistencia del concreto con esclerómetro.

Sin otro particular me despido de Ud.

Muy atentamente.

.....
Bach. Ing. Civil: Bladimir C. Arenas Quispe

DNI:44665898

ANEXO N°12

PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA SUPERESTRUCTURA

1.- INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN PRELIMINAR.....	2
A. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL.....	2
B. NORMATIVA PARA LA INSPECCION Y EVALUACION.....	2
C. VERIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	2
1.1. INSPECCIÓN PRELIMINAR DE CAMPO.....	3
1.2. EVALUACIÓN PRELIMINAR	4
A. BREVE DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE A UTILIZAR “CSI Bridge”...4	
B. MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	4
2.- PLANIFICACIÓN, PREPARACIÓN Y EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE CARGA.....	4
2.1. OBJETIVOS DEL ENSAYO.....	4
2.2. TIPO DE ENSAYO A REALIZAR.....	5
2.3. EFECTOS DE CARGAS A MEDIR	6
2.4. EQUIPO SELECCIONADO PARA EL ENSAYO DE CARGA.....	6
2.5. PERSONAL.....	7
2.6. TIEMPO DE EJECUCIÓN.....	7
2.7. APLICACIÓN DE LA CARGA.....	7
A. ACTIVIDADES PREVIAS	8
B. PLAN DE SEGURIDAD DE LA PRUEBA.....	9
C. PREPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN... 9	
D. TREN DE CARGAS.....	10
E. MATERIALIZACIÓN DEL TREN DE CARGA.....	11
F. ESTADOS DE CARGA.....	11
G. FORMA DE APLICACIÓN DE LA CARGA.....	11
3.- EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE CARGA	12
3.1. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN.....	12
3.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	13
A. DEFORMACIONES OBTENIDAS EN CAMPO.....	13

B. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL PROGRAMA CSI Bridge.....	13
C. RESUMEN DE RESULTADOS.....	14
4.- INFORME DE LA PRUEBA DE CARGA	14

1.- INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN PRELIMINAR

A. DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL

El puente vehicular a evaluar es un puente de geometría recta, con respecto al eje longitudinal de la carretera; cuenta con un vano de 50 metros de luz.

B. NORMATIVA PARA LA INSPECCION Y EVALUACION

Para la inspección del puente nos ceñiremos a la normativa Guía para la Inspección de Puentes 2006 del MTC, Para la evaluación y modelamiento de los elementos estructurales y el establecimiento de acciones y las combinaciones necesarias para la obtención de las solicitaciones de cálculo se empleará lo indicado en el Manual de Diseño de Puentes 2018 del MTC.

Dimensionamiento y comprobación de los elementos:

Para el dimensionamiento y verificación de los distintos elementos a inspeccionar se seguirán las especificaciones de AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2017. En aquellos elementos, principalmente de concreto armado.

C. VERIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Acero estructural

Identificar las características físico mecánicas del acero de refuerzo de la estructura reticulada y del tablero.

Pernos

Verifica la calidad y estado de los pernos.

Concreto

Verificar la calidad de concreto mediante ensayos de esclerometría.

Armaduras pasivas

1.1. INSPECCIÓN PRELIMINAR DE CAMPO

Se procederá a la inspección en campo para la obtención de la información de los elementos estructurales y plasmarlo en planos, (la parte que se puede verificar con esta inspección es la parte geométrica y propiedades de los materiales) y para recopilar información acerca del estado de sus componentes.

Los elementos a inspeccionar son los siguientes:

A). **ESTRIBOS.** Los estribos dispuestos en los extremos del puente serán inspeccionados y se evaluará las condiciones físicas (el concreto), zapata, cuerpo de estribo, viga de apoyo, aleros, parapeto.

B). **CIMENTACIONES.** Se inspeccionará las condiciones de las cimentaciones de los estribos de manera superficial debido a que éstas se encuentran cubiertas y protegidas por rellenos compactados.

C). **VIGAS CELOSIA.** De la inspección de campo se verificará el tablero que está formado por dos vigas metálicas en celosía con elementos de sección cajón, otros elementos identificables en el tablero son las vigas transversales, éstos se encuentran colocados perpendicularmente al eje del tablero, dos están dispuestos sobre los estribos el resto son intermedios.

D). **LOSA.** Se realizará una inspección preliminar de campo se comprueba que la losa de concreto del puente cumple la función estructural en sección compuesta con las vigas metálicas unidas mediante conectores de corte.

En la losa se evaluará las fisuras existentes para luego realizar el mapa de fisuras.

Otro elemento apreciable en la losa es el sistema de drenaje superficial, formado por rejillas metálicas.

1.2. EVALUACIÓN PRELIMINAR

La evaluación preliminar consiste en analizar teóricamente la estructura a ensayar mediante la creación de un modelo matemático en el que la estructura se vea sometida a las cargas estáticas (teóricas) de ensayo con el fin de determinar, de forma aproximada, los valores esperados de las magnitudes a medir en campo.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE A UTILIZAR “CSI Bridge”

El software utilizado para la realización de la evaluación teórica del modelo es el programa CSI Bridge, programa especializado a cálculo y diseño de todo tipo de puentes.

MODELIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura a analizar es un puente de vigas celosía, en tal sentido, se buscará evaluar el comportamiento estructural del puente, frente a las cargas de ensayo, en función de sus elementos resistentes principales que son, precisamente, las vigas principales y secundarios. El comportamiento de los estribos y demás elementos no será analizado.

Las propiedades del material utilizado en el modelo se encontrarán basadas en planos y memoria de cálculo (si es que se obtuviera)

2.- PLANIFICACIÓN, PREPARACIÓN Y EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE CARGA

2.1. OBJETIVOS DEL ENSAYO

La prueba de carga para puentes en inspección de su estructura existe un conjunto de operaciones consistente en la reproducción de uno o varios estados de carga sobre la misma, con objeto de verificar que el puente existente cumple con los requisitos mínimos de servicio.

En resumen, la finalidad de la prueba se puede numerar los siguientes objetivos:

1. Registrar las deflexiones de la estructura en puntos predefinidos para el estado de carga predefinido.
2. Determinar la posición y magnitud de la deflexión máxima, en diferentes posiciones de carga,

3. Verificar visualmente todos los elementos de la estructura.
4. Determinar las deformaciones remanentes después de haber retirado el tren de carga.

2.2. TIPO DE ENSAYO A REALIZAR

El ensayo de carga a realizar es el de diagnóstico, basado en las recomendaciones para la realización de pruebas de carga de recepción de puentes vehiculares.

Seleccionamos la prueba de carga estática tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- El puente es antiguo y se encuentra en servicio.
- Esta estructura es de construcción antigua, se cuenta se plasmarán los planos si es que no existiera.
- Las cargas a utilizar son conocidas y controladas.
- Al realizar este tipo de ensayo, se pretende medir y determinar la respuesta del puente frente a las cargas aplicadas.
- El ensayo de diagnóstico permite comparar los resultados de las mediciones en campo con los cálculos estimados por el modelo analítico (teórico), permitiendo verificar los efectos de carga que se han previsto.

Las mediciones realizadas en campo deberán ser congruentes con los valores esperados que surgieron del modelo preliminar y el ensayo servirá, entonces, para verificar y ajustar las predicciones hechas por el modelo analítico.

2.3. EFECTOS DE CARGAS A MEDIR

Como se estableció en los objetivos, los efectos de carga a medir con la ejecución del ensayo de carga son:

- Desplazamientos verticales: con los desplazamientos relativos se calcularán las deflexiones máximas en los puntos definidos en el plano, que son los puntos en los que se esperaba obtener las mayores lecturas de deflexión en virtud de las características del puente. El plano adjunto muestra, por consiguiente, la ubicación de los deformímetros.

- Fisuras: se inspeccionará visualmente la estructura antes y después del ensayo con el fin de comprobar que ella no presentará fisuraciones de ningún tipo. En todo caso, de haberse presentado fisuras en la estructura, los espesores de éstas serán medidos con una carta de medición de fisuras.

2.4. EQUIPO SELECCIONADO PARA EL ENSAYO DE CARGA

El equipo básico para la instrumentación del puente evaluado es el que se describe a continuación:

- Un volquete.
- Un cargador frontal,
- Balanza eléctrica,
- Estación Total,
- Nivel Topográfico,
- Seis deformímetros con una precisión mínima de 0.01 mm y una capacidad máxima de lectura de 2.5 cm. Estos instrumentos serán colocados en puntos previamente establecidos, según plano adjunto.
- Un Termómetro.
- Una computadora portátil para adquisición y almacenamiento de los resultados.
- Carta de medición de fisuras.

2.5. PERSONAL

El personal requerido para la prueba será dividido en dos grupos:

El personal técnico. Compuesto por cuatro personas: Dos ingenieros civiles, un técnico en Ingeniería Civil

Las funciones que desempeñarán los dos son las siguientes:

- *El primero*, Jefe de la Prueba de Carga.
- *El segundo*, Especialista en Estructuras, encargado de modelar el puente y de coordinar los trabajos de instrumentación del puente.
- *El tercero*, se encargará de colocar los instrumentos de medición y de realizar las lecturas de los mismos.

- también se encargará de señalar los puntos de aplicación de la carga (puntos donde serán colocados los camiones volquete cargados), así como de coordinar el pesaje, entrada, ubicación y salida del vehículo de ensayo.

El personal auxiliar. Compuesto por dos personas con experiencia en la construcción de obras viales, se encargarán de señalar el área de trabajo, el resto del personal tendrá como función erigir y desmontar los medios auxiliares, necesarios para acceder a los puntos en los que se posicionarán los instrumentos de medición. Por otro lado, el personal auxiliar estará disponible para cualquier otro requerimiento solicitado por el personal técnico.

2.6. TIEMPO DE EJECUCIÓN

El ensayo de carga en campo se ejecutará durante tres días incluido los trabajos previos, por tratarse de una estructura existente y en servicio.

2.7. APLICACIÓN DE LA CARGA

En esta sección se describen aquellas actividades que serán necesarias realizar para lograr una buena ejecución del ensayo y por consiguiente la correcta aplicación de la carga estática al puente. Dichas actividades incluyen las desarrolladas previas al día de ejecución del ensayo, el plan de seguridad de la prueba, preparación y calibración de la instrumentación, trenes de carga considerados, pesaje de los camiones, materialización de la carga, criterios de estabilización y valores remanentes.

A. ACTIVIDADES PREVIAS

A.1) VISITAS DE CAMPO.

La primera visita se realizará para tomar las dimensiones de los elementos estructurales para así plasmarlos en planos para su posterior modelamiento numérico. Esta visita consistirá también en hacer un recorrido por las carreteras cercanas al puente Quiquijana, con el propósito de evaluar las condiciones generales (accesibilidad, características geométricas relevantes, tipología estructural, factibilidad para la colocación de la instrumentación bajo la estructura, etc.). Así mismo se evaluará el estado del puente.

La segunda visita será una vez aprobada el permiso para la realización de la prueba, y será un día antes de la ejecución del ensayo y consistirá en la preparación y acondicionamiento de la estructura, como paso previo a la realización de la prueba, proceso que se describe en el siguiente apartado.

A.2) PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

La prueba de carga estática se desarrollará según cronograma previsto y los preparativos de la misma, en campo, se iniciarán un día antes. El segundo día se realizarán trabajos de medición y replanteo de los estados de carga sobre la losa del puente, es decir, la ubicación de los puntos de aplicación de la carga. Adicionalmente, se desarrollarán trabajos previos de instalación de equipos de instrumentación bajo el tablero de vigas.

Las primeras actividades en iniciarse serán los trabajos de colocación del equipo auxiliar para la instalación de los deformímetros bajo el puente.

Paralelamente a esta actividad, se realizará la medición y replanteo de los estados de carga sobre la losa del puente (esto se hará con distanciómetro, cordel, crayón y marcador spray), en la que se trazarán las posiciones de las ruedas de los camiones sobre la losa de pavimento, para los dos estados o fases de carga.

B. PLAN DE SEGURIDAD DE LA PRUEBA

Se ha elaborado el siguiente plan:

Seguridad del Personal: Respecto a la seguridad del personal, todo el personal asignado a la prueba llevará cascos de seguridad, asimismo se usarán chalecos con bandas reflectivas, el personal que efectúa trabajos en altura se colocarán los arneses para su seguridad.

Seguridad Vial: No se permitirá el paso vehicular sobre puente, para ello se colocarán las tranqueras correspondientes en los accesos durante el día que se realizara la prueba de carga.

Seguridad Estructural: Aparte de la seguridad vial y la del personal se dispondrá de medidas de seguridad estructural con respecto al puente en sí, ya que por motivos imprevistos en la construcción de la misma podría haber

ocasionado que, con las cargas de ensayo, la estructura sufriera daños significativos. Por consiguiente, un miembro del personal técnico (el encargado de tomar las lecturas) estará atento a cualquier anomalía que pudiera ocurrir; por ejemplo, deformaciones y fisuras excesivas ocasionadas por la carga de prueba. De presentarse esta situación, esta persona será la encargada de avisar inmediatamente al Ingeniero Jefe de Prueba, quien tomaría las decisiones que fuesen pertinentes.

C. PREPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN

Una vez delimitada y asegurada el área de trabajo, se procederá a fijar los deformímetros (06 unidades), 02 unidades en la parte central del puente por debajo de las vigas principales y 04 unidades en cada uno de los apoyos de las vigas celosía.

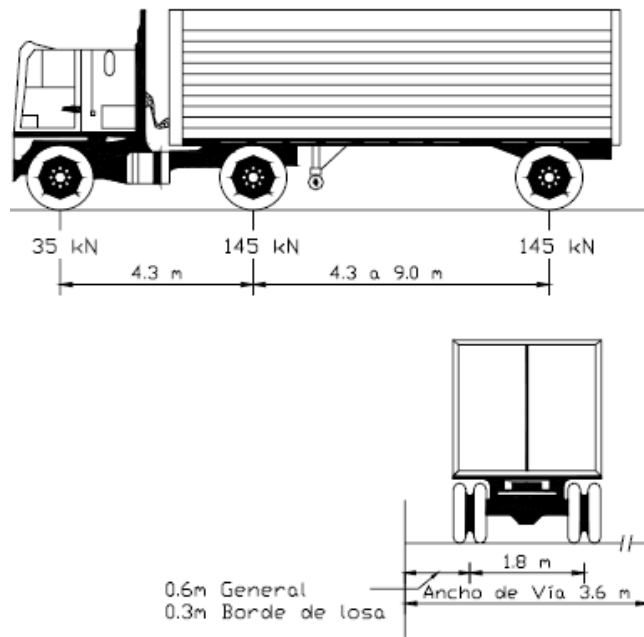
Los deformímetros colocados sobre los apoyos firmes se fijarán y ajustarán con la lectura inicial detallada en las tablas de lecturas de deformación.

D. TREN DE CARGAS

El tren de carga utilizado en este proyecto será:

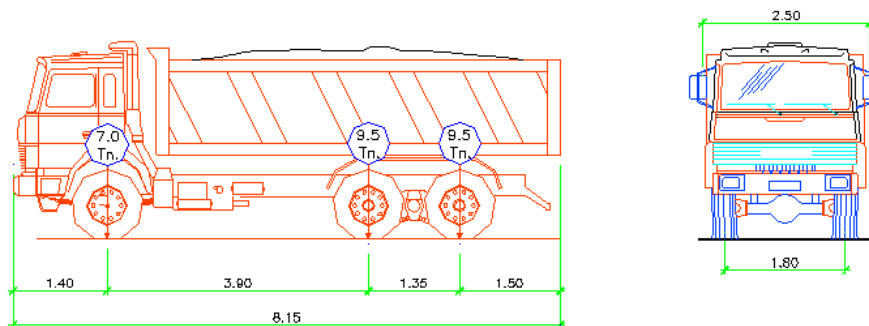
Tren de carga de cálculo. De acuerdo a las especificaciones técnicas de este puente, el tren de carga será calculado o utilizaremos el HL-93, de la Standard Specifications for Highway Bridges AASHTO LRFD. 2012, Manual de diseño de puentes MTC 2018.

Camión de diseño:



Tren de carga del proyecto de la prueba. Estará compuesto por 1 camión volquete tipo tándem de tres ejes por carril, cuyo peso es 15 Ton, que representa entre 60% y 70% de la carga considerada por el tren de carga de cálculo. La separación entre los ejes traseros del camión es de 1.38 m.

Tren de carga de la prueba. Estará compuesto por un camión volquete que cumpla con las especificaciones y requerimientos del ensayo.



VEHICULO TIPO - CAMIÓN 3 EJES (26t)

E. MATERIALIZACIÓN DEL TREN DE CARGA

Se empleará un tren de carga constituido por 1 camión por carril.

El nivel de carga alcanzado durante la prueba debe ser representativo de las acciones de servicio. Se considera adecuado alcanzar un nivel de carga correspondiente a un período de retorno próximo a 5 años. De acuerdo con esto, se aconseja que las solicitaciones a que dé lugar el tren de carga real estén en torno al 70% de los valores teóricos producidos por el tren de carga de diseño. En ningún caso las solicitaciones producidas por el tren de carga real serán superiores al 80% de dichos esfuerzos teóricos.

F. ESTADOS DE CARGA

Los estados de carga se definirán en este protocolo de prueba de carga de forma que, cargando convenientemente distintas zonas de la estructura, se alcancen los porcentajes deseados de los esfuerzos máximos producidos por el tren de carga en el centro de la Luz.

Por tratarse de un puente de una sola vía, se aplicará cargas en una sola posición en el centro de luz.

G. FORMA DE APLICACIÓN DE LA CARGA

Los movimientos de los vehículos en cualquier fase del proceso de carga o de descarga se efectuarán con la lentitud necesaria para no provocar efectos dinámicos no deseados, y se organizarán de forma que no se produzcan sobre otras partes de la estructura solicitaciones superiores a las previstas.

Será necesario proceder a la descarga total de la estructura antes de materializar un nuevo estado de carga.

3.- EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE CARGA

En esta sección se desarrollan los temas relacionados con los resultados obtenidos (tanto en campo como los teóricos) para la prueba de carga desarrollada. Se exponen, en primer lugar, los criterios para la aceptación de resultados; presentándose después, con ayuda de tablas, los resultados obtenidos, para luego analizar dichos datos bajo el enfoque de los criterios de aceptación establecidos. Se explican, además, las

posibles razones de por qué existieron variaciones entre los valores calculados y los medidos.

3.1. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

Además de tener en cuenta los criterios hasta ahora expuestos, referentes a la estabilización de las medidas y al tratamiento de los valores remanentes, de forma general, y salvo justificación especial, se considerará que el resultado de la prueba es satisfactorio cuando se cumplan las condiciones indicadas a continuación:

- a) En el caso de puentes metálicos, las flechas máximas, obtenidas después de la estabilización, no superarán en más de un 10% a los valores previstos en el proyecto de la prueba.

En el caso de que los valores obtenidos sean inferiores al 60% de los previstos, será necesario justificar esta disminución de la respuesta.

- b) La capacidad de recuperación que manifieste la estructura en un periodo de doce horas, después de haber sido retirada la sobrecarga física, deberá ser por lo menos del 90%, quedando como valores remanentes, de, un máximo del 10% para este periodo de tiempo.
- c) Los valores de las magnitudes máximas determinadas en las pruebas al finalizar el ciclo de carga, medidas después de la estabilización, no superarán las máximas calculadas en el modelo, ajustado con esas mismas cargas.
- d) Los valores permitidos para la relación flechas/luz (f/l) serán del orden de $f/l < 1/500$ y en ningún caso los valores de f/l excederán a los determinados en el modelo y $1/800$.
- e) La abertura de las fisuras producidas en el transcurso de la prueba, así como de las que permanezcan abiertas una vez retirada la carga, deberán estar en concordancia con lo señalado ACI.
- f) No deberán aparecer signos de agotamiento de la capacidad portante en ninguna parte de la estructura.

A la vista de los resultados de cada estado de carga, el Ingeniero Jefe de la prueba podrá decidir su repetición si lo considera conveniente.

Excepcionalmente, y siempre que esté justificado, los límites que aquí figuran podrán ser modificados en el Proyecto de la prueba.

3.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La presentación de los resultados obtenidos se hará por medio de las tablas resumen que se exponen en esta sección. Las magnitudes de las deformaciones obtenidas en la prueba son las que se observan en el literal A. Los resultados provenientes del CSI Bridge (que fue usado para comparar la información obtenida del primero) se presentan en el literal B.

A. DEFORMACIONES OBTENIDAS EN CAMPO

La tabla incluida en este literal resume los resultados de deformación que se obtendrá durante el ensayo desarrollado en campo para el estado de carga considerado.

B. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL PROGRAMA CSI Bridge

Se desarrolló un modelo matemático en el software CSI Bridge, de características semejantes y con una desratización más refinada. Los resultados obtenidos al usar dicho programa se presentan en su totalidad en el anexo respectivo y de forma parcial en la tabla adjunta, las cuales muestran, respectivamente, los valores máximos alcanzados de deformación vertical, momento flexionante y fuerza cortante para las diferentes fases de carga.

En estas tablas, la simbología utilizada es la siguiente:

U1 . Deformación axial, en m (deformación respecto al eje 1).

U2 : Deformación transversal, en m (deformación respecto al eje 2).

U3 : Deformación vertical, en m (deformación respecto al eje 3).

V2 : Fuerza cortante respecto al eje transversal, en Ton.

V3 : Fuerza cortante respecto al eje vertical, en Ton.

M2 : Momento flector respecto al eje 2, en Ton.m.

M3 : Momento flector soportado por eje transversal del puente y aplicado en el eje vertical, en Ton.m (momento respecto al eje 3).

P : Fuerza axial en las vigas, en Ton.

T : Momento torsor, en Ton.m.

C. RESUMEN DE RESULTADOS

Los resultados serán resumidos en una tabla donde se expondrán las comparaciones entre las deformaciones máximas registradas durante la prueba y las determinadas a partir del modelo generado por CSI Bridge, se comparan las deformaciones, momentos y fuerzas cortantes máximos resultantes de los modelos desarrollados.

4.- INFORME DE LA PRUEBA DE CARGA

Una vez finalizada la prueba de carga se redactará el Informe de la prueba, en el que figurarán los siguientes aspectos:

- Fecha, hora de inicio y fin y asistentes a la prueba,
- Referencia al proyecto de la estructura y de la prueba de carga (clave, fecha, autor),
- Descripción de la obra y de su estado previo a la prueba,
- Descripción detallada de los vehículos utilizados y los distintos estados de carga,
- Descripción de las magnitudes, equipo instrumental de toma de datos y número y situación de los puntos de medida,
- Información sobre el desarrollo de la prueba (hora de comienzo de cada estado de carga, tiempo transcurrido entre carga y descarga, número de escalones, etc.),
- Registros de las magnitudes medidas durante la prueba,
- Comparación con los valores teóricos previstos y valoración del cumplimiento de los criterios de aceptación,
- Cuestiones de interés observadas en las inspecciones de la obra antes, durante o después de la prueba,
- Varios: documentación fotográfica, condiciones meteorológicas, puntos de referencia para la nivelación, incidencias.

ANEXO 13: ENSAYOS DE ESCLEROMETRIA



Geotecnica Ingenieros
Consultores Constructores S.C.R.Ltda

LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INFORME: GNCO-0711

TESIS : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIQUJANA MEDIANTE EL METODO LRFD, CON PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA, CUBCO 2021 **RESP. LAB :** Ing. Fernando Vilavila Noriega

UBICACIÓN : DIST: QUIQUJANA, PROV: QUISPICANCHI, REGIÓN: CUSCO **TEC. LAB. :** Juan P. Harcco Ccanasi

SOLICITADO POR : BACHILLER BLADIMIR CESAR ARENAS GUISPE **FECHA :** 1/04/2022

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA ASTM C-805

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f _c (Kg/cm ²)	f _c (N/mm ²)	Observación
ESTRIBO MARGEN DERECHA	1	1	32.00	0°	31.80	238.00	23.32	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	31.00					
	3	1	32.00					
	4	1	32.00					
	5	1	32.00					
	6	1	32.00					
	7	1	32.00					
	8	1	33.00					
	9	1	32.00					
	10	1	30.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f _c (Kg/cm ²)	f _c (N/mm ²)	Observación
ESTRIBO MARGEN IZQUIERDA	1	1	30.00	0°	31.60	238.00	23.32	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	32.00					
	3	1	31.00					
	4	1	32.00					
	5	1	31.00					
	6	1	30.00					
	7	1	32.00					
	8	1	33.00					
	9	1	32.00					
	10	1	33.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f _c (Kg/cm ²)	f _c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN DERECHA AGUJAS ARRIBA PUNTO-01	1	1	42.00	90°	41.10	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	42.00					
	3	1	40.00					
	4	1	40.00					
	5	1	40.00					
	6	1	39.00					
	7	1	42.00					
	8	1	41.00					
	9	1	43.00					
	10	1	42.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f _c (Kg/cm ²)	f _c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN DERECHA AGUJAS ARRIBA PUNTO-02	1	1	42.00	90°	41.40	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	42.00					
	3	1	42.00					
	4	1	41.00					
	5	1	41.00					
	6	1	42.00					
	7	1	42.00					
	8	1	40.00					
	9	1	40.00					
	10	1	42.00					



Geotecnica Ingenieros
Consultores Constructores S.C.R.Ltda.

Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORIEGA
JEFE DE LABORATORIO

Dirección: Urb. San Boja 8-14 Jirón Ica Wanchaq - Cusco.
Teléfono: 084-225640.
Celular: 974-733962 ó 984-994719.
email: geotecnicaingenieros@gmail.com



Geotecnia Ingenieros
Consultores Constructores S.C.R.Ltda.

LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INFORME: GNCO-0711

PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIQUIANA MEDIANTE
EL METODO LRFD, CON PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA, CUSCO 2021

RESP. LAB : Ing. Fernando Vilavila Noriega

UBICACIÓN : DIST: QUIQUIANA, PROV. QUSPICANCHI, REGIÓN: CUSCO

TEC. LAB. : Juan P. Henao Coanasi

SOLICITADO POR : BACHILLER BLADIMIR CESAR ARENAS QUSPBE

FECHA : 1,04/2022

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA
ASTM C-805

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	Fc (Kg/cm ²)	Fc (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA PUNTO-03	1	1	42.00	90°	41.30	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	40.00					
	3	1	41.00					
	4	1	42.00					
	5	1	42.00					
	6	1	42.00					
	7	1	41.00					
	8	1	41.00					
	9	1	40.00					
	10	1	42.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	Fc (Kg/cm ²)	Fc (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA PUNTO-04	1	1	43.00	90°	41.70	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	40.00					
	3	1	43.00					
	4	1	42.00					
	5	1	42.00					
	6	1	42.00					
	7	1	42.00					
	8	1	41.00					
	9	1	41.00					
	10	1	41.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	Fc (Kg/cm ²)	Fc (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN DERECHA AGUAS ABAJO PUNTO-01	1	1	43.00	90°	41.80	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	42.00					
	3	1	44.00					
	4	1	41.00					
	5	1	43.00					
	6	1	42.00					
	7	1	43.00					
	8	1	40.00					
	9	1	40.00					
	10	1	40.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	Fc (Kg/cm ²)	Fc (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN DERECHA AGUAS ABAJO PUNTO-02	1	1	40.00	90°	41.20	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	44.00					
	3	1	39.00					
	4	1	40.00					
	5	1	43.00					
	6	1	44.00					
	7	1	40.00					
	8	1	40.00					
	9	1	42.00					
	10	1	40.00					



Geotecnia Ingenieros
Consultores Constructores S.C.R.Ltda.

Ing. ANGEL FERNAN DO VILAVILA NORIEGA
JEFE DE LABORATORIO

Dirección: Urb. San Borja G-14 Jirón Aca Watchaq - Cusco.
Teléfono: 084-225640.
Celular: 974-733962 ó 984-994719.
email: geotecniaestigs@gmail.com



Geotecnosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda

LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INFORME: GNCO-0711

PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIQUJANA MEDIANTE EL METODO LRFD, CON PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA, CUSCO 2021
UBICACIÓN : DIST: QUIQUJANA, PROV: CUSPICHANCI, REGIÓN: CUSCO
SOLICITADO POR : BACHELLER BLADMR CESAR ARENAS QUSPE

RESP. LAB : Ing. Fernando Vilavila Noriega
TEC. LAB. : Juan P. Hancoco Coanasi
FECHA : 1/04/2022

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA
ASTM C-805

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f_c (Kg/cm ²)	f_c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN DERECHA AGUAS ABAJO PUNTO-03	1	1	42.00	90°	41.30	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	42.00					
	3	1	39.00					
	4	1	40.00					
	5	1	39.00					
	6	1	42.00					
	7	1	41.00					
	8	1	44.00					
	9	1	40.00					
	10	1	44.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f_c (Kg/cm ²)	f_c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN DERECHA AGUAS ABAJO PUNTO-04	1	1	42.00	90°	41.80	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	43.00					
	3	1	40.00					
	4	1	41.00					
	5	1	42.00					
	6	1	44.00					
	7	1	44.00					
	8	1	40.00					
	9	1	42.00					
	10	1	40.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f_c (Kg/cm ²)	f_c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN IZQUIERDA AGUAS ARRIBA PUNTO-01	1	1	40.00	90°	41.30	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	42.00					
	3	1	40.00					
	4	1	42.00					
	5	1	42.00					
	6	1	44.00					
	7	1	43.00					
	8	1	40.00					
	9	1	40.00					
	10	1	40.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f_c (Kg/cm ²)	f_c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN IZQUIERDA AGUAS ARRIBA PUNTO-02	1	1	40.00	90°	41.30	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	40.00					
	3	1	42.00					
	4	1	40.00					
	5	1	42.00					
	6	1	40.00					
	7	1	40.00					
	8	1	43.00					
	9	1	44.00					
	10	1	42.00					

Dirección: Urb. San Borja G-14 Jirón Ica Wanchaq - Cusco.
Teléfono: 084-229640.
Celular: 974-733962 ó 984-994719.
email: geotecnosurigs@gmail.com



Geotecnosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.

Ing. ANCEL FERNANDO VILAVILA NORIEGA
JEFE DE LABORATORIO



Geincoaur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda

LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INFORME: GVCO-0711

PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIQUJANA MEDIANTE
EL METODO LRFD, CON PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA, CUSCO 2021

RESP. LAB : Ing. Fernando Vilavila Noriega

UBICACIÓN : DIST. QUIQUJANA, PROV. QUSPICHANI, REGIÓN: CUSCO

TEC. LAB. : Juan P. Harcco Coanasi

SOLICITADO POR : BACHILLER BLADIMIR CESAR ARENAS QUSPE

FECHA : 1/04/2022

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA
ASTM C-805

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Índice de Rebote	Posición	Promedio	f_c (Kg/cm ²)	f_c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN IZQUIERDA AGUAS ARRIBA PUNTO-03	1	1	40.00	90°	41.50	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	42.00					
	3	1	42.00					
	4	1	44.00					
	5	1	42.00					
	6	1	40.00					
	7	1	43.00					
	8	1	40.00					
	9	1	41.00					
	10	1	41.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Índice de Rebote	Posición	Promedio	f_c (Kg/cm ²)	f_c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN IZQUIERDA AGUAS ARRIBA PUNTO-04	1	1	40.00	90°	41.00	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	40.00					
	3	1	40.00					
	4	1	44.00					
	5	1	41.00					
	6	1	40.00					
	7	1	42.00					
	8	1	40.00					
	9	1	41.00					
	10	1	42.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Índice de Rebote	Posición	Promedio	f_c (Kg/cm ²)	f_c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN IZQUIERDA AGUAS ABAJO PUNTO-01	1	1	44.00	90°	41.30	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	40.00					
	3	1	41.00					
	4	1	41.00					
	5	1	42.00					
	6	1	40.00					
	7	1	43.00					
	8	1	42.00					
	9	1	40.00					
	10	1	40.00					

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Índice de Rebote	Posición	Promedio	f_c (Kg/cm ²)	f_c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN IZQUIERDA AGUAS ABAJO PUNTO-02	1	1	42.00	90°	41.30	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	44.00					
	3	1	40.00					
	4	1	44.00					
	5	1	40.00					
	6	1	40.00					
	7	1	41.00					
	8	1	40.00					
	9	1	40.00					
	10	1	42.00					



Geincoaur Ingenieros
Consultora Constructora S.C.R.Ltda.

Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORIEGA
JEFE DE LABORATORIO

Dirección: Urb. San Borja 0-14 Jirón Ica Wankhaq - Cusco.
Teléfono: 054-225840.
Celular: 974-733952 ó 984-994719.
email: geincoaurings@gmail.com



Gecincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C. R.Ltda

LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

INFORME: GNCO-0711

PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIQUJANA MEDIANTE EL METODO LRFD, CON PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA, CUSCO 2021 RESP. LAB : Ing. Fernando Vilavila Noriega

UBICACIÓN : DIST: QUIQUJANA, PROV: QUESIPACANCHI, REGIÓN: CUSCO TEC. LAB. : Juan P. Hancoo Coansai

SOLICITADO POR: BACHILLER BLADIMIR CESAR ARENAS QUISPE FECHA : 1/04/2022

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA
ASTM C-805

Elemento	N° Toma	N° de Disparos	Indice de Rebote	Posición	Promedio	f_c (Kg/cm ²)	f_c (N/mm ²)	Observación
PARTE INFERIOR DE LOSA MARGEN IZQUIERDA AGUAS ABAJO PUNTO-03	1	1	42.00	90°	41.40	310.00	30.38	RESISTENCIA APROBADA
	2	1	40.00					
	3	1	40.00					
	4	1	42.00					
	5	1	42.00					
	6	1	42.00					
	7	1	40.00					
	8	1	41.00					
	9	1	42.00					
	10	1	43.00					



 Gecincosur Ingenieros
Consultora Constructora S.C. R.Ltda.

Ing. ANGEL FERNANDO VILAVILA NORIEGA
JEFE DE LABORATORIO



TABLA DE VALORES DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

ANGULO DE IMPACTO α					
R	-90	-45	0	45	90
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	5590	565	530	520
54	OVER 600	OVER 600	580	550	530
55	OVER 600	OVER 600	600	570	550

VALOR DE REBOTE IR

CYLINDER COMPRESSIVE STRENGTH F (Kg/cm²)



ANEXO 14: CALCULO DE PESO UNITARIO DE AGREGADO



Geotecnico Ingenieros
Consultores Constructores S.C.R.Ltda.

LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

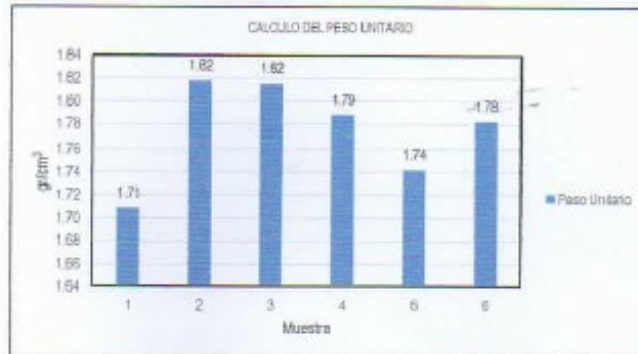
INFORME: GNCO-0711

PROYECTO :	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIQUJANA MEDIANTE EL METODO LRFD, CON PRUEBA DE CARGA ESTÁTICA Y DINÁMICA, CUSCO 2021	RESP. LAB :	Ing. Fernando Vilavila Noriega
UBICACIÓN :	DIST: QUIQUJANA, PROV: QUISPICANCHI, REGIÓN: CUSCO	TEC. LAB. :	Juan P. Hincico Coarasi
SOLICITADO POR :	BACHILLER BLADIMIR CÉSAR ARENAS OLISPE	FECHA :	10/04/2022

CALCULO DEL PESO UNITARIO

DATOS DEL MOLDE	
Peso del Molde (gr)	7,939.00
Altura del Molde (cm)	17.00
Diámetro del Molde (cm)	15.00
Volumen del molde (cm ³)	3,004.15

Muestra N°	1	2	3	4	5	6
Peso Molde + Muestra Seca (gr)	13070.00	13400.00	13392.00	13310.00	13172.00	13293.00
Peso Muestra Seca (gr)	5131.00	5481.00	5453.00	5371.00	5233.00	5354.00
Volumen de la Muestra (cm ³)	3004.15	3004.15	3004.15	3004.15	3004.15	3004.15
Densidad Mínima (gr/cm ³)	1.71	1.82	1.82	1.79	1.74	1.78
Desviación estándar	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043
PROMEDIO (gr/cm³)	1.775					



Geotecnico Ingenieros
 Consultores Constructores S.C.R.Ltda.
 Ing. ANGEL PERNANDO VILAVILA NORIEGA
 JEFE DE LABORATORIO

ANEXO 15: CETIFICADOS DE CALIBRACION



LABORATORIO DE
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 279-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-10-28

1. SOLICITANTE : GEOINGOSUR INGENIEROS CONSULTORA
CONSTRUCTORA S.R.L.

DIRECCIÓN : JR. ICA MZA. G LOTE. 14 URB. SAN BORJA
CUSCO – WANCHAG

2. INSTRUMENTO DE
MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : V11P15T

NÚMERO DE SERIE : 00911825

ALCANCE DE
INDICACIÓN : 15 kg

DIVISIÓN DE ESCALA
/ RESOLUCIÓN : 0.002 kg

DIVISIÓN DE
VERIFICACIÓN (e) : 0.002 kg

PROCEDENCIA : USA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE
CALIBRACIÓN : 2021-10-21

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 3ª - ENERO, 2009.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO DE GEOINGOSUR INGENIEROS CONSULTORA
CONSTRUCTORA S.R.L
JR. ICA MZA. G LOTE. 14 URB. SAN BORJA CUSCO – WANCHAG

Gilmer Huamani Poquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
952 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de C&L LABORATORIO S.A.C



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	21.4 °C	21.4 °C
Humedad Relativa	39 %	39 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL TOTAL WEIGHT	Pesas (exactitud E2 / M2)	LM - C - 216 - 2020 CM - 2104 - 2020 CM - 2105 - 2020

7. OBSERVACIONES

Para 15 g. la balanza indicó 15.004 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009, Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición	N°	Temp. (°C)					
		Inicial 21.4			Final 21.4		
Carga L1= 7.500 kg		Carga L2= 15.000 kg					
		l(kg)	Δl(g)	E(g)	l(kg)	Δl(g)	E(g)
1		7.500	0.4	0.6	15.000	0.4	0.6
2		7.500	0.5	0.5	15.000	0.4	0.6
3		7.500	0.4	0.6	15.000	0.3	0.7
4		7.500	0.4	0.6	15.000	0.4	0.6
5		7.500	0.4	0.6	15.000	0.5	0.5
6		7.500	0.5	0.5	15.000	0.5	0.5
7		7.500	0.4	0.6	15.000	0.6	0.4
8		7.500	0.5	0.5	15.000	0.5	0.5
9		7.500	0.4	0.6	15.000	0.6	0.4
10		7.500	0.4	0.6	15.000	0.5	0.5
Error Máximo				0.1			0.3
Error máximo permitido ±		6 g			±		6 g





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₁				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	I(kg)	ΔL(g)	E(g)	Carga (kg)	I(kg)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)
1	0.200	0.200	0.4	0.6	5.000	5.000	0.4	0.6	0.0
2		0.200	0.5	0.5		5.000	0.4	0.6	0.1
3		0.200	0.6	0.4		5.000	0.6	0.4	0.0
4		0.200	0.5	0.5		5.000	0.4	0.6	0.1
5		0.200	0.4	0.6		5.000	0.4	0.6	0.0

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 6 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	I(kg)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	I(kg)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	
0.200	0.200	0.5	0.5	0.0					2
1.000	1.000	0.6	0.4	-0.1	1.000	0.5	0.6	0.0	2
2.000	2.000	0.5	0.5	0.0	2.000	0.4	0.6	0.1	4
4.000	4.000	0.4	0.6	0.1	4.000	0.5	0.5	0.0	4
5.000	5.000	0.5	0.5	0.0	5.000	0.5	0.5	0.0	6
8.000	8.000	0.5	0.5	0.0	8.000	0.6	0.4	-0.1	6
10.000	10.000	0.5	0.5	0.0	10.000	0.5	0.5	0.0	6
12.000	12.000	0.5	0.5	0.0	12.000	0.6	0.4	-0.1	6
13.000	13.000	0.6	0.4	-0.1	13.000	0.5	0.5	0.0	6
14.000	14.000	0.6	0.4	-0.1	14.000	0.6	0.4	-0.1	6
15.000	15.000	0.6	0.4	-0.1	15.000	0.6	0.4	-0.1	6

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 315E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{6,765E-04 g^2 + 088E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error suministrado Error en costo E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LD - 063 - 2021*Área de Metrología*
Laboratorio de Dureza

Página 1 de 3

1. Expediente	210746	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GEOINCOSUR INGENIEROS CONSULTORA CONSTRUCTORA SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	
3. Dirección	Jr. Ica Mza. G lote. 14 Urb. San Borja - Wanchaq - Cusco - CUSCO	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de medición	MARTILLO PARA PRUEBA DE CONCRETO ESCLERÓMETRO	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	ZC3-A	
Número de Serie	541 (*)	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Alcance de Indicación	1 - 100 Número de Rebote	
Div. Escala / Resolución	1 Número de Rebote	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Tipo	ANALÓGICO	
5. Fecha de Calibración	2021-12-16	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Metrología

Sello

2021-12-16

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2021.12.16 13:12:27
-05'00'

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LD - 063 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Dureza*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración fue efectuada mediante una serie de mediciones del instrumento a calibrar en comparación con los patrones de referencia del laboratorio de calibración considerando las especificaciones requeridas en la norma internacional ASTM C 805 "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete".

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Dureza de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,6 °C	23,6 °C

9. Patrones de referencia

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Yunque de Calibración de marca FORNEY	LABORATORIO DE MATERIALES PUCP MAT-NOV-0857-2020

10. Observaciones

- (*) Código de identificación inscrito en el instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El yunque de calibración se colocó sobre una base rígida para obtener números de rebote confiable.
- La calibración en el yunque de calibración, no garantiza que el martillo dará lecturas repetibles en otros puntos de la escala de lectura.

Área de Metrología
Laboratorio de Dureza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LD - 063 - 2021

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

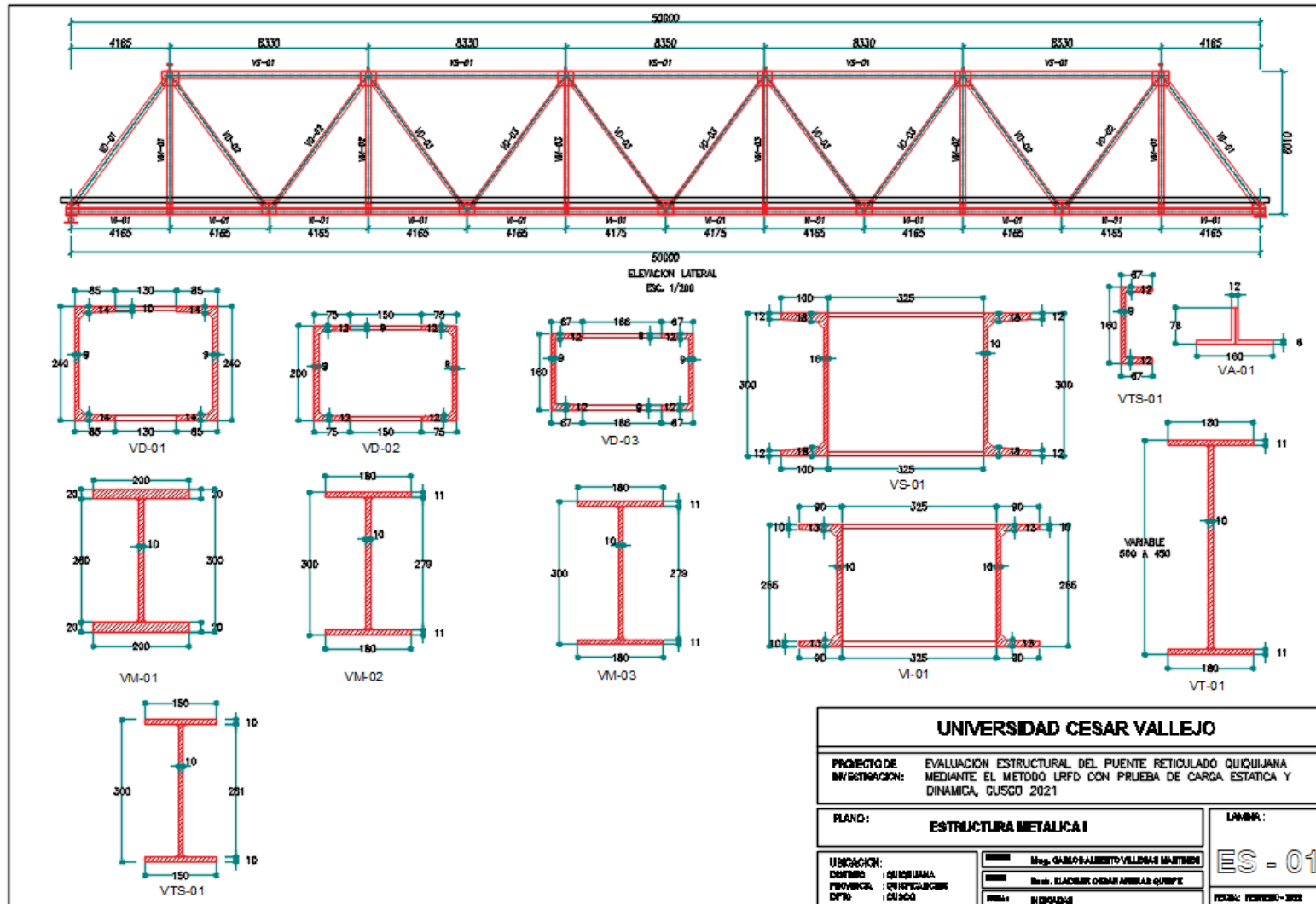
Número de Mediciones	Lectura Indicada del Instrumento a Calibrar
1	80,0
2	79,5
3	80,0
4	80,0
5	80,0
6	80,0
7	79,5
8	80,0
9	80,0
10	80,0
PROMEDIO	79,9
Desv. Estándar	0,21

Nota 1.- Para una mejor toma de datos se subdividió la división mínima del equipo en 2 partes.

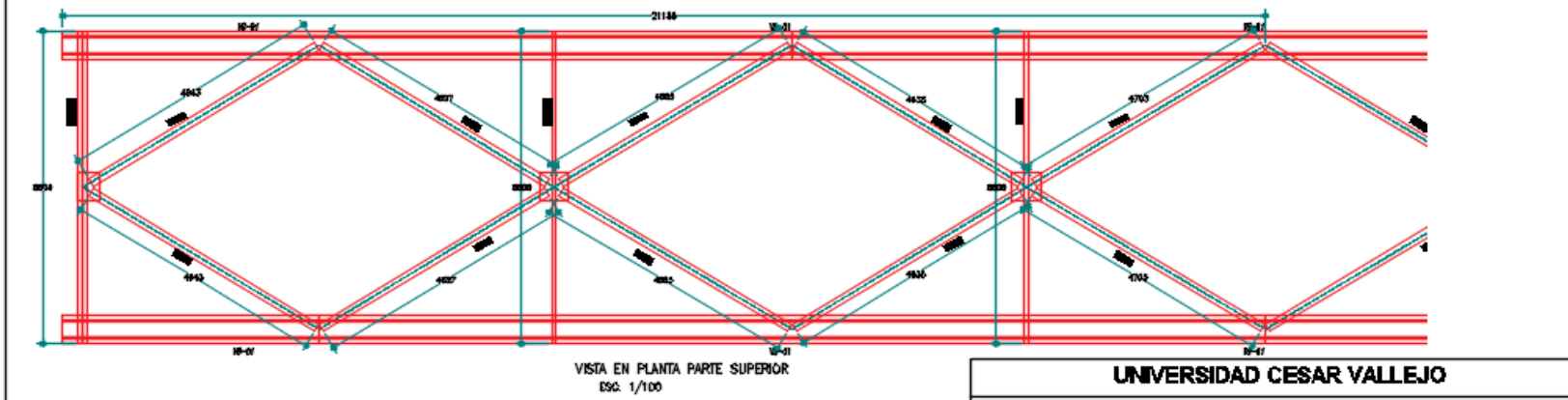
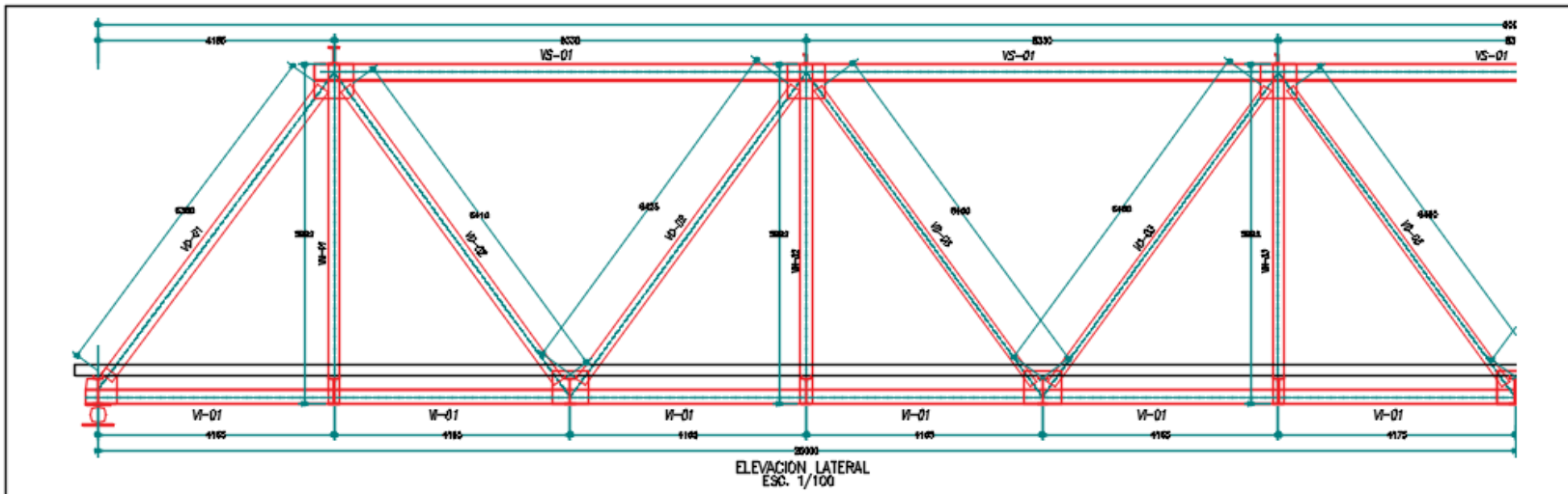
Nota 2.- El error máximo permitido de rebote para un esclerómetro es de 80 ± 2 , según norma internacional ASTM C805.

Fin del documento

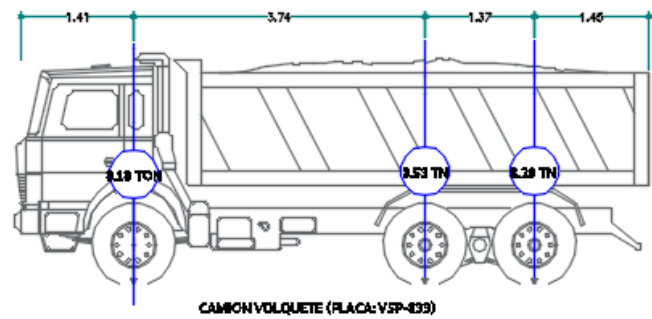
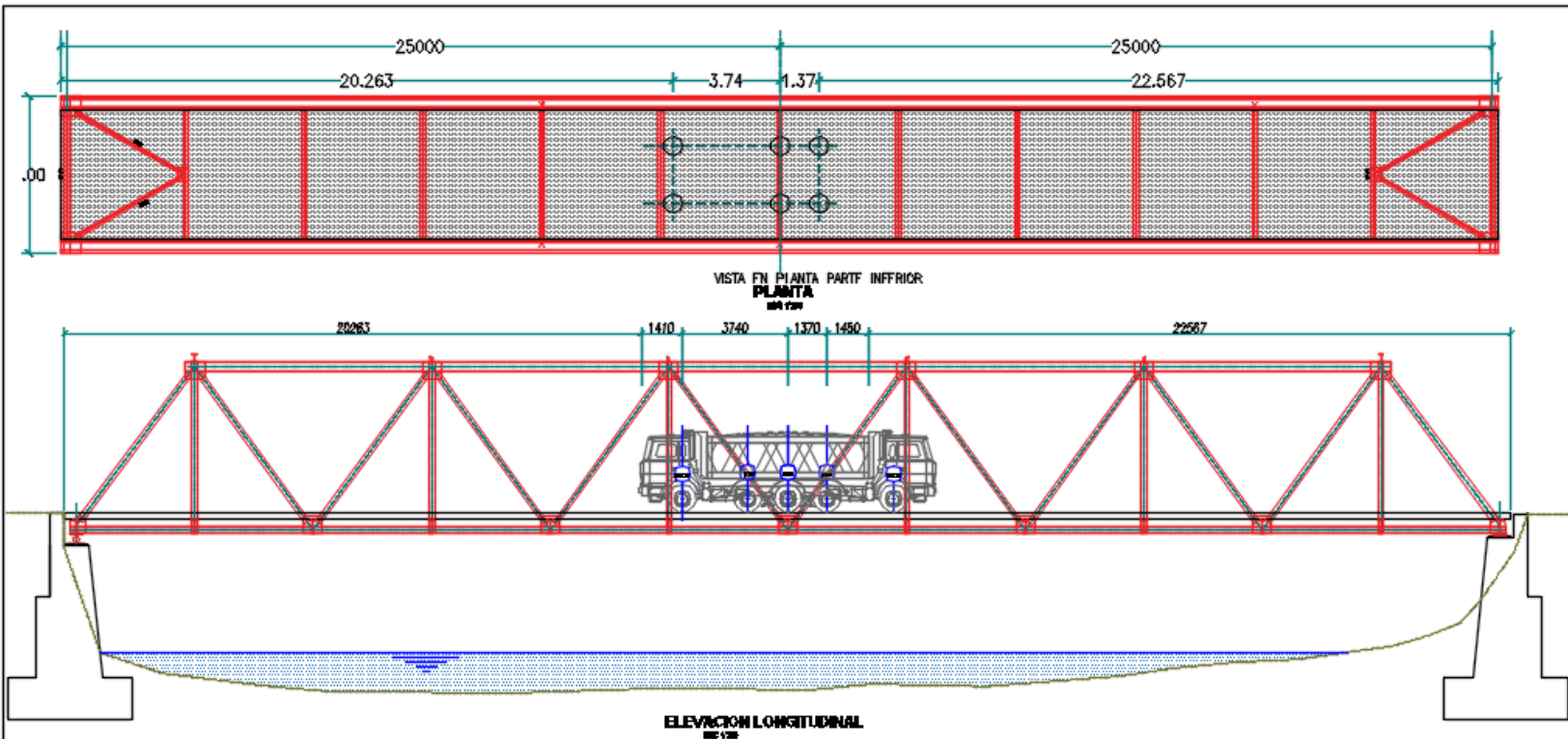
ANEXO 16: PLANOS



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO							
PROYECTO DE INVESTIGACION:	EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIQUILANA MEDIANTE EL METODO LRFD CON PRUEBA DE CARGA ESTANCA Y DINAMICA, CUSCO 2021						
PLANO:	ESTRUCTURA METALICA I						
UBICACION:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">DEPARTAMENTO: QUILIMANA</td> <td style="width: 50%;">REGIÓN: QUILIMAYA</td> </tr> <tr> <td>PROVINCIA: QUILIMAYA</td> <td>DISTRITO: QUILIMAYA</td> </tr> <tr> <td>CANTÓN: QUILIMAYA</td> <td>PARISH: QUILIMAYA</td> </tr> </table>	DEPARTAMENTO: QUILIMANA	REGIÓN: QUILIMAYA	PROVINCIA: QUILIMAYA	DISTRITO: QUILIMAYA	CANTÓN: QUILIMAYA	PARISH: QUILIMAYA
DEPARTAMENTO: QUILIMANA	REGIÓN: QUILIMAYA						
PROVINCIA: QUILIMAYA	DISTRITO: QUILIMAYA						
CANTÓN: QUILIMAYA	PARISH: QUILIMAYA						
LABOR:	ES - 01						
FECHA:	FECHERO-2021						



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO							
PROYECTO DE INVESTIGACION:	EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIQUIJANA MEDIANTE EL METODO LRFD CON PRUEBA DE CARGA ESTADICA Y DINAMICA, CUSCO 2021						
PLANO:	ESTRUCTURA METALICA II						
UBICACION:	<table border="1"> <tr> <td>ANEXO:</td> <td>Mag. CARLOS ALBERTO YLLANABAYENES</td> </tr> <tr> <td>DISEÑO:</td> <td>Mag. BLADIMIR CERAMENDO QUISPE</td> </tr> <tr> <td>PROYECTO:</td> <td>ESTADIA</td> </tr> </table>	ANEXO:	Mag. CARLOS ALBERTO YLLANABAYENES	DISEÑO:	Mag. BLADIMIR CERAMENDO QUISPE	PROYECTO:	ESTADIA
ANEXO:	Mag. CARLOS ALBERTO YLLANABAYENES						
DISEÑO:	Mag. BLADIMIR CERAMENDO QUISPE						
PROYECTO:	ESTADIA						
<table border="1"> <tr> <td>DISEÑO:</td> <td>Mag. CARLOS ALBERTO YLLANABAYENES</td> </tr> <tr> <td>PROYECTO:</td> <td>Mag. BLADIMIR CERAMENDO QUISPE</td> </tr> <tr> <td>DIVISION:</td> <td>ESTADIA</td> </tr> </table>	DISEÑO:	Mag. CARLOS ALBERTO YLLANABAYENES	PROYECTO:	Mag. BLADIMIR CERAMENDO QUISPE	DIVISION:	ESTADIA	ES - 02
DISEÑO:	Mag. CARLOS ALBERTO YLLANABAYENES						
PROYECTO:	Mag. BLADIMIR CERAMENDO QUISPE						
DIVISION:	ESTADIA						
PÁGINA PRIMERA DE 202							



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
PROYECTO DE INVESTIGACION: EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PUENTE RETICULADO QUIJULIANA MEDIANTE EL METODO LRFD CON PRUEBA DE CARGA ESTATICA Y DINAMICA, CUSCO 2021	
PLANO:	UBICACION DE CARGAS
UBICACION: <input type="checkbox"/> M.ºg. CALMAYALMAYO VILLAGA MAITIMBO DEPARTAMENTO: <input type="checkbox"/> QUINUA PROVINCIA: <input type="checkbox"/> QUINUA DISTRITO: <input type="checkbox"/> CUSCO	LINDA: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">ES - 05</div> FECHA: FEBRERO - 2022

ANEXO N° 17 – PANEL FOTOGRAFICO



Vista desde aguas debajo de la estructura de puente Quiquijana



Vista frontal del puente Quiquijana



Calculo del peso unitario del material a cargar al camión de prueba.



Pesaje de material que será utilizado para la prueba de carga.



Proceso de carga de la superestructura con del camión de prueba



Ubicación del camión de carga en el centro de luz del puente



Ubicación de miras en centro de luz del puente para toma de lecturas y medición de las deformaciones verticales



Ubicación y lectura de deformímetros para medir los desplazamientos horizontales.



Equipos topográficos (nivel) utilizados para la toma de las mediciones de las deformaciones verticales



Personal técnico de la prueba de carga de la superestructura del puente Quiquijana



Ensayos de esclerometría para diagnosticar la capacidad de resistencia del tablero de concreto.



Ensayos de esclerometría para diagnosticar la capacidad de resistencia del estribo y tablero.