

UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE PEATONAL SOBRE LA
RUTA NACIONAL N.º 21 FRENTE AL CENTRO EDUCATIVO
DE COMUNIDAD DE CARRILLO EN GUANACASTE**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA
CIVIL**

AUTOR:

HARLEY ELMO STEWART VALLEJOS

TUTOR:

ING. LINCOLN SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

SEDE SAN JOSÉ

III CUATRIMESTRE, 2021

Carta de aprobación del filólogo

Cartago, 08 de diciembre de 2021

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, mayor, casada, filóloga, incorporada a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0247, portadora de la cédula de identidad número 3-0447-0799 y, Daniel González Monge, mayor, casado, filólogo, incorporado a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0245, portador de la cédula de identidad número 1-1345-0416, ambos vecinos de Quebradilla de Cartago, revisamos el trabajo final de graduación que se titula: *Análisis de factibilidad técnica para la construcción de un puente peatonal sobre la Ruta Nacional N.º 21 frente al centro educativo de Comunidad de Carrillo en Guanacaste*, sustentado por Harley Elmo Stewart Vallejos.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de ortografía, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto. A pesar de esto, la originalidad y la validez del contenido son responsabilidad directa del autor.

Esperamos que nuestra participación satisfaga los requerimientos de la Universidad Central.

X

Elena Redondo Camacho
Filóloga - Carné ACFIL n.º 0247

X

Daniel González Monge
Filólogo - Carné ACFIL n.º 0245

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I. Problema.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.1.1. Pregunta del problema.....	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Antecedentes	4
1.4.1. Antecedentes internacionales	4
1.4.2. Antecedentes nacionales.....	9
1.5. Proyecciones.....	14
1.5.1. Alcances	14
1.5.2. Limitaciones	14
Capítulo II. Marco teórico	16
2.1. Gestión de proyectos	17
2.2. Infraestructura urbana.....	17
2.3. Puente peatonal	18
2.4. Tipos de puentes peatonales	18

2.4.1. Puente colgante	18
2.4.2. Puentes de arco	19
2.4.3. Puentes de madera.....	19
2.4.4. Puentes de piedra	19
2.4.5. Puentes de viga	20
2.4.6. Puentes peatonales	20
2.5. Componentes de un puente	21
2.6. Factibilidad	21
2.7. Estudio de factibilidad	22
2.8. Factibilidad técnica.....	22
2.9. Infraestructura vial.....	22
2.10. Peatones.....	23
2.11. Importancia de un puente peatonal.....	23
2.12. Paso peatonal	23
2.13. Diferencia entre un puente y un paso peatonal.....	23
2.14. Proyecto constructivo	24
2.14.1. Partes de un proyecto	24
2.14.1.1. Memoria.....	24
2.14.1.2. Planos.....	24
2.14.1.3. Condiciones	25

2.14.1.4. Presupuesto.....	25
2.15. Viabilidad.....	25
2.15.1. Tipos de viabilidad	25
2.15.1.1. Técnica	25
2.15.1.2. Económica	25
2.15.1.3. Financiera	26
2.15.1.4. Comercial.....	26
2.16. Estudio geotécnico	26
2.16.1. Tipos de estudios geotécnicos más comunes.....	26
2.17. Estudio de movilidad peatonal	27
2.18. Estudio de flujo vehicular	27
2.19. Estudio topográfico	29
2.20. Diseño estructural	29
2.20.1. Elementos que componen el diseño estructural	29
2.20.1.1. Estructuración	29
2.20.1.2. Análisis	30
2.20.1.3. Diseño.....	30
2.20.1.4. Dibujo.....	30
2.20.1.5. Memoria de cálculo.....	30
2.21. Programa de diseño estructural	30

2.22. SAP2000	30
2.23. Análisis estructural del puente	31
2.23.1. Análisis sísmico	31
2.23.2. Espectro de diseño	31
2.24. Cargas para considerar en puentes	34
2.24.1.1. Cargas muertas o cargas permanentes	35
2.24.1.2. Cargas temporales	35
2.24.1.3. Cargas de sismo	35
2.25. Diseño en acero	35
2.26. Perfil W.....	35
2.27. Elementos en tensión.....	38
2.28. Resistencia en tensión	38
2.29. Elementos en compresión.....	39
2.30. Esbeltez de los elementos en compresión	40
2.31. Diseño en compresión.....	41
2.32. Elementos con elementos esbeltos.....	42
2.33. Elementos en flexión	42
2.34. Sección compacta o no compacta	43
2.35. Diseño a flexión.....	43
2.36. Estado límite de fluencia en miembro a flexión	43

2.37. Pandeo lateral torsional en miembros compactos de simetría doble	44
2.38. Diseño de concreto	46
2.39. Losa de concreto.....	46
2.40. Cimentaciones superficiales.....	46
2.41. Auto-CAD	47
2.42. Planos de una obra constructiva	47
2.42.1. Tipos de planos de una obra constructiva.....	47
2.42.1.1. Planos de localización	48
2.42.1.2. Planos topográficos	48
2.42.1.3. Planos de cimentación.....	48
2.42.1.4. Planos de instalaciones electromecánicas	48
2.42.1.5. Planos de plantas	48
2.42.1.6. Planos de corte de secciones	48
2.42.1.7. Planos de acabados y detalles	49
2.42.1.8. Plano de fachadas	49
2.42.1.9. Planos de cubiertas	49
2.43. Subestructura de un Puente.....	49
2.44. Superestructura de un puente.....	49
2.45. Accesorios de un puente.....	50
2.46. Economía	50

2.47. Costos	50
2.47.1. Costos directos	50
2.47.2. Costos indirectos	51
2.48. Presupuesto	51
2.48.1. Importancia de un presupuesto.....	51
2.48.2. Tipos de presupuesto.....	51
2.48.2.1. Presupuesto de operación	51
2.48.2.2. Presupuesto financiero	52
2.48.3. Elaboración de un presupuesto	52
Capítulo III. Marco metodológico.....	53
3.1. Enfoque de la investigación	54
3.2. Método de investigación.....	54
3.3. Sujetos y fuentes de información	54
3.4. Instrumentos	55
3.5. Proceso para la recolección y análisis de datos.....	56
Capítulo IV. Análisis de resultados.....	57
4.1. Sitio de estudio.....	58
4.2. Estudio de flujo vehicular	58
4.3. Estudio de movilidad peatonal	61
4.3.1. Imágenes del sitio	62

4.4. Estudio topográfico	65
4.5. Estudio de suelo.....	66
4.6. Consideraciones de diseño	67
4.7. Clasificación estructural	67
4.8. Capacidad del suelo.....	68
4.9. Cargas de diseño	69
4.10. Modelo SAP2000	70
4.11. Cargas aplicadas	71
4.11.1. Carga permanente	71
4.11.2. Carga temporal	73
4.12. Coeficientes de diseño.....	74
4.13. Cálculo de peso sísmico	75
4.14. Conversión de fuerzas de sismo a derivas.....	76
4.15. Determinación del espectro de diseño	77
4.16. Memoria de cálculo de elementos del puente	78
4.17. Fundaciones.....	86
4.18. Planos arquitectónicos y estructurales	87
4.19. Cronograma de tiempos de proyecto	90
4.20. Presupuesto globalizado	91
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones	94

5.1. Conclusiones.....	95
5.2. Recomendaciones	95
Bibliografía	97
Apéndices.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estación de medición de TPDA en la Ruta Nacional n.º 21	59
Tabla 2 Datos obtenidos del flujo de tránsito matutino	60
Tabla 3 Datos obtenidos del flujo de tránsito vespertino	60
Tabla 4 Total obtenido de tránsito promedio diario	61
Tabla 5 Datos de movilidad peatonal en Comunidad de Carrillo.....	62
Tabla 6 Clasificación de la estructura del puente peatonal	68
Tabla 7 Datos de suelo	69
Tabla 8 Cargas de la estructura	69
Tabla 9 Cargas permanentes	72
Tabla 10 Coeficientes sísmicos.....	74
Tabla 11 Coeficientes sísmicos espectrales.....	75
Tabla 12 Cálculo de peso sísmico de la estructura	75
Tabla 13 Conversión de derivas.....	76
Tabla 14 Resultado del análisis estático	77
Tabla 15 Características de los elementos de acero por utilizar	79
Tabla 16 Capacidad de los elementos de acero por utilizar	80
Tabla 17 Características de los elementos de acero por utilizar	82
Tabla 18 Capacidad de los elementos de acero por utilizar	84
Tabla 19 Memoria de cálculo de fundaciones	86
Tabla 20 Presupuesto global del puente peatonal	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes de un puente	21
Figura 2 Elaboración del flujo vehicular.....	28
Figura 3 Diagrama de espectro de diseño	32
Figura 4 Diagrama espectro elástico.....	33
Figura 5 Tabla 12.2-1 Coeficientes y factores de diseño para fuerzas de sismo	34
Figura 6 Perfil W.....	36
Figura 7 Secciones laminadas en caliente	37
Figura 8 Nomenclatura de sección transversal	37
Figura 9 Razones ancho-espesor: elementos en compresión.....	41
Figura 10 Vista preliminar del sitio en estudio.....	58
Figura 11 Flujo vehicular sobre Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo en Comunidad de Carrillo Guanacaste	63
Figura 12 Flujo vehicular sobre Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo en Comunidad de Carrillo Guanacaste	64
Figura 13 Flujo vehicular sobre Ruta Nacional n.º 21 frente a la parada de buses en Comunidad de Carrillo Guanacaste	65
Figura 14 Topografía de la zona	66
Figura 15 Modelado en SAP2000	71
Figura 16 Carga permanente aplicada al puente	73
Figura 17 Carga temporal aplicada al puente.....	74
Figura 18 Peso sísmico de la estructura	76
Figura 19 Forma espectral elástica	78

Figura 20 Vista en planta de rampas.....	88
Figura 21 Fundaciones y vistas laterales	89
Figura 22 Detalles estructurales.....	90
Figura 23 Cronograma del proyecto.....	91

RESUMEN

La presente investigación consistió en llevar a cabo la factibilidad técnica para determinar si es posible la construcción de un puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 21, frente al centro educativo de Comunidad de Carrillo en Guanacaste. Para esto se hizo un estudio de movilidad peatonal y de flujo vehicular y, con base en el estudio de la topografía del sitio, se elaboró el diseño propuesto del puente peatonal. Debido a la gran cantidad de datos que se analizaron, el enfoque cuantitativo de este estudio fue de suma importancia. A partir de esta investigación, se considera que la necesidad de los peatones y los conductores que utilizan la Ruta Nacional n.º 21 se solucionaría con la construcción de un puente peatonal sobre la ubicación propuesta. Por este motivo, se debe promover que esta necesidad de la construcción del puente peatonal llegue a conocimiento del MOPT para que se pueda ejecutar y se convierta en una realidad.

Capítulo I. Problema

1.1. Planteamiento del problema

En los últimos años se ha comprobado que la inexistencia de un paso o puente peatonal ha incurrido en la mayoría de los accidentes de tránsito, principalmente por la cantidad de vehículos pesados que transitan sobre la ruta n.º 21 provenientes de empresas agroindustriales en la zona (azúcar, melón, arroz). Estos accidentes ocurren con frecuencia entre vehículos y con estudiantes del centro educativo que intentan cruzar la carretera.

Incluso los conductores que circulan sobre la ruta n.º 21 a altas velocidades irrespetan las señales que restringen la velocidad a 25 km/h por tratarse de una zona escolar. A lo anterior se suma la inaccesibilidad que existe en el lugar de una infraestructura vial por parte del gobierno, el mal estado de los espacios públicos y la imprudencia de muchos peatones que por cruzar la carretera ponen su vida y la de los conductores en riesgo.

Por esto, es necesario llevar a cabo modificaciones a la infraestructura vial de la zona. Lo anterior con el propósito de disminuir accidentes y satisfacer la necesidad que existe por parte de los peatones y conductores que utilizan la Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo de Comunidad de Carrillo en Guanacaste de un paso seguro, que garantice la fluidez de tránsito de los vehículos y de los peatones.

1.1.1. Pregunta del problema

¿Cuáles criterios de factibilidad técnica deben considerarse para la construcción de un puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo de Comunidad de Carrillo en Guanacaste, para solucionar el problema de tránsito seguro peatonal y fluidez vehicular?

1.2. Objetivos

A continuación, se presentan los objetivos del presente estudio.

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar el análisis de factibilidad técnica y económica para la construcción de un puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo de Comunidad de Carrillo en Guanacaste.

1.2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de la investigación son los siguientes:

1. Identificar la importancia de un puente peatonal como elemento de infraestructura vial para la mejora del flujo vehicular, así como la movilidad y seguridad peatonal.
2. Realizar la factibilidad técnica para la construcción del puente peatonal, tomando en cuenta los estudios de movilidad urbana, flujo vehicular y estudios geotécnicos.
3. Elaborar los planos arquitectónicos de la subestructura, superestructura y rampas de accesibilidad del puente peatonal propuesto.
4. Elaborar un presupuesto globalizado del diseño estructural del puente peatonal propuesto.

1.3. Justificación

Este estudio pretende promover la construcción de más puentes peatonales en el ámbito nacional, debido a que este tipo de obra permite que los peatones no pongan en riesgo su seguridad y tampoco interfieran con el tránsito vehicular. Lo anterior ya que en promedio mensualmente más de ocho personas pierden la vida en esta ruta al intentar cruzar en zonas inadecuadas. Se debe considerar que los peatones son actores activos del tránsito, es por esta razón que los puentes peatonales son una necesidad que ayudan a proteger a cada persona que lo utilice.

La utilidad de esta investigación consiste en determinar, por medio de un análisis de factibilidad técnica, la posibilidad de la construcción de un puente peatonal, debido al alto flujo vehicular sobre la ruta nacional n.º 21. A esto se le suma el exceso de

velocidad vehicular, a pesar de ser una zona escolar y presentar gran movilidad peatonal.

Esta investigación permite ofrecer a las personas una mejor movilización sobre una obra de infraestructura vial que cumpla con todas las normativas de diseño y seguridad. Este tipo de infraestructura vial, que obedece las normas de diseño y seguridad que establece el Código Sísmico de Costa Rica, protege a los peatones y conductores y a la vez, contribuye con una mejora de la movilización de los peatones y vehículos. Esto con el fin de contribuir con la mejora de la cultura peatonal actual para que sea más segura y efectiva.

1.4. Antecedentes

En las siguientes secciones se presentan los antecedentes nacionales e internacionales más relevantes para el estudio.

1.4.1. Antecedentes internacionales

A continuación, se detallan:

- Peralta Peralta, F. J. (2018). Diseño estructural de puentes peatonales sobre la autopista Pimentel Chiclayo Tesis de la Universidad señor de Sipán de Perú.

La presente investigación está basada en el diseño estructural de un puente peatonal sobre la autopista Pimentel y Chiclayo, donde se ha hecho los estudios y el diseño de dicho puente. La problemática que existió en la zona de estudio ha llevado consigo para optar con el diseño del puente. Se ha tenido como objetivo el diseño de la estructura de un puente peatonal sobre la autopista Pimentel - Chiclayo en el km 7+874 para facilitar la transito seguro de los usuarios considerando la normatividad vigente (Peralta Peralta, 2018, p. 13).

Debido al riesgo latente de peatones y conductores sobre rutas principales y autopistas y la necesidad de paso seguro sobre estas, se optó por diseñar propuestas de diseño de puentes peatonales. Lo anterior por la diferencia que existe con los pasos

peatonales, en los que, por lo general, a pesar de existir una restricción de paso de vehículos mientras se encuentra habilitado el paso de los peatones, este se irrespeta, lo que provoca accidentes mortales sobre estas rutas. Por esto, se considera que un puente peatonal mejoraría el flujo vehicular y peatonal y disminuiría el riesgo de accidentes de tránsito:

Para la elaboración de esta investigación se revisó información física, virtual, y además se utilizaron instrumentos, métodos y técnicas en conjunto. La información sirvió de base para hacer el diseño, realizar los estudios, entre otros aspectos que se tuvieron en cuenta en el desarrollo del contenido (Peralta Peralta, 2018, p. 13).

En relación con la factibilidad técnica, se busca la mejora de la transitabilidad peatonal sobre y alrededores de la autopista y la reducción de accidentes de tránsito, ya que estos son muy recurrentes en rutas de alta velocidad como una autopista o ruta nacional. Se espera que esta investigación sirva para solucionar estos problemas y, al mismo tiempo, para proyectos constructivos que logren mejorar la infraestructura vial y la seguridad urbana.

- González, G. (2018). Propuesta de geometrización de la superestructura del puente San Pedro ubicado en el municipio libertador, distrito capital Caracas-Venezuela (Tesis de la Universidad Nueva Esparta de Venezuela).

El siguiente estudio está basado en la necesidad de comunicación y relaciones humanas ha conllevado desde épocas remotas a la construcción de caminos y vías con la finalidad de transportar personas, mercancías y materias primas para la comercialización. En Venezuela, a medida que pasa el tiempo y la población aumenta, se incrementan las necesidades de traslados para lograr la llegada a una localidad, sin tener que invertir mucho tiempo en el recorrido; por ello los puentes son estructuras que facilitan la unión de dos regiones que están separadas por un obstáculo ya sea natural o artificial (González, 2018, pp. 18-19).

En muchas regiones los puentes son un elemento de gran importancia en la infraestructura vial, ya que con estos se evita que los usuarios inviertan mayor tiempo y dinero sobre las carreteras. En muchas ocasiones los peatones se exponen a atropellos por la necesidad de cruzar por una ruta sin algún elemento de infraestructura vial que les habilite el paso y, en muchos casos, la imprudencia de estos suele ser el mayor motivo de los accidentes de tránsito entre peatones y conductores. De acuerdo con González (2018):

El puente San Pedro ubicado en el Municipio Libertador específicamente entre Santa Mónica y Valle Abajo presenta una serie de fallas que, gracias al aumento desmedido de vehículos existentes en el Municipio Libertador, la desobediencia a la normativa establecida en el país y a la negligencia por parte de los conductores de carga pesada que transitan por esta vía, han ido deteriorando el puente cada vez más, teniendo en cuenta pues que en esta superestructura ya se realizó una restauración (pp. 18-19).

Según González (2018), se busca una mejoría en la superestructura, ya que esta ha sufrido grandes fallas a causa del crecimiento vehicular del país, principalmente por vehículos de carga pesada. En relación con el estudio de factibilidad técnica que se pretende llevar a cabo, se busca brindar una mejoría en la infraestructura vial, ya que a pesar de ser un puente vehicular también transitan peatones, por lo que una estructura tan importante como un puente en mal estado pone en riesgo la integridad de los conductores y peatones que lo usan a diario.

- Urbina Henríquez, J. D. (s. f.). Procesos constructivos de los puentes en Nicaragua: vigas pretensadas caso Momotombo (Tesis de la universidad nacional autónoma de Nicaragua).

Un tercer estudio de investigación aborda los procesos constructivos de los puentes en Nicaragua, para ello se enfocará en el caso del puente a Momotombo, ubicado en el empalme a León Viejo en el km 10+716, es una estructura completamente nueva, como parte del proyecto rehabilitación de la carretera la Paz Centro Malpaisillo. El Proyecto La Paz Centro-Malpaisillo es parte de una nueva red vial, impulsada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

(Urbina Henríquez, s. f., p. 1).

El conocer los procesos de construcción de estructuras de una red vial es importante, ya que el conocimiento y el aprendizaje que dejan estos proyectos aportan datos para mejorar tiempos, métodos de diseño, comportamiento de materiales, entre otros. Esta información es de gran aporte para futuras obras constructivas en las que se pretenda llevar a cabo diseños y obras con altos estándares de calidad que garanticen durabilidad y seguridad a los usuarios que las utilicen. Según Urbina Henríquez (s. f.):

En la última década se ha impulsado nuevos procesos constructivos de puentes, como el de Vigas Pre-Tensadas, que permite una mayor durabilidad y resistencia a cargas, así como la finalización de la obra en menor tiempo que antes. Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles profundos, hondonadas, lagos o brazos de mar y obstáculos artificiales. Son diseñados para proporcionar el paso continuo sobre el obstáculo y normalmente sirven a carreteras y ferrocarriles con el fin de unir caminos de viajeros y mercancías. Los puentes también pueden servir para conducir agua o soportar cables de líneas de energía o de telecomunicaciones (p. 1).

Parte de la presente investigación consiste en conocer los procesos constructivos para llevar a cabo la construcción de puentes peatonales. En el caso de esta tesis presentada por Urbina Henríquez (s. f.), se trata de un puente vehicular, en el que se busca promover el uso de vigas pretensadas, lo cual pretende brindar una mayor durabilidad en las estructuras y mayor resistencia. Por lo tanto, como parte del análisis de factibilidad técnica se busca utilizar elementos pretensados que generen confianza y seguridad para los usuarios que utilicen este puente peatonal.

- Cuesta Muñoz, D. (2018). Diseño preliminar y cálculo de pasarela peatonal atirantada realizada en materiales compuestos (Tesis de la Universidad Carlos III de Madrid, España).

Esta última investigación pretende demostrar los parámetros de diseño y el consiguiente cálculo de una pasarela peatonal atirantada. La estructura de estudio está destinada a la circulación de ciclistas y peatones, de forma que

ofrezca una alternativa real al tránsito, afianzando la seguridad de los transeúntes. Este proyecto comprende el diseño y cálculo preliminar de la estructura de la pasarela mediante el empleo de materiales compuestos. Estos materiales, muy frecuentemente utilizados en aplicaciones en automoción, aeronáuticas, o incluso deportivas; no son tan utilizados en el ámbito de la edificación e ingeniería civil (Cuesta Muñoz, 2018, p. 1).

La implementación de materiales compuestos en la construcción promueve la búsqueda de alternativas de materiales, procesos y sistemas constructivos, que disminuyan los costos y el impacto ambiental, así como la mejoría en la resistencia y durabilidad de las edificaciones. Este criterio de durabilidad disminuiría los costos en futuras remodelaciones, las cuales no son más que mantenimientos a causa del desgaste y poca durabilidad de los materiales que se utilizan con frecuencia en la actualidad. Lo anterior ya que, por lo general, durante las construcciones se omiten procesos de gran importancia para elementos que estarán a la intemperie y pueden presentar corrosión, desmoronamiento y agrietamientos. De acuerdo con Cuesta Muñoz (2018):

Con el pasar de los años se pueden encontrar diversos ejemplos de su aplicación, siguen estando en desuso en comparación con otros materiales más convencionales como lo son el acero y el hormigón, debido a la inercia del sector. No obstante, los materiales compuestos presentan grandes ventajas a la hora de su utilización en el ámbito estructural, como lo son las excelentes propiedades mecánicas que presentan, su alta resistencia frente a los agentes medioambientales y sus menores costes de mantenimiento debido a la dificultad que presentan a sufrir corrosión (p. 1).

Según lo indica Cuesta Muñoz (2018), se busca construir un puente peatonal con materiales compuestos, con el fin de que se utilice para peatones y ciclistas. Esto para la presente investigación promueve la construcción de puentes peatonales para distintos tipos de usuarios, ya que los peatones y ciclistas son víctimas frecuentes de accidentes de tránsito, lo que los convierte en protagonistas vulnerables de la infraestructura vial.

1.4.2. Antecedentes nacionales

A continuación, se detallan:

- Cheng Chen, S. (2020). Estudio de la factibilidad de la incorporación del componente salud en los procesos de evaluación de proyectos de transporte (Tesis de la Universidad de Costa Rica).

En la presente nota se indica que, para esta tesis se involucró la colaboración multidisciplinaria entre escuelas como Ingeniería Civil y Tecnologías en Salud, para aplicar la herramienta de Evaluación Económica de la Salud (HEAT), por sus siglas en inglés de Health Economic Assessment Tool), que fue creada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) con el fin de determinar el valor que se obtiene al reducir la mortalidad, gracias a la práctica de ejercicios físicos como la caminata y la bicicleta. Al aplicar dicha herramienta se logran estimar variables como el número de muertes debido a la exposición a determinados niveles de contaminación en el aire. Un tercer indicador es la cantidad de emisiones de CO₂ que se ahorrarían, al cambiar un vehículo automotor por alguna de las actividades físicas antes descritas para moverse (Salas Murillo, 2020, s. p.).

En la actualidad, muchos de los proyectos constructivos están pensados para contribuir con el ambiente y la salud de las personas. Estos proyectos se encuentran en mejora continua como puentes peatonales, puentes de uso mixto y ciclo vías. Las nuevas generaciones han optado por el uso de medios de transporte amigables con el ambiente como bicicletas y *scooters* eléctricos. Sin embargo, no se puede descartar que la forma más común es caminar, por lo que estos usuarios requieren de zonas seguras para dirigirse a sus destinos sin poner sus vidas en riesgo y disminuir la cantidad de vehículos que saturan las carreteras. Según Salas Murillo (2020):

En esta tesis se logró conocer que en un período de diez años ese puente peatonal generaría beneficios, principalmente provenientes de la actividad física, por unos \$ 9,7 millones y se prevendrían 1,4 muertes al año, al asumir que parte de los usuarios del autobús interno de la UCR utilizarán el nuevo recorrido entre las dos fincas (s. p.).

Cheng (2020) destaca la importancia que tiene el uso de un puente peatonal en la disminución de costos y en los decesos por accidentes de tránsito. Debido a que en la actualidad se promueve el uso de medios de transporte que disminuyan la contaminación y mejoren la salud de las personas, muchos de los usuarios de vehículos han optado por caminar o utilizar la bicicleta como medio de transporte. Esto genera un aumento en los peatones y ciclistas que requieren de un puente peatonal para llegar a su destino de forma segura. Por lo tanto, en la presente investigación se busca demostrar con argumentos técnicos los beneficios en seguridad y salud que generaría un puente peatonal en una zona de alto tránsito vehicular.

- Brenes Mejía, M. (2021). Peatones arriesgan vida al pasar por puente. Noticia de Diario Extra de Costa Rica.

En una segunda nota se indica como los peatones que utilizan un puente peatonal que comunica a Pavas con Escazú arriesgan su vida a diario por las malas condiciones en que se encuentra la estructura, a tal punto que vecino de Pavas pasó por el lugar, sufrió un accidente y casi termina en un río tras sufrir una herida en la pierna derecha luego de incrustarse un trozo de metal. El cuerpo de bomberos le ayudó al sujeto a liberar la extremidad porque estaba a punto de caer al río que se encuentra debajo de la estructura (Brenes Mejía, 2021, s. p.).

En el ámbito nacional existe una gran deficiencia en el mantenimiento de las infraestructuras de uso público, especialmente el caso de los puentes. Los gobiernos locales (municipalidades) tienen la obligación de velar por estas estructuras que se encuentran en su jurisdicción, sin embargo, la corrupción, malversación de fondos y obras no prioritarias han afectado el mantenimiento adecuado de puentes, carreteras y otras obras que requieren un mantenimiento continuo. Además, la falta de seguridad en los municipios ha provocado que muchas obras, en especial los puentes peatonales, sean afectados por personas que dañan la estructura y roban partes de esta. Brenes Mejía (2021) afirma:

Según lo indicado por el gerente del departamento de Provisión de Servicios de la Municipalidad de San José, que esta estructura está planificada para ser de paso peatonal y no vehicular, por lo que el problema es que este puente lo utilizan

muchas motocicletas las cuales por lo vieja que es la estructura esta tienda a fallar (s. p.).

De acuerdo con Brenes Mejía (2021), existe una deficiente planificación para destinar recursos a proyectos con una alta demanda de utilidad, como el caso de este puente peatonal, en el que a pesar de que la estructura existe, no brindan el mantenimiento adecuado. Tampoco se ofrece una alternativa adicional para los peatones, hasta el punto de que varios de los usuarios han sufrido accidentes a causa del poco interés gubernamental por dar prioridad a proyectos que son de uso diario.

Con respecto al caso de la Ruta Nacional n.º 21, se presenta una situación similar, en la que muchos peatones arriesgan sus vidas para cruzar por una ruta, la cual se considera de gran importancia, ya que sobre esta se mueve un gran porcentaje del turismo de la provincia. Por lo tanto, se busca que, con datos técnicos de muchos casos e investigaciones, se motive a los futuros gobiernos para que se le dé la prioridad que a estos proyectos que tanto requieren los usuarios.

- Hernández, H. y Fernández, A. (2018). Estudio de la movilidad peatonal en un centro urbano: un caso en Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

En el siguiente estudio se realizó el análisis de la movilidad peatonal en el centro urbano del distrito de Guadalupe de Goicoechea en San José, Costa Rica; el cual incluye: la caracterización de los usuarios y sus flujos, el volumen peatonal y los niveles de servicio peatonal en las aceras estudiadas. Se obtuvieron los volúmenes peatonales mediante contadores automáticos, además se realizaron conteos manuales para evaluar el desempeño del equipo utilizado. Se efectuó una encuesta con el propósito de caracterizar a los usuarios y sus viajes y conocer la percepción acerca de la infraestructura peatonal (Hernández y Fernández, 2018, s. p.).

Llevar a cabo este tipo de estudios para efectos de una investigación que requiera el comportamiento de los peatones y su movilidad, es de gran utilidad para muchos entes encargados en estudios de factibilidad de proyectos constructivos. En este caso el estudio se ubicó en un solo distrito del cantón de Goicoechea, sin embargo, sería de

gran importancia promover estudios en cada cantón del país. Esto con el fin de tener mayores referencias estadísticas de la población peatonal de Costa Rica. Hernández y Fernández (2018) afirman:

El estudio muestra que la población peatonal es muy diversa, aun así, se pueden observar comportamientos como: la disminución en el número de peatones conforme aumenta la edad de la población encuestada después de los 55 años. Los peatones usualmente caminan en la zona de estudio entre cinco y 35 minutos (distancias cortas), un 79 por ciento de los viajes caminados son intermodales siendo el bus el principal modo de transporte relacionado con la movilidad peatonal en el sector. El Tráfico Promedio Diario Semanal (TPDS) para la zona en estudio se encuentra entre los 170 y los 6 517 peatones por día. Las aceras permiten el flujo de peatones que transitan por esta, obteniendo un nivel de servicio peatonal adecuado de acuerdo con los análisis de capacidad realizados (s. p.).

Hernández y Fernández (2018) señalan la importancia de tener un conocimiento detallado de los peatones, sus patrones de movilidad y de sus necesidades. Esto permitiría una mayor movilidad y funcionalidad urbana, para que el peatón elija el medio de transporte más eficiente y seguro y que garantice la armonía entre transeúntes y conductores, con el objetivo de disminuir las tasas de mortalidad sobre las carreteras.

Por lo tanto, en el caso de la factibilidad técnica es de suma importancia llevar a cabo un estudio del comportamiento de los peatones, específicamente en la zona de Comunidad de Carillo en Guanacaste. Con esto se puede determinar la cantidad de usuarios que cruzan a diario sobre la ruta y las horas con mayor movilidad peatonal y vehicular y, a partir de esto, contar con un parámetro de utilidad de un puente peatonal.

- Gobierno de Costa Rica. (2021). Construido puente sobre el río limoncito en menos de 10 meses. Presidencia de Costa Rica.

En una última nota se describe la conclusión de la construcción del puente sobre el río Limoncito en menos de diez meses, ubicado en el distrito Blanco del cantón

central. Para este proyecto se realizó la inversión de ₡ 437 690 159, la estructura consta de 30 metros de longitud consta de un puente vehicular de una vía con paso peatonal adosado, el cual beneficiará de forma directa a más de 350 habitantes de las comunidades de Valle Aurora, Trébol y El Tigre (Gobierno de Costa Rica, 2021, s. p.).

Esta nota promueve impulsar a municipios de muchas zonas vulnerables del país a llevar a cabo mejoramientos en su infraestructura vial, tanto carreteras y puentes, los cuales son elementos fundamentales ante una emergencia en la que se requiera evacuación. Además, es importante promover la reducción de tiempos de construcción, ya que muchas obras perjudican a los usuarios por sus largas duraciones. Esta obra sobre el río Limoncito evidencia la posibilidad de realizar proyectos de este tipo en tiempos muy cortos:

En proyectos como estos se destacó el compromiso para concretar de manera ágil proyectos que benefician directamente a las pequeñas y medianas comunidades. Además, la colaboración por parte de entes gubernamentales (CNE), hicieron frente a este proyecto en tan difícil como lo es la atención de la pandemia. Este puente mejorará la calidad de vida de las personas habitantes al permitir el ingreso con mayor facilidad, y ahorrar tiempo en sus traslados y eliminar el riesgo de la caída de la estructura ante la crecida del río Limoncito (Gobierno de Costa Rica, 2021, s. p.).

Con la construcción de este puente se demuestra que pequeñas comunidades se benefician con este tipo de estructuras, tal es el caso de las comunidades de Valle Aurora, Trébol y El Tigre en Limón, donde inicialmente se benefician alrededor de 350 usuarios. Por ende, en relación con la zona de Comunidad en Carrillo Guanacaste y alrededores, se estima que la construcción de un puente peatonal beneficiaría directamente alrededor de 2300 personas e indirectamente a 5400 personas.

En los datos anteriores se toma en cuenta la población estudiantil de los alrededores y otras zonas, así como personas que se dirigen a sus trabajos en esta comunidad. Esto evidencia que existen comunidades con gran densidad de población que carecen

de una infraestructura urbana adecuada y necesaria para minimizar el riesgo de accidentes de tránsito.

1.5. Proyecciones

A continuación, se definen los alcances y limitaciones del trabajo.

1.5.1. Alcances

Los alcances de la investigación son los siguientes:

- Destacar la importancia de un puente peatonal como elemento de infraestructura vial.
- Realizar un análisis de los estudios de movilidad peatonal, flujo vehicular, así como los estudios geotécnicos correspondientes.
- Diseñar los planos arquitectónicos de la subestructura, superestructura y rampas de accesibilidad del puente peatonal en el programa Autodesk AutoCAD 2022.
- Llevar a cabo el diseño del puente peatonal dentro del derecho de vía.
- Elaborar un presupuesto global del puente peatonal propuesto.
- Evaluar el diseño estructural del puente peatonal con el programa SAP2000 V22.2.

1.5.2. Limitaciones

Las limitaciones de la investigación son las siguientes:

- No se considera llevar a cabo el estudio de impacto ambiental (Setena).
- No se realiza el diseño de otros elementos que no sean la subestructura, superestructura y rampas de accesibilidad del puente peatonal.
- Únicamente se toman en cuenta los materiales estructurales especificados en planos.

- Al tratarse de una propuesta de diseño, no se consideran los costos de mantenimiento del puente peatonal.
- Para llevar a cabo la elaboración del diseño de los planos arquitectónicos del puente peatonal no se consideran los postes de alumbrado eléctrico, estructuras, tuberías de agua potable, pluvial, negras u otra y de cualquier cuerpo que pueda obstaculizar la obra.
- Al no contar con un estudio de suelos disponible para la zona de estudio, se considera un promedio de valor admisible del suelo según lo que se indica en las especificaciones técnicas de diseño y construcción de pasos peatonales superiores del Cosevi.

Capítulo II. Marco teórico

2.1. Gestión de proyectos

Según Workmeter (s. f.), la gestión de proyectos:

Está conformada por todas aquellas acciones que se deben realizar para cumplir con un objetivo definido dentro de un período de tiempo determinado durante el cual se utilizan recursos, herramientas y personas, que tienen un costo que se ha de tener en cuenta cuando se realiza el presupuesto (s. p.).

El objetivo de una gestión de proyectos es realizar un producto original que cumpla la necesidad específica por la cual se llevó a cabo el proyecto. Para la ejecución de una gestión de proyectos se deben tener en cuenta ciertas pautas para llevar a cabo las actividades durante toda la gestión. Las más relevantes son las siguientes:

- Definir las fases de los proyectos
- Definir el presupuesto de los proyectos
- Definir el alcance
- Definir la duración
- Definir el objetivo

2.2. Infraestructura urbana

Según Ingeniería y arquitectura (s. f.), se conoce como infraestructura urbana a aquel elemento realizado por el ser humano que se utiliza de soporte para:

El desarrollo de otras actividades y su funcionamiento necesario en la organización estructural de las ciudades y empresas. El vocablo, utilizado habitualmente como sinónimo de obra pública por haber sido el estado el encargado de su construcción y mantenimiento, debido a la utilidad pública y de los costos de ejecución, generalmente elevados, comprende: transporte, energía, hidráulico, telecomunicaciones, educación, ocio.

Las grandes obras de infraestructura muchas veces generan impactos sociales y ambientales, poniendo en riesgo la salud y bienestar de las comunidades afectadas, por lo que precisan de exhaustivos estudios de impacto ambiental

previos a su realización (s. p.).

2.3. Puente peatonal

Según Pérez (2019): “Un puente es una construcción que se desarrolla en altura para que sea más fácil atravesar un obstáculo. Por lo general los puentes pasan sobre fosos, ríos, etc.” (s. p.). Por otra parte, un puente peatonal es aquel de uso exclusivo para peatones (personas que se desplazan a pie), es decir: “Solo pueden circular individuos que avanzan sin vehículos. Las motocicletas, los automóviles, las camionetas, los camiones y los trenes, por ejemplo, no pueden cruzar un puente peatonal” (Pérez, 2019, s. p.).

En la actualidad, existen puentes peatonales que tienen una extensión y una altura muy variables. Por lo tanto, no se ha estandarizado una medida o altura para estas estructuras.

2.4. Tipos de puentes peatonales

Según Tiposde.com (2016), se destacan los siguientes tipos de puentes.

2.4.1. Puente colgante

Estructura que puede abarcar más de un kilómetro de distancia y se usa para unir dos puntos separados por el agua. Para su construcción se deben distribuir adecuadamente las cargas de los cables y los anclajes que los sustenta (Tiposde.com, 2016). Estos puentes cuentan con tres partes, las cuales son:

- El cable. Este es un elemento con flexibilidad, es decir, que carece de rigidez y no resiste ciertas flexiones.
- Las torres. Son el componente más difícil de proyectar en el momento de construir un puente colgante.
- El tablero. La colocación del tablero se puede hacer por medio de voladizos sucesivos, sigue la ménsula desde una péndola a otro, de la que cuelga.

2.4.2. Puentes de arco

Puente con apoyos situados en los extremos de la luz a salvar, entre lo que se dispone una estructura con la forma de arco con la que se transmiten las cargas. Los puentes en arco transfieren el peso propio del puente y las sobrecargas de uso hacia los apoyos mediante la compresión del arco, donde se transforman en un empuje horizontal y una carga vertical (Tiposde.com, 2016).

2.4.3. Puentes de madera

De acuerdo con Tiposde.com (2016):

Los puentes de madera se caracterizan por ser de poca resistencia, baratos, ligeros, perecederos y vulnerables. En la actualidad se construyen en obras temporales [...]. Son utilizados para el paso de vehículos ligeros y personas. También, se usan de forma ocasional para automóviles como los de golf y parques naturales (s. p.).

Existen los siguientes tipos:

- De placas de madera. Estructuras formadas por elementos creando placas. Su única limitación es la luz máxima que puede lograr, al menos que se ajusten con otras clases estructurales.
- De barras de madera. Su primera estructura se realiza con piezas lineales o barras con luces diversas de acuerdo con el tipo estructural.

2.4.4. Puentes de piedra

Los puentes de piedra son muy resistentes, duraderos y perdurables, a pesar de que, en la actualidad, su construcción resulta muy costosa. Los cuidados necesarios son pocos, pues las piedras son resistentes a las incidencias climatológicas. Al igual que la madera, la piedra es un elemento natural que se usa sin requerir transformación alguna, solo es necesario darle forma.

2.4.5. Puentes de viga

De acuerdo con García Flores (2021):

Es un puente cuyos elementos estructurales están compuestos de vigas. Estas vigas están colocadas paralelamente con separaciones entre 1,2 y 1,5 metros. La distancia entre las vigas se encuentra asegurada por medio de estribos o pilas que soportan el tablero del puente (s. p.).

Además, Tiposde.com (2016) los divide en:

Puentes de viga I: son las vigas más comunes en la creación de puentes. Se realizan con acero laminado, y los puentes construidos con ella se denominan puentes de viga de acero laminado. Estos puentes son de diseño fácil, simples de construir y de bajo costo. Estas vigas son recomendadas para puentes sin curvas pronunciadas.

Puentes de vigas de alma llena: Tomaron auge a finales del siglo XIX, cuando se usaban en la creación de puentes para vías de tren. Las secciones planas de acero, en un principio, eran atornilladas para adquirir el espacio deseado. Era un proceso eficiente y económico, además de permitir la construcción de puentes con gran estética.

Puentes de vigas cajón: se utilizan para construir carreteras y puentes altos para el paso liviano sobre rieles. Son adecuadas para controlar fuerzas de torsión y excelentes para la construcción de puentes con curvas.

Puentes de vigas de concreto: es construido de concreto pretensado en forma de viga I. También está sujetado con varas de acero. Esta unión es efectiva para la creación de puentes. El concreto es uno de los elementos de construcción más barato (s. p.).

2.4.6. Puentes peatonales

De acuerdo con Diccionario actual (s. f.): “Un puente peatonal es aquella estructura que permite el paso de los peatones sobre vías de tráfico tales como avenidas,

autopistas, rutas; valles en las montañas y cursos de agua” (s. p.). Puede construirse de diferentes materiales como de metal o de hormigón.

2.5. Componentes de un puente

Según el manual de inspecciones de puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) (2007), se tienen cuatro componentes importantes de un puente. Estos se indican a continuación.

- Accesorios.
- Superestructura.
- Subestructura.
- Accesos de aproximación.

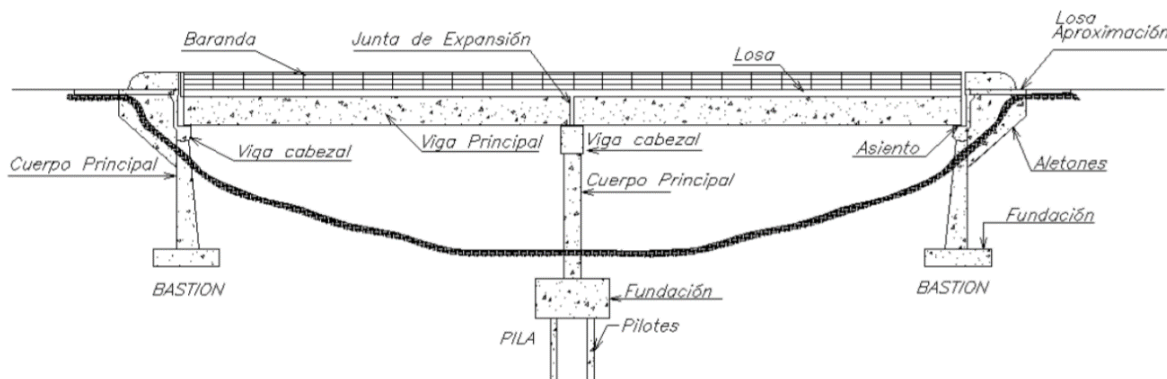


Figura 1

Componentes de un puente

Fuente: Manual de inspecciones de puentes MOPT (2007).

2.6. Factibilidad

Según Sy Corvo (2019): “Factibilidad se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas. Generalmente la factibilidad se determina sobre un proyecto” (s. p.). Estos resultados se entregan a un ente superior, quien aprueba el proyecto con base en el proyecto realizado.

2.7. Estudio de factibilidad

De acuerdo con Sy Corvo (2019): “El estudio de factibilidad es un instrumento que sirve para orientar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto y corresponde a la última fase de la etapa pre-operativa o de formulación dentro del ciclo del proyecto” (s. p.). Además, Bonilla Montero, K. y Toainga Cunalata (2019) señalan:

Los objetivos de cualquier estudio de factibilidad se pueden resumir en los siguientes términos:

- Verificación de la existencia de un mercado potencial o de una necesidad no satisfecha.
- Demostración de la viabilidad técnica y la disponibilidad de los recursos humanos, materiales, administrativos y financieros.
- Corroboración de las ventajas desde el punto de vista financiero, económico, social o ambiental de asignar recursos hacia la producción de un bien o la prestación de un servicio (p. 16).

2.8. Factibilidad técnica

Según Sy Corvo (2019), la factibilidad técnica es el estudio que evalúa los detalles tácticos sobre cómo se plantea, diseña, construye y se entrega un proyecto a los clientes. Para esto, se debe pensar en materiales, mano de obra, transporte, lugar donde se ubicará el proyecto y la tecnología necesaria para reunir todo esto. El análisis completo de un proyecto en términos de aportes, procesos, resultados, programas y procedimientos es una herramienta muy efectiva para la planificación a largo plazo y la resolución de problemas.

2.9. Infraestructura vial

Según EcuRed (s. f.), la infraestructura vial es el estudio: “Relacionado con el diseño, la construcción y operación de vías, también todo el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro” (s. p.).

2.10. Peatones

De acuerdo con Mural.uv (s. f.) un peatón es una: “Persona que, sin ser conductor, transita a pie por las vías o terrenos de uso público o privado, que sean utilizados por una colectividad indeterminada de usuarios” (s. p.).

2.11. Importancia de un puente peatonal

Según Díaz (2014): “Los puentes peatonales, también llamados pasos a desnivel, son infraestructuras elevadas y diseñadas para que los peatones y los ciclo usuarios puedan pasar la vía de un lado al otro de forma segura y sin interferir con el tráfico” (s. p.). Los puentes peatonales al ser parten de la infraestructura vial: “Se construyen en vías donde las velocidades vehiculares no permiten un cruce a nivel. Con este tipo de obras los peatones, no pondrán en riesgo su seguridad y tampoco interferirán con el rápido desplazamiento del transporte público y privado” (Díaz, 2014, s. p.).

2.12. Paso peatonal

Según EcuRed (s. f.), los pasos peatonales son zonas destinadas para que las personas puedan cruzar con total seguridad y en los que se tiene el total derecho de paso. Una vez que el semáforo se pone en color rojo y el peatón haya puesto un pie sobre este paso los conductores de vehículos tienen la obligación de hacer el alto total para esperar que las personas pasen completamente y después continuar su camino. Estos pasos son fáciles de identificar, ya que se encuentran pintados en las calles con rayas paralelas anchas que pueden ser de color blanco o amarillo.

2.13. Diferencia entre un puente y un paso peatonal

Los puentes y pasos peatonales son elementos de la infraestructura vial de gran importancia para garantizar la fluidez y seguridad de los peatones e incluso animales al circular sobre una avenida, camino o intersección. Sin embargo, con el paso del tiempo se nota que el paso peatonal no se respeta, ya que su uso no es constante al cruzar la vía y esto ha generado el aumento en muertes por atropellos.

Por lo tanto, un puente peatonal garantiza la nula probabilidad de incurrir en un accidente sobre la vía, ya que estos puentes son exclusivamente para peatones. También a diferencia del paso peatonal, un puente peatonal agiliza el flujo vehicular y de circulación de los transeúntes, ya que se evita detener el tráfico para efectuar el cruce de peatones, esto en rutas principales.

2.14. Proyecto constructivo

Cladera, Etxeberria, Schiess y Pérez (s. f.) indican que:

Un proyecto constructivo se conoce como el: “Conjunto de estudios que permiten establecer los documentos escritos, cálculos y dibujos que definen cómo se debe realizar una obra de arquitectura o ingeniería. El proyecto debe abarcar tanto los aspectos globales cómo los más detallados (s. p.).

2.14.1. Partes de un proyecto

Generalmente, en un proyecto de construcción se acostumbra a tener ciertos documentos, los cuales son fundamentales para tener un mejor control y eficiencia en el momento de ejecutar alguna actividad específica en el proyecto. Estos aspectos se detallan a continuación.

2.14.1.1. Memoria

Según Cladera *et al.* (s. f.), la memoria es el documento que: “Describe el proyecto. Debe hacer constar claramente las motivaciones y los condicionantes del proyecto. Debe contemplar las alternativas que se han manejado y las razones por las que se llega a una elección determinada” (s. p.).

2.14.1.2. Planos

Cladera *et al.* (s. f.) afirman que los planos: “Expresan de una forma gráfica las transformaciones que se pretenden realizar en el proyecto. Deben contener información suficiente como para poder ejecutar el proyecto sólo con ellos” (s. p.).

2.14.1.3. Condiciones

Según Cladera *et al.* (s. f.): “Es un documento contractual, formado por un conjunto de artículos o cláusulas, que regulan los derechos, las obligaciones y las garantías mutuas entre las partes que intervienen en el desarrollo y la ejecución del proyecto” (s. p.).

2.14.1.4. Presupuesto

Cladera *et al.* (s. f.) lo definen como: “El documento en el que se cuantifican y valoran las unidades de obra para la realización del proyecto” (s. p.).

2.15. Viabilidad

Según Rus (2020) indica que:

La viabilidad es un análisis que tiene por finalidad conocer la probabilidad que existe de poder llevar a cabo un proyecto con éxito. Todo proyecto que implique un riesgo debe ser analizado en profundidad. Para minimizarlo se lleva a cabo un estudio que permita conocer el posible éxito o fracaso (s. p.).

2.15.1. Tipos de viabilidad

En los siguientes apartados se detallan los tipos de viabilidad.

2.15.1.1. Técnica

Según Rus (2020): “Se refiere a las posibilidades tecnológicas para llevar a cabo el proyecto. Incluye procesos de fabricación, en el caso de bienes, o posibilidades de realizar una actividad, en el caso de servicios” (s. p.).

2.15.1.2. Económica

Rus (2020) menciona que: “Se debe contar con los recursos económicos suficientes para llevar a cabo la idea y que este acabe aportando un beneficio a la empresa. Además, la rentabilidad debe superar a los riesgos” (s. p.).

2.15.1.3. Financiera

De acuerdo con Rus (2020): “Se debe conocer qué parte se financiará con tesorería, cuál con recursos propios (accionistas) o la proporción de recursos ajenos (préstamos). En este último caso, además, hay que estudiar las alternativas existentes en el mercado” (s. p.).

2.15.1.4. Comercial

Rus (2020) señala que se debe: “Estudiar su cabida en el mercado y hacer proyecciones de ventas lo más realistas posible” (s. p.).

2.16. Estudio geotécnico

Según Pleiades Ingeniería i Consultoria, S. L. (s. f.), es el proceso de justificación técnica del comportamiento y características de un terreno. Una vez con estos datos se lleva a cabo el análisis y: “Definición de los parámetros de cálculo a emplear en el dimensionamiento de los elementos estructurales en contacto con el terreno, así como las previsiones del comportamiento del terreno ante nuevas condiciones que vaya a presentar el terreno” (s. p.).

2.16.1. Tipos de estudios geotécnicos más comunes

Geoquantics (2018) menciona los siguientes tipos:

Sondeos: Este tipo de prospecciones se realiza en caso de tener que determinar las condiciones del terreno a profundidades mayores, por lo general, a los 4 ó 5 metros.

Calicatas: Las calicatas son zanjas en el terreno, de una profundidad de hasta 5m y anchura de entre 0,5 a 1m, siempre dependiendo de la capacidad de la maquinaria utilizada.

Penetrómetros: Este tipo de ensayos son un tipo de ensayos de penetración dinámica, consistente en la introducción en el terreno de un elemento generalmente cónico, unido a una varilla, que será golpeado de manera continua mediante una maza, cuyo peso difiere en función del tipo de penetrómetro a usar

(s. p.).

2.17. Estudio de movilidad peatonal

Según Hernández y Fernández (2018), este estudio permite determinar la caracterización de los usuarios y los flujos que hacen volumen peatonal y niveles de servicio peatonal en aceras. Los volúmenes peatonales se pueden determinar con contadores automáticos o manuales, encuestas para caracterizar a los usuarios y los viajes que llevan a cabo.

2.18. Estudio de flujo vehicular

De acuerdo con el Decreto Ejecutivo 38578 (2014), en el artículo 29 se menciona que el estudio de flujo vehicular brinda las características y comportamientos del tránsito. Los anteriores son factores básicos para el planeamiento, proyecto y la operación de calles, carreteras y obras complementarias que se encuentran dentro del sistema de transporte.

Para la elaboración del conteo de tránsito, esta: “Se realizará simultáneamente para ambos sentidos de la vía, y las horas de conteo dependerán del movimiento existente en el camino involucrado y deberá ser tal, que asegure que la muestra sea representativa del flujo vehicular diario” (Decreto Ejecutivo 38578, 2014). Posteriormente, se debe anotar la hora en la cual:

Inicia el conteo y de forma inmediata, se procederá a hacer las anotaciones para cada vehículo que circule por la vía. Una raya vertical en la celda correspondiente al tipo de vehículo observado equivale a una unidad de vehículo. Si el flujo de vehículos sobrepasare el espacio de las celdas en el formulario, se recomienda reducir los rangos de tiempo a media hora, veinte minutos o diez minutos, según sea necesario.

Se sugiere hacer las anotaciones como se muestra [...], anotando cuatro rayas (pequeñas) verticales y una horizontal para completar grupos de cinco vehículos (en el caso de que no disponga de contador manual o electrónico de tránsito) (Decreto Ejecutivo 38578, 2014).

HORA	AUTOMOVIL	BUS	MOTO	CARGA LIV
6:00 a.m.				
6:30 a.m.				

Figura 2

Elaboración del flujo vehicular

Fuente: Sistema de información jurídica Costarricense (2014).

El Decreto Ejecutivo 38578 (2014) también señala que:

La lista se totaliza con la sumatoria por tipo de vehículo, para el total de las horas inventariadas. El TPD se calcula luego como la sumatoria de cada uno de los tipos de vehículo, sin incluir motos y especiales (tractores), dividido entre el número de horas inventariadas y multiplicado por el factor de expansión correspondiente para la zona.

El factor de expansión constituye un porcentaje calculado tomando información de una serie histórica significativa de flujos de tránsito representativa, en un punto dado. La estimación de tránsito promedio diario de un camino cantonal se realizaría multiplicando dicho factor, por el valor de tránsito obtenido en un conteo de una hora. En teoría la estimación de tránsito antes mencionada, reproduce las mismas características y condiciones del camino para el cual fue calculado el factor de expansión.

Dado que para la Red Vial Cantonal es necesario que transcurra un tiempo prudencial, para contar con información histórica adecuada, que permita hacer proyecciones de tránsito, se recomienda se multiplique el tránsito horario tomado en un punto específico del camino, por un factor de 10, cifra recomendada en artículos relacionados con el tema, tomado de experiencias en otros países. No obstante, una vez, que en los caminos cantonales de nuestro país se disponga de una serie histórica adecuada, existirá la base para realizar las proyecciones de tránsito promedio diario utilizando las técnicas estadísticas vigentes.

2.19. Estudio topográfico

De acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2018):

El levantamiento topográfico es un estudio técnico y descriptivo de un terreno, examinando la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también sus variaciones y alteraciones, se denomina a este acopio de datos o plano que refleja al detalle y sirve como instrumento de planificación para edificaciones y construcciones. Existen diferentes tipos de levantamiento en un terreno:

1. Levantamientos topográficos urbanos.
2. Levantamientos topográficos catastrales.
3. Levantamientos topográficos de construcción.
4. Levantamientos topográficos hidrográficos.
5. Levantamientos topográficos forestales (s. p.).

2.20. Diseño estructural

Según EcuRed (s. f.):

El diseño estructural es una de las áreas donde se desarrolla la Ingeniería Civil y se realiza a partir de las potencialidades que un material puede ofrecer, así como sus características naturales que lo hacen específico, su bajo costo y las propiedades mecánicas que posee (s. p.).

2.20.1. Elementos que componen el diseño estructural

El diseño estructural consta de los siguientes elementos:

2.20.1.1. Estructuración

De acuerdo con EcuRed (s. f.): “Cuando se requiera, se hará una estructuración preliminar, proponiendo ubicación y dimensiones de los elementos estructurales que permitan afinar un proyecto arquitectónico” (s. p.).

2.20.1.2. Análisis

EcuRed (s. f.) afirma que: “Este se realizará con programas de computación que utilizan el método de las rigideces, y nos proporcionan los desplazamientos y elementos mecánicos de los miembros de la estructura” (s. p.).

2.20.1.3. Diseño

Según EcuRed (s. f.): “En base a los elementos mecánicos del análisis, se proporcionan las dimensiones y armados de los miembros de la estructura”.

2.20.1.4. Dibujo

EcuRed (s. p.) plantea que con los datos anteriores se dibujan los planos estructurales que se proporcionan mediante un *software* de dibujo de planos.

2.20.1.5. Memoria de cálculo

Según EcuRed (s. f.): “Se realiza memoria de cálculo descriptiva de la estructura mencionando cargas muertas y vivas utilizadas, así como ejemplos de diseño” (s. p.).

2.21. Programa de diseño estructural

Según Structuralia (2021), este es un *software* con la capacidad de analizar y simular el comportamiento de una estructura o de un edificio. El análisis estructural es una de las partes más importantes de un proyecto constructivo, ya que se debe asegurar la resistencia de la estructura a las cargas y acciones a las que está sometida durante su vida útil.

2.22. SAP2000

De acuerdo con CSI España (s. f.): “Sap2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras” (s. p.).

2.23. Análisis estructural del puente

Los detalles de este análisis se presentan a continuación:

2.23.1. Análisis sísmico

Este análisis tiene en consideración un periodo en eje Y y otro periodo en eje X, donde m es la masa del sistema y k es la rigidez lateral, es decir, la rigidez que lleva el cortante basal. Para el cálculo de estos periodos se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 1

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Fuente: Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes.

2.23.2. Espectro de diseño

Es el espectro de respuesta de la estructura, es decir, cómo se comporta la estructura con respecto a la pseudo aceleración. Este diagrama tiene dos puntos críticos, los cuales son el T_a y T_s , por otro lado, la meseta es el punto más crítico del espectro. Los lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes indican que se debe calcular el espectro en función de C_a y C_v , estos son coeficientes sísmicos espectrales para periodo largo y periodo corto, C_a periodo corto y C_v periodo largo, por otra parte, T es el periodo de vibración en la dirección considerada. Tanto C_a como C_v se deben agregar, de manera independiente, en el espectro para adquirir la pseudo aceleración.

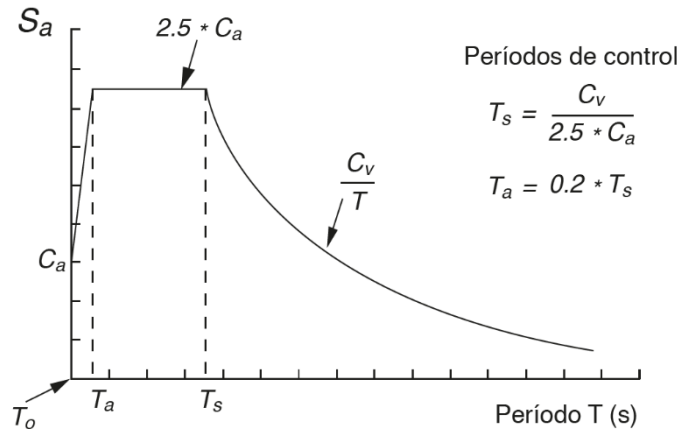


Figura 3

Diagrama de espectro de diseño

Fuente: Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes.

Una vez obtenida la respuesta dinámica, esta se debe convertir en un coeficiente sísmico y se debe conocer el factor de importancia. En la Figura 3 es en general el mismo esquema de la Figura 2, con la diferencia de que en la meseta crítica en la Figura 2 se trataba del S_a , en esta Figura 3 se trata del SDS. Para convertir este término en un coeficiente sísmico se debe multiplicar por el factor de importancia de la estructura por el factor R.

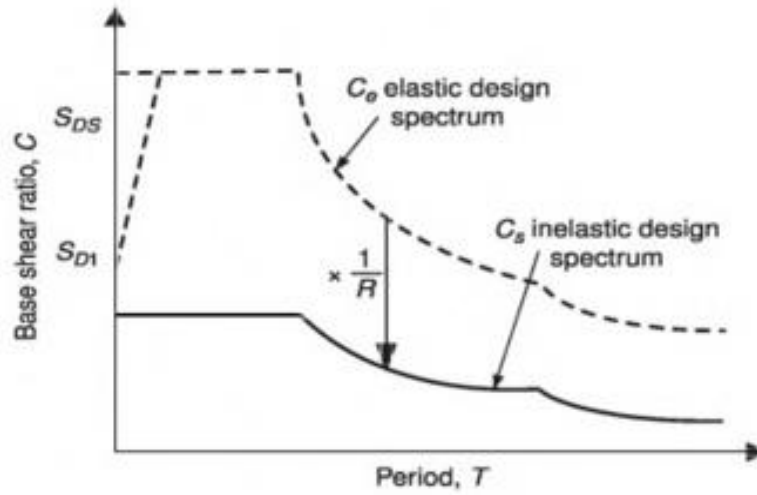


Figura 4
Diagrama espectro elástico

Fuente: ASCE

Ecuación 2

$$CS = \frac{ae f(FED_{\mu=0})I}{R} = \frac{S_{DS}I}{R}$$

Fuente: ASCE 7-16.

En la Ecuación 2 el factor R se encuentra en la tabla 12.2.1 del ASCE 7-16, en la cual se resalta como acero y concreto con brazos arriostrados. Esto se muestra en la Figura 4.

Table 12.2-1 Design Coefficients and Factors for Seismic Force

Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified	Response Modification Coefficient, R^e	I
A. BEARING WALL SYSTEMS			
1. Special reinforced concrete shear walls ^{e,h}	14.2	5	
2. Ordinary reinforced concrete shear walls ^f	14.2	4	
3. Detailed plain concrete shear walls ^f	14.2	2	
4. Ordinary plain concrete shear walls ^f	14.2	1½	
5. Intermediate precast shear walls ^f	14.2	4	
6. Ordinary precast shear walls ^f	14.2	3	
7. Special reinforced masonry shear walls	14.4	5	
8. Intermediate reinforced masonry shear walls	14.4	3½	
9. Ordinary reinforced masonry shear walls	14.4	2	
10. Detailed plain masonry shear walls	14.4	2	
11. Ordinary plain masonry shear walls	14.4	1½	
12. Prestressed masonry shear walls	14.4	1½	
13. Ordinary reinforced AAC masonry shear walls	14.4	2	
14. Ordinary plain AAC masonry shear walls	14.4	1½	
15. Light-frame (wood) walls sheathed with wood structural panels rated for shear resistance	14.5	6½	
16. Light-frame (cold-formed steel) walls sheathed with wood structural panels rated for shear resistance or steel sheets	14.1	6½	
17. Light-frame walls with shear panels of all other materials	14.1 and 14.5	2	
18. Light-frame (cold-formed steel) wall systems using flat strap bracing	14.1	4	
B. BUILDING FRAME SYSTEMS			
1. Steel eccentrically braced frames	14.1	8	
2. Steel special concentrically braced frames	14.1	6	
3. Steel ordinary concentrically braced frames	14.1	3¼	
4. Special reinforced concrete shear walls ^{e,h}	14.2	6	
5. Ordinary reinforced concrete shear walls ^f	14.2	5	
6. Detailed plain concrete shear walls ^f	14.2 and 14.2.2.7	2	
7. Ordinary plain concrete shear walls ^f	14.2	1½	
8. Intermediate precast shear walls ^f	14.2	5	
9. Ordinary precast shear walls ^f	14.2	4	
10. Steel and concrete composite eccentrically braced frames	14.3	8	
11. Steel and concrete composite special concentrically braced frames	14.3	5	
12. Steel and concrete composite ordinary braced frames	14.3	3	
13. Steel and concrete composite plate shear walls	14.3	6½	
14. Steel and concrete composite special shear walls	14.3	6	
15. Steel and concrete composite ordinary shear walls	14.3	5	
16. Special reinforced masonry shear walls	14.4	5½	
17. Intermediate reinforced masonry shear walls	14.4	4	

Figura 5

Tabla 12.2-1 Coeficientes y factores de diseño para fuerzas de sismo

Fuente: ASCE

El factor de importancia I lo brinda los lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes. Para determinar el factor de importancia se debe considerar el uso y los resultados de los estudios preliminares.

2.24. Cargas para considerar en puentes

Para cada estructura por diseñar es importante establecer los diferentes tipos de carga que soportará, como cargas permanentes, temporales o todas aquellas competentes al proyecto. El diseño comienza con los elementos que están sujetos a las cargas que

debe soportar la superestructura y posteriormente cada uno de los distintos elementos de apoyo hasta alcanzar la base o cimientos. Por este motivo, es relevante conocer las condiciones del lugar para adecuar la estructura a los requerimientos de acuerdo con la longitud del puente y la altura de este.

2.24.1.1. Cargas muertas o cargas permanentes

Las cargas muertas o cargas permanentes corresponden a los pesos de los diversos elementos estructurales y los pesos de todos los objetos que están unidos de manera permanente a la estructura.

2.24.1.2. Cargas temporales

Las cargas vivas o temporales tienen la característica de que pueden variar debido a que muchas son transitorias. Estas se relacionan con vehículos, peatones, fuerzas de la naturaleza.

2.24.1.3. Cargas de sismo

El sismo en un diseño es la demanda en la estructura producida por la sacudida sísmica. Por lo tanto, es importante conocer la manera correcta de obtener este dato para un diseño seguro.

2.25. Diseño en acero

El diseño de acero se puede definir como el análisis preciso de los materiales y los miembros de acero para garantizar su resistencia al someterse a fuerzas sísmicas o incluso ante el peso propio de la estructura. Lo anterior para evitar deformaciones en los perfiles de acero.

2.26. Perfil W

Se conoce como: “El perfil de acero laminado estructural, cuya sección tiene forma de doble T. Tanto la cara exterior como la cara interior son paralelas entre sí y perpendiculares al alma. Son fabricadas de acuerdo a la norma ASTM 572 Gr. 50” (Hierromat S. A., s. f., s. p.). Por la versatilidad y la combinación de características que

la hacen fuerte y útil en estructuras de gran tamaño se tomó la decisión de utilizar este perfil para efectos del presente proyecto.

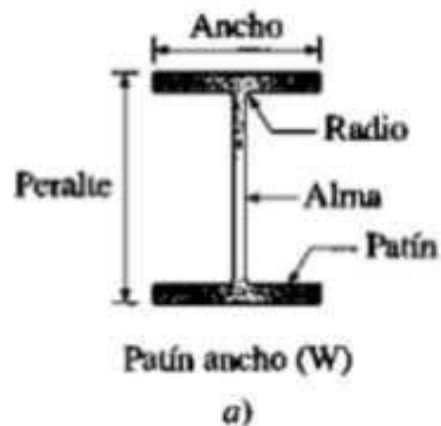


Figura 6
Perfil W

Fuente: Estructuras de acero: comportamiento y LRFD.

A continuación, se describen las partes que componen el perfil W:

- Platabanda: es la platina que se fija a la aleta de un perfil, con el fin de aumentarle su resistencia.
- Aleta: Son las partes exteriores de los perfiles W, WT, C, Z y a los lados de los ángulos.
- Alma: Corresponde a la parte de un perfil que une las aletas.
- Atiesador: Es la platina que rigidiza una sección W para que esta: “No experimente pandeo local por el efecto de fuerzas puntuales provenientes de cargas aplicadas o de la aplicación de un par de fuerzas en las conexiones a momento” (Bermúdez Megía, 2005, s. p.).

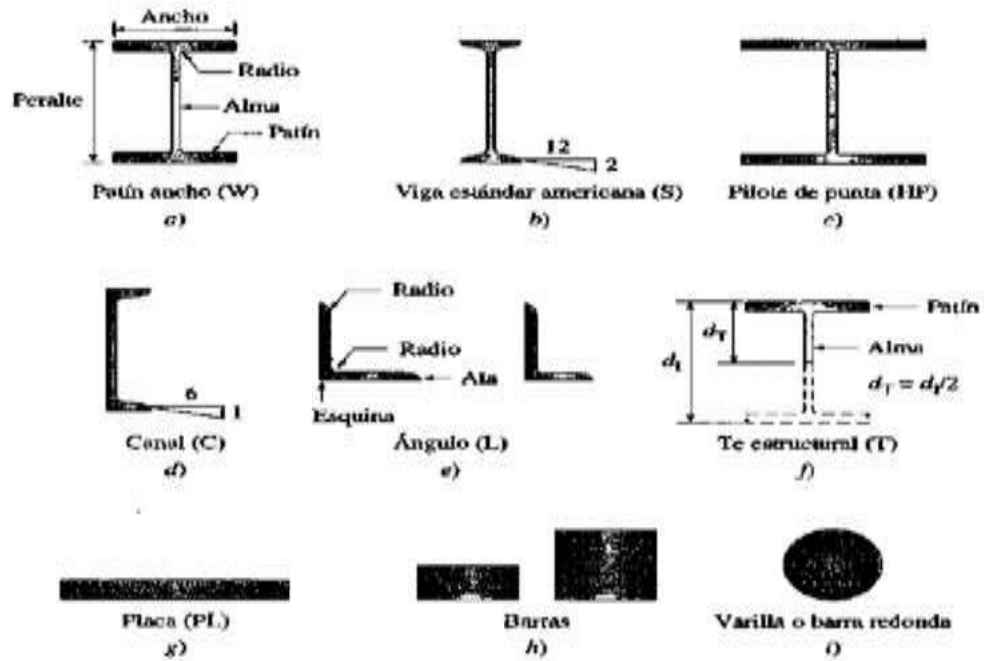


Figura 7

Secciones laminadas en caliente

Fuente: Estructuras de acero: comportamiento y LRFD.

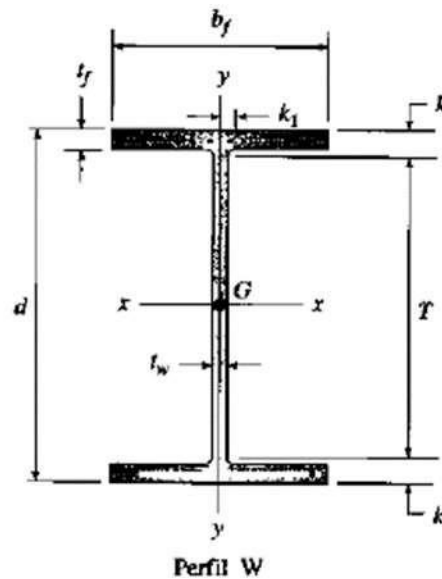


Figura 8

Nomenclatura de sección transversal

Fuente: Estructuras de acero: comportamiento y LRFD.

2.27. Elementos en tensión

Los elementos de acero soportan a menudo esfuerzos en tensión, los cuales son estructurales sometidos a fuerzas axiales de tensión. Para el diseño en elementos sometidos a tensión se debe considerar la relación de la esbeltez, ya que a pesar de que no existe un límite máximo de esbeltez en estos miembros es importante respetar las limitantes en el diseño de estos elementos.

Ecuación 3

$$r \geq \frac{L}{300}$$

Fuente: AISC (2010).

Donde r corresponde al radio de giro mínimo de la sección transversal y L corresponde a la longitud del elemento por diseñar.

2.28. Resistencia en tensión

Según las especificaciones del diseño LRFD indica que la resistencia de diseño en tensión de un elemento a tensión, ϕP_n , debe ser el menor valor obtenido de las siguientes expresiones:

Si se trata de un análisis de elementos a tensión en el que la falla es producto de la fluencia de la sección bruta se debe aplicar la siguiente ecuación:

Ecuación 4

$$P_n = F_y A_g$$

Fuente: AISC 360-10.

Si el análisis se lleva a cabo en un elemento a tensión por una falla por ruptura en tensión de la sección neta se debe desarrollar la siguiente ecuación:

Ecuación 5

$$P_n = F_u A_e$$

Fuente: AISC 360-10.

Ae= área neta efectiva.

Ag=Área bruta del miembro.

Fy= Esfuerzo de fluencia del acero estructural especificado.

Fu= Esfuerzo último de tensión del acero estructural especificado.

El área efectiva Ae es el área que resiste el esfuerzo de tensión a través de las perforaciones.

Para calcular el área neta para tensión y corte, el agujero para colocar un conector deberá aumentarse 0.2 cm con respecto a la dimensión nominal de la perforación.

2.29. Elementos en compresión

Los elementos a compresión, en algunas ocasiones, están acompañados de flexión, estos miembros que se encuentran bajo una carga axial tienen un comportamiento inicial de acortamiento, este es proporcional al esfuerzo generado por la carga aplicada en su eje longitudinal. Para el diseño de elementos a compresión se recomienda que la razón de esbeltez cumpla con la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$\frac{k \cdot l}{r} < 200$$

Fuente: AISC 360-10.

Donde:

L= longitud no arriostrada lateralmente del miembro.

r = radio de giro.

2.30. Esbeltez de los elementos en compresión

Se define como las fallas en los elementos cortos debido a la resistencia de compresión y en los elementos largos fallas debido al pandeo lateral. La capacidad depende del factor K y de las restricciones de los apoyos.

Para determinar si el elemento es o no esbelto se lleva a cabo un chequeo en el que se clasifican las secciones según su pandeo local. En los extremos de las alas y el sector central del alma en una sección W o secciones centrales de los tubos cuadrados pueden fallar por pandeo local mucho antes de que se dé la falla globalmente en el elemento. Para evitar las fallas por pandeo local se debe cumplir los requisitos de esbeltez local mostrados en la Figura 9.

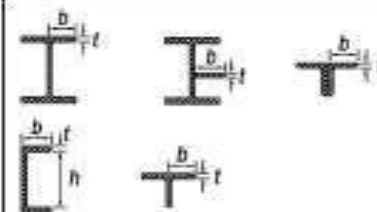
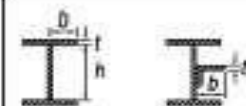
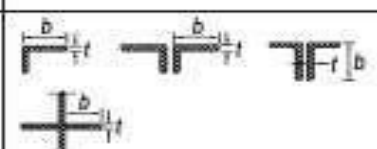
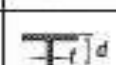

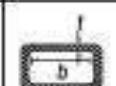
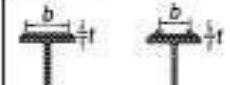
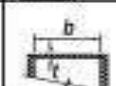
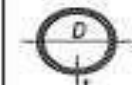
Clase	Descripción del elemento	Razón Ancho-Espesor	Razón Límite Ancho-Espesor λ_c (Esbeto-No Esbeto)	Ejemplos
Elementos No Atiesados	1 Alas de perfiles laminados, planchas conectadas a perfiles laminados, alas de pares de ángulos conectados continuamente, alas de canales y alas de secciones T.	b/t	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2 Alas de perfiles soldados y planchas o ángulos conectados a secciones soldados.	b/t	$0.64 \sqrt{\frac{K_c E}{F_y}}$	
	3 Alas de perfiles ángulo laminados; alas de pares de ángulos con separadores y todo tipo de elementos no atiesados.	b/t	$0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4 Almas de secciones T.	d/t	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Elementos Atiesados	5 Almas de secciones I con doble simetría y secciones canal.	h/t_w	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6 Paredes de secciones HSS rectangulares y cajones de espesor uniforme.	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7 Alas de sobre planchas y planchas diafragma entre líneas de conectores o soldadura.	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8 Todo elemento atiesador.	b/t	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9 Tubos circulares.	D/t	$0.11 \frac{E}{F_y}$	

Figura 9

Razones ancho-espesor: elementos en compresión

Fuente: AISC 360-10.

2.31. Diseño en compresión

La resistencia de diseño en compresión, $\phi_c P_n$, debe determinarse tomando en cuenta que la resistencia de compresión nominal, P_n , sea menor del valor obtenido de

acuerdo con los estados límites de pandeo, serían pandeo por flexión, pandeo torsional y pandeo flexotorsional. La ecuación que se debe satisfacer para obtener la resistencia de un elemento en compresión es:

Ecuación 7

$$P_n = F_{cr} A_g$$

Fuente: AISC.

El esfuerzo crítico F_{cr} debe obtenerse en función de los parámetros de esbeltez.

2.32. Elementos con elementos esbeltos

Se define por ser aquella sección con un valor de b/t mayor que λ_r y que se pandeará elásticamente antes de alcanzar el esfuerzo de fluencia en cualquier punto de la sección transversal. Para los elementos con estas características es importante cumplir con las siguientes ecuaciones:

La resistencia de compresión nominal, P_n , se determina con base en el estado límite de pandeo por flexión, torsional o flexo-torsional:

Ecuación 8

$$P_n = F_{cr} A_g$$

Fuente: AISC 360-10.

2.33. Elementos en flexión

Son elementos estructurales colocados normalmente en posición horizontal que al cargarse soportan cargas perpendiculares al eje principal o longitudinal y estos producen sollicitaciones de flexión y cortante. En el caso de la flexión se refiere a elementos tipo viga.

2.34. Sección compacta o no compacta

Para el diseño en flexión se debe determinar si las secciones por utilizar son compactas, no compactas y esbeltas. Esto es importante debido a que este parámetro guiará en la normativa de diseño de elementos de acero AISC 2010 para emplear, de manera correcta, las ecuaciones y tener un diseño óptimo.

Para que una sección sea compacta sus alas deben estar conectadas continuamente al alma y la razón ancho espesor de sus elementos no debe exceder la razón ancho-espesor λ_p de la tabla mostrada más adelante. Si la razón ancho espesor de uno o más elementos excede λ_p , pero este no supera λ_r , la sección se considera no compacta. En caso de que la razón ancho-espesor de algún elemento exceda λ_r la sección se considera esbelta (Asociación Latinoamericana del Acero, 2010).

- Sección compacta: Es aquella que puede garantizar que no tendrá falla por pandeo local, ya que esta puede distribuir los esfuerzos plásticos antes de fallar.
- Sección no-compacta: Es aquella que pierde la capacidad de carga anticipada después del punto de fluencia, lo que da una falla inelástica a causa del pandeo local.
- Sección esbelta: Esta tendrá una falla por pandeo lateral o pandeo local. Esta se pandeará elásticamente antes de alcanzar el esfuerzo de fluencia en cualquier punto de la sección transversal.

2.35. Diseño a flexión

La resistencia de diseño en flexión $\phi_b M_n$ se debe determinar mediante algunos parámetros importantes que se muestran en el análisis de flexión en vigas W .

2.36. Estado límite de fluencia en miembro a flexión

Debe emplearse la Ecuación 9:

Ecuación 9

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

Fuente: AISC 360-10.

Donde:

Mn= momento nominal.

Mp=momento plástico.

Fy= tensión de fluencia mínima especificada por el tipo de acero.

Zx= módulo de sección plástico en torno al eje x.

2.37. Pandeo lateral torsional en miembros compactos de simetría doble

La resistencia al pandeo lateral flexo-torsional depende de la distancia entre soportes laterales. Para las longitudes no soportadas lateralmente L_b menor a L_p , el estado límite de plastificación domina. Los perfiles en esta categoría deben ser compactos para prevenir pandeo local, tanto en el alma como en las alas. Por lo tanto, cuando $L_b \leq L_p$, el estado límite de pandeo lateral-torsional no aplica, este será calculado el momento nominal con la siguiente fórmula:

Ecuación 10

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

Fuente: AISC 360-10.

Para las longitudes donde $L_p < L_b \leq L_r$ el estado límite de pandeo lateral torsional controla la resistencia del elemento. Este estado está dado por:

Ecuación 11

$$M_n = C_b \left[M_p - (0,7F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

Fuente: AISC 360-10.

Donde:

C_b= el factor de modificación por pandeo lateral-torsional para diagramas de momento no uniformes cuando ambos extremos del segmento no arriostrado están restringidos.

Ecuación 12

$$C_b = \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

Fuente: AISC 360-10.

El AISC 2010 determina que para miembros con simetría doble y sin cargas transversales entre puntos de arriostramiento, la ecuación anterior se reduce a 1.0 para el caso de momentos extremos iguales del mismo signo (Asociación Latinoamericana del Acero, 2010).

Para cuando L_b < L_r:

Ecuación 13

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

Fuente: AISC 360-10

La tensión crítica se obtiene como sigue:

Ecuación 14

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{tx}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2}$$

Fuente: AISC 360-10.

Donde:

E = módulo de elasticidad del acero:

J = constante torsional.

S_x = módulo de sección elástico en torno al eje x .

2.38. Diseño de concreto

El concreto se utiliza en diferentes elementos como vigas, columnas, losas, cimentaciones, entre otras. Por lo tanto, se define como la mezcla de arena, grava, cemento y agua. También, a pesar de contar con elementos mecánicamente resistentes, estos se pueden mejorar y reforzar mediante una buena composición de agregados y si se combina con acero. A esto se le denomina concreto reforzado, ya que el refuerzo de acero proporciona la resistencia a la tensión y el concreto brinda alta resistencia a la compresión.

2.39. Losa de concreto

Las losas de concreto reforzado son grandes placas planas que están soportadas por diferentes elementos estructurales como las vigas, columnas, muros de concreto reforzado, por vigas o columnas de acero estructural o incluso por el suelo. Existen dos tipos de losa que se clasifican en:

- Losas en una dirección: Están soportadas solo en dos lados opuestos. La flexión es en una dirección, esto quiere decir que es perpendicular a los bordes de soporte.
- Losas en dos direcciones: Están soportadas por vigas en sus cuatro bordes. Esta es en dos direcciones porque la flexión se presenta en ambas direcciones.

2.40. Cimentaciones superficiales

Según lo referenciado por el Código de Cimentaciones de Costa Rica (2002), son aquellos elementos cuya función es soportar estructuras. De acuerdo con el estudio

geológico adjunto al presente trabajo se necesita de la construcción de cimentaciones superficiales. Para el sustento teórico el Código dicta lo siguiente:

Se utilizan cimientos superficiales cuando existe a poca profundidad en el terreno una capa resistente como para soportar el peso de la estructura, en 96 condiciones estables de seguridad y con asentamientos o movimientos admisibles [...] de acuerdo con la resistencia del terreno y la importancia de la edificación, se utilizan en nuestro medio: Placas individuales, placas corridas, placas combinadas, placas sobre rellenos de sustitución, losas de cimentación, bloque rígido y pozos de cimentación (Código de Cimentaciones de Costa Rica, 2002, s. p.).

2.41. Auto-CAD

Según Autodesk Inc. (s. f.), AutoCAD es un *software* de diseño asistido por computadora (CAD) en el cual se apoyan, tanto arquitectos como ingenieros y profesionales de la construcción para crear dibujos precisos en 2D y 3D. En este *software* se puede crear, anotar y editar geometría en 2D y modelos en 3D con sólidos, superficies y objetos de malla. Además, se pueden automatizar tareas, como comparar dibujos, llevar a cabo un recuento, añadir bloques, crear tablas de planificación, entre otras funciones (Autodesk Inc., s. f.).

2.42. Planos de una obra constructiva

Según Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.):

Los planos de obra son la representación gráfica y exhaustiva de todos los elementos que se plantean en un proyecto constructivo. Los planos definen las obras que deben de desarrollar los contratistas y componen el documento del proyecto más utilizado a pie de obra (s. p.).

2.42.1. Tipos de planos de una obra constructiva

Para la ejecución de una obra constructiva, como parte de la representación gráfica de los elementos por construir, se debe contar con los siguientes planos:

2.42.1.1. Planos de localización

De acuerdo con Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.): “Tienen como objetivo definir el lugar y área donde se ubica el proyecto” (s. p.).

2.42.1.2. Planos topográficos

Según Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.): “Son los que representan las principales características físicas del terreno y las diferencias de alturas que hay en él” (s. p.).

2.42.1.3. Planos de cimentación

Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.) indica que: “Estos planos reflejan la cimentación de una edificación, cuya finalidad es sustentar estructura garantizando la estabilidad y evitando daños a los materiales estructurales y no estructurales” (s. p.).

2.42.1.4. Planos de instalaciones electromecánicas

Según Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.), es el conjunto de planos en los que se representan las instalaciones eléctricas (acometidas, transformadores, circuitos, cuadros eléctricos, luminarias y tomacorrientes) y mecánicas (agua fría y caliente, aguas negras, sistemas de agua potable, aguas pluviales, gas, sistemas de HVAC, entre otros) que deben suministrarse en la obra.

2.42.1.5. Planos de plantas

Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.) afirma que: “Representa la distribución general del edificio, ubicación de los diferentes espacios, amoblamiento de estos; en él se marcan cuadros de áreas, acotamientos de espacios y las diferentes carpinterías (de madera y metálicas)” (s. p.).

2.42.1.6. Planos de corte de secciones

Según Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.): “Representan la proyección de una vivienda o construcción cortado en sentido vertical u horizontal. Sirve para explicar aquellos aspectos que no quedan completamente claros a través de las plantas y las fachadas” (s. p.).

2.42.1.7. Planos de acabados y detalles

De acuerdo con Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.):

Este tipo de planos especifica el acabado de cada componente de la edificación, y la manera de realizar algo detalladamente, se analizarían los materiales utilizados en los suelos, techos, puertas, ventanas, muebles, escaleras, exteriores, entre otros, tales como aislantes térmicos, pinturas, pavimentos, chapados, etc. y sus medidas correspondientes (s. p.).

2.42.1.8. Plano de fachadas

Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.) lo define como:

Es aquel plano en donde aparece la fachada principal de una vivienda, (la entrada), normalmente en un plano aparece la fachada con las siguientes características: accesos, sombras, soleamiento, nombre por escrito de los espacios, la dirección de abatimiento de las ventanas y puertas y hasta material de estas, niveles y distancias, cotas, ejes y vegetación (s. p.).

2.42.1.9. Planos de cubiertas

Tecnólogo en Obras Civiles (s. f.) menciona que: “Un plano de planta que muestra la forma de a parte superior de los edificios, es decir, la forma de la cubierta” (s. p.).

2.43. Subestructura de un Puente

Según el manual de inspecciones de puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) (2007): “La subestructura está formada por los elementos estructurales diseñados para soportar el peso de la superestructura y las cargas que a ésta se aplican” (p. 13).

2.44. Superestructura de un puente

De acuerdo con el manual de inspecciones de puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) (2007):

Comprende todos los elementos estructurales que se encuentran sobre los apoyos del puente como son el sistema de piso, los elementos principales tales como vigas, cerchas, arcos y sistemas de suspensión (puentes colgantes y atirantados) y los elementos secundarios como diafragmas, viguetas de piso, sistema de arriostramiento, portales, etc. (p. 6).

2.45. Accesorios de un puente

El manual de inspecciones de puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) (2007) indica que: “Son aquellos elementos sin función estructural pero vitales para garantizar el buen funcionamiento del puente tales como superficie de rodamiento, barandas y juntas de expansión” (p. 3).

2.46. Economía

Fernández (s. f.) señala que es:

La disciplina que estudia las relaciones sociales que afectan a los procesos de producción, distribución, consumo e intercambio de bienes y servicios, también involucra factores productivos como el trabajo, la tierra y el capital para garantizar una correcta distribución de los bienes y servicios que la sociedad necesita (s. p.).

2.47. Costos

Según Pérez (2021): “Los costos son todos aquellos gastos en los que incurre una empresa para realizar una tarea, un trabajo o un proyecto determinado. Las dos principales clases de costos que se conocen son los costos directos e indirectos” (s. p.).

2.47.1. Costos directos

Pérez (2021) los define como:

Son los que guardan una relación estrecha con el producto, proyecto o servicio. De hecho, se establecen desde las primeras fases de producción y suelen

reflejarse en los presupuestos o estimaciones de costos, Es decir, son costos que se asocian de forma (s. p.).

2.47.2. Costos indirectos

Según Pérez (2021), estos costos: “Son los que se relacionan de manera tangencial con los proyectos o las tareas previstas. Es decir, no son aplicables a un producto específico” (s. p.).

2.48. Presupuesto

De acuerdo con González (s. f.):

El presupuesto es una proyección expresada en términos cuantitativos de lo que se quiere lograr en un proyecto constructivo o empresa a nivel operativo y financiero, en un plazo definido, que permite tomar decisiones y ejercer el control de los procesos a la luz de los objetivos y la estrategia empresarial (s. p.).

2.48.1. Importancia de un presupuesto

González (s. f.) afirma que el presupuesto es importante, ya que este permite a las empresas administrar adecuadamente sus ingresos y egresos. Además, brinda: “A la organización un panorama financiero actualizado que facilite la toma de decisiones y fomente el crecimiento de esta. Además, prepara a las empresas para hacerle frente a los posibles cambios que puedan surgir en el tiempo” (s. p.).

2.48.2. Tipos de presupuesto

Según González (s. f.), los presupuestos tienen tres factores fundamentales antes de su elaboración, los cuales se definen como la flexibilidad, el periodo para el cual se llevan a cabo y el campo de aplicabilidad. Al tomar en cuenta el factor de campo de aplicabilidad, se tiene como principal proyección cuantitativa el presupuesto maestro, con base en este, se analizan los diferentes tipos de presupuesto.

2.48.2.1. Presupuesto de operación

De acuerdo con González (s. f.): “Se refiere propiamente a las actividades de producir, vender y administrar la organización, que son las actividades típicas a través de las cuáles una empresa realiza su misión de ofrecer productos o servicios a la sociedad” (s. p.).

2.48.2.2. Presupuesto financiero

González (s. f.) indica que:

El plan maestro debe culminar con la elaboración de los estados financieros presupuestados, que son reflejo del lugar en donde la administración quiere colocar la empresa, así como cada una de las áreas, de acuerdo con los objetivos que se fijaron para lograr la situación global (s. p.).

2.48.3. Elaboración de un presupuesto

Según Milformatos (2018), cada proyecto en un aspecto financiero es único y se debe tomar el tiempo necesario para llevar a cabo su presupuesto, ya que se deben considerar las variables que pueden influir en este y tener un monto de respaldo en caso de que se presente una modificación. Por lo tanto, se debe contar con los siguientes parámetros para facilitar su elaboración:

1. Alcance del proyecto, dará el total de los requerimientos del proyecto.
2. Plan de gestión del proyecto, proporciona la planificación de cuando se necesitarán los recursos.
3. Plan de gestión de costos, aporta una estimación aproximada de los costos, para quedarnos dentro de un rango aceptable.
4. Cronograma del proyecto, aporta los tiempos y el progreso para el monitoreo del presupuesto.
5. Registro de riesgos, son las variables que pueden afectar al proyecto y a su vez al presupuesto.
6. Cotizaciones reales de proveedores que puedan dar el servicio que se necesita (Milformatos, 2018, s. p.).

Capítulo III. Marco metodológico

3.1. Enfoque de la investigación

El desarrollo de la presente investigación busca solucionar los problemas de la inexistencia de una estructura tipo puente peatonal sobre la ruta 21 en Comunidad de Carillo Guanacaste. Por lo tanto, se lleva a cabo una serie de investigaciones necesarias para brindar una propuesta de solución.

Al tratarse de una obra de beneficio público es importante valorar temas cualitativos y no valorar temas de costos o recuperación de la inversión para la toma de decisiones. Por esto, el enfoque de la investigación es mixto, con el fin de maximizar el recurso y potenciar los beneficios.

3.2. Método de investigación

A continuación, se detalla:

1. Evaluación: Se debe determinar la magnitud de construcción del puente peatonal mediante el estudio de factibilidad técnica.
2. Descripción: Se explica la importancia de un puente peatonal como también las ventajas de este.
3. Estudio: Mediante el análisis de estudios se determina si se cumple con la factibilidad técnica.
4. Diseño: Se realiza la elaboración del diseño estructural del puente peatonal.
5. Presupuesto: Se elabora un presupuesto globalizado del puente peatonal.

3.3. Sujetos y fuentes de información

Esta investigación pretende analizar la factibilidad técnica para la construcción de un puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 21, con el fin de mejorar la movilidad peatonal y vehicular de la zona y, asimismo, garantizar la seguridad de los peatones y conductores que circulen sobre la ruta. Para esto, se necesita una serie de datos e informaciones amplias que implican lecturas de sucesos, revisión bibliográfica y

búsqueda de información profesional para estimar cada detalle que logre que se cumpla el objetivo que se planteó.

Las fuentes de información son variadas conforme el detalle de cada subárea que se necesita determinar como:

1. Ruta Nacional n.º 21: Ruta donde se ubicará el puente peatonal.
2. Sitios *web* (Internet): Fuente de la que se adquirirán datos estadísticos actualizados de la ruta nacional n.º 21, así como información sobre puentes peatonales.
3. MOPT: Ministerio del Gobierno de Costa Rica encargado de las obras públicas y de transportes.
4. Código Sísmico de Costa Rica: Conjunto de criterios, normativas y prácticas de diseño sismorresistente.
5. Código de Cimentaciones: Metodologías de diseño para fundaciones.
6. Especificaciones AISC: Especificaciones de diseño estructural.
7. Reglamento de la Ley n.º 7600: Normas para igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad.
8. Sicop: página *web* para consulta de carteles de licitaciones.

3.4. Instrumentos

Los instrumentos utilizados son los siguientes:

1. Google: Buscador que más se utiliza para encontrar información de cualquier índole.
2. Estudio de movilidad peatonal: Mecanismo que permite analizar la cantidad de peatones que circulan sobre una zona específica.
3. Estudio de flujo vehicular: Mecanismo que permite calcular la cantidad de vehículos que transitan sobre una ruta establecida en horas específicas.

4. Estudio de suelo: Determina la capacidad soportante del suelo donde se pretende llevar a cabo la construcción del puente peatonal.
5. Estudio topográfico: Representación de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; naturales como artificiales.
6. SAP2000 V22.2: Programa de análisis y diseño estructural.
7. Microsoft Excel: Programa para elaborar compendios de tabulación de datos contables como memorias de cálculo y presupuestos.

3.5. Proceso para la recolección y análisis de datos

Los datos se recolectan mediante observación, consulta a diferentes páginas *web* y por medio de los diseños de puentes actuales. El análisis de esta información se establece por medio de una comprobación para determinar si es posible construir un puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 21, que cumpla o con todas las normativas y requisitos establecidos.

Capítulo IV. Análisis de resultados

4.1. Sitio de estudio

En la Figura 10 se muestra el sitio donde se ubicará el puente peatonal, frente al centro educativo Pacífica García Fernández, Comunidad de Carrillo, Ruta Nacional n.º 21. Se consideró esta ubicación para darle prioridad a la población del centro educativo, ya que esta población se encuentra en riesgo latente de un accidente de tránsito.



Figura 10

Vista preliminar del sitio en estudio

Además, cabe resaltar que la zona de ubicación del puente peatonal es el lugar donde las personas realizan el cruce de la vía. Lo anterior ya que la parada de buses se encuentra a 10 m de distancia de la ubicación elegida para el estudio.

4.2. Estudio de flujo vehicular

Este estudio se ubica frente al centro educativo Pacífica García Fernández, Comunidad de Carrillo, Ruta Nacional n.º 21. La Tabla 1 que se presenta a continuación se tomó de la página oficial del MOPT y se proyecta para el año 2015. En esta se indica un crecimiento notable en el tránsito promedio anual para ese año

con 11,005 vehículos, sin embargo, no se cuenta con el tránsito promedio anual del año en curso. Por este motivo, se procedió por llevar a cabo el debido estudio.

Tabla 1

Estación de medición de TPDA en la Ruta Nacional n.º 21

Ruta: 21 **Sección:** 50082 **Estación:** 549
Tramo: LLANO GRANDE(ENTRADA AEROPUERTO)-GUARDIA (RIO TEMPISQUE)(LTE. CANTONAL)
Ubicación: GUARDIA, PUENTE RÍO TEMPISQUE

Año	TPDA	Liviano	Carga Liv.	Bus	C. 2 ejes	C. 3 ejes	C. 4 ejes	C. 5/6 ejes
1987	1 720	44,34	40,43	4,73	7,91	0,96	0,00	1,63
1989	1 620	33,47	40,21	6,34	16,37	1,44	0,16	2,01
1990	1 525	31,05	46,71	5,45	13,32	1,04	0,35	2,08
1992	1 705	37,14	41,68	5,92	10,89	2,40	0,00	1,97
1995	3 165	44,12	34,64	4,65	10,51	0,86	0,00	5,22
2006	5 413	44,13	34,64	4,65	10,50	0,86	0,00	5,22
2010	10 695	64,66	21,77	4,91	6,93	0,72	0,00	1,01
2015	11 005	67,76	19,66	3,17	6,67	1,49	0,15	1,10

Fuente: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

En el estudio realizado en campo se hizo el conteo durante 3 horas y se tomó en cuenta la apertura de la planta azucarera CATSA a las 4:30 a. m., ya que es el inicio del mayor volumen vehicular en la zona. También se tomó en consideración el transporte público, pues esta zona es un lugar de transbordo de personas a otras localidades y estaciones de servicio, por lo que se presenta una gran movilidad vehicular.

Para la ejecución de este conteo se consideró lo que se indica en el artículo 29 del Manual de especificaciones técnicas para llevar a cabo el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal. Este menciona que se recomienda realizar el conteo en diferentes periodos del día durante 4 horas, por lo que se hace la lectura en jornada matutina y vespertina, como se muestra en la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 2

Datos obtenidos del flujo de tránsito matutino

Lecturas de Tránsito										
Día	Inicio	Fin	Liviano	Moto	Carga Liv.	Bus	C. 2 ejes	C. 3 ejes	C. 4 ejes	C. 5/6 ejes
Lunes 19/07/2021 Matutino	04:30:00	05:00:00	223	27	0	34	0	0	0	54
	05:00:00	05:30:00	248	20	81	47	0	0	0	115
	05:30:00	06:00:00	189	41	61	41	20	0	34	95
	06:00:00	06:30:00	299	95	142	41	7	41	14	101
	06:30:00	07:00:00	218	176	162	81	7	27	0	61
	07:00:00	07:30:00	200	128	128	54	20	20	0	47
	07:30:00	08:00:00	189	81	47	61	14	0	7	54
	08:00:00	08:30:00	176	68	54	54	0	0	0	34
Totales			1742	635	675	412	68	88	54	560

Tabla 3

Datos obtenidos del flujo de tránsito vespertino

Lecturas de Tránsito										
Día	Inicio	Fin	Liviano	Moto	Carga Liv.	Bus	C. 2 ejes	C. 3 ejes	C. 4 ejes	C. 5/6 ejes
Lunes 19/07/2021 Vespertino	15:30:00	16:00:00	176	41	0	51	0	0	0	81
	16:00:00	16:30:00	180	30	122	71	0	0	0	172
	16:30:00	17:00:00	263	61	91	61	30	0	51	142
	17:00:00	17:30:00	246	142	213	61	10	61	20	152
	17:30:00	18:00:00	335	263	243	122	10	41	0	91
	18:00:00	18:30:00	293	192	192	81	30	30	0	71
	18:30:00	19:00:00	276	122	71	91	20	0	10	81
	19:00:00	19:30:00	209	101	81	81	0	0	0	51
Totales			1976	952	1013	618	101	132	81	840

Tabla 4

Total obtenido de tránsito promedio diario

TPD		
Sumatoria	8358	Vehiculos
Horas inventariadas	8	hrs
Factor de expansión recomendado	10	

TPD Ruta 21	10448
-------------	--------------

Para calcular el TPD se utilizó la siguiente fórmula:

$$TPD = \frac{\textit{Sumatoria de vehiculos}}{\textit{Horas inventariadas}} \times \textit{Factor de expansión}$$

En cuanto al factor de expansión, según se indica en el artículo 29 del Manual de especificaciones técnicas, para llevar a cabo el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal, se recomienda utilizar la cifra 10, esto debido a que se desconoce el dato en la zona de estudio. No obstante, una vez que se disponga de una serie de datos históricos adecuados, existiría una base de datos para realizar las proyecciones de tránsito promedio diario con las técnicas estadísticas vigentes.

4.3. Estudio de movilidad peatonal

El conteo fue de lunes a viernes frente al centro educativo Pacífica García Fernández, Comunidad de Carrillo, Ruta Nacional n.º 21. Se llevó a cabo en esta ubicación, ya que a solo 10 m se encuentran dos paradas de buses en ambos sentidos. En este conteo se abarcó la población estudiantil y peatones en general, que cruzaban la Ruta n.º 21.

Tabla 5

Datos de movilidad peatonal en Comunidad de Carrillo

Movilidad Peatonal Ruta N°21 - Comunidad, Carrillo , Guanacaste						
Inicio	Fin	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
06:00:00	06:30:00	135	99	111	165	141
06:30:00	07:00:00	168	183	129	87	117
07:00:00	07:30:00	207	120	156	141	102
07:30:00	08:00:00	156	108	126	147	132
08:00:00	08:30:00	111	96	78	90	105
08:30:00	09:00:00	69	81	45	102	63
09:00:00	09:30:00	51	72	57	36	66
09:30:00	10:00:00	42	21	51	36	30
10:00:00	10:30:00	30	60	27	33	45
10:30:00	11:00:00	78	63	39	72	60
11:00:00	11:30:00	114	132	108	93	117
11:30:00	12:00:00	123	111	105	57	108
12:00:00	12:30:00	33	69	45	24	36
12:30:00	13:00:00	66	39	51	69	63
13:00:00	13:30:00	48	66	33	45	51
13:30:00	14:00:00	18	39	27	30	24
14:00:00	14:30:00	42	63	57	45	54
14:30:00	15:00:00	60	48	114	102	120
15:00:00	15:30:00	66	36	96	75	93
15:30:00	16:00:00	87	114	99	120	57
16:00:00	16:30:00	114	60	174	144	84
16:30:00	17:00:00	117	126	90	108	63
17:00:00	17:30:00	228	183	204	177	150
17:30:00	18:00:00	195	171	165	180	153
18:00:00	18:30:00	168	126	156	108	144
TOTAL DE PEANES		2526	2286	2343	2286	2178
PROMEDIO PEATONES DIARIOS						
9877						

Este estudio se realizó manualmente mediante el conteo de cada peatón que cruzó la Ruta n.º 21 en lapsos de 30 minutos desde las 6:00 a. m. hasta las 18:00 p. m. Con esto se determinó el comportamiento peatonal de la zona durante el día.

4.3.1. Imágenes del sitio

A continuación, se presentan algunas imágenes del flujo vehicular de la zona.



Figura 11

Flujo vehicular sobre Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo en Comunidad de Carrillo Guanacaste

De acuerdo con lo que se observó, los vehículos deben detener constantemente su flujo, con el fin de permitir el cruce de peatones sobre la carretera. Por lo general, esto genera largas filas sobre la Ruta Nacional n.º 21.



Figura 12

Flujo vehicular sobre Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo en Comunidad de Carrillo Guanacaste



Figura 13

Flujo vehicular sobre Ruta Nacional n.º 21 frente a la parada de buses en Comunidad de Carrillo Guanacaste

4.4. Estudio topográfico

Se representa la cartografía de la zona propuesta para el diseño del puente peatonal, con respecto al nivel medio del mar, donde se tiene una altura sobre el nivel del mar de 30 m. En la Figura 14 se adjunta hoja cartográfica con el detalle de la ubicación de la estructura en diseño:

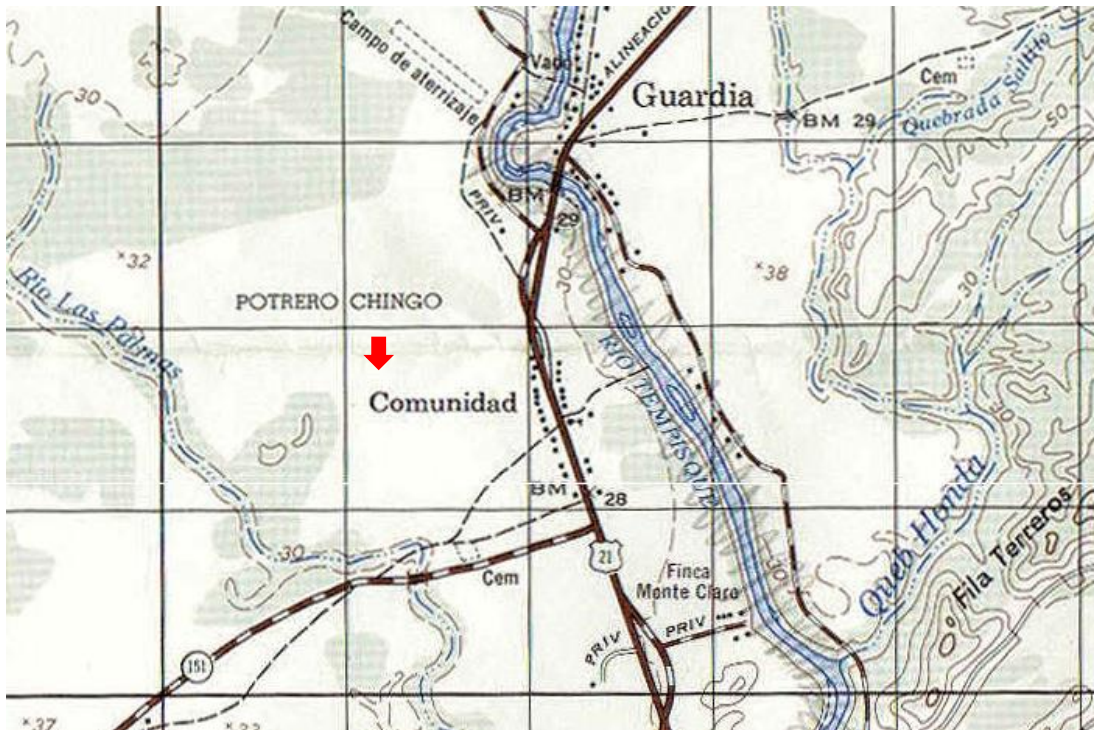


Figura 14

Topografía de la zona

Al ser esta una superficie preliminarmente plana y sin pendientes de mayor importancia, disminuye la cantidad de trabajo por llevar a cabo. Esto también disminuye en costos y en tiempo las actividades de movimiento de tierra, ya que, según lo inspeccionado en sitio, no se requiere de algún relleno de material granular.

4.5. Estudio de suelo

Al no existir estudios de suelo a disposición en la zona y según el apartado: 2.2 Sitios de Cimentación del Código Sísmico de Costa Rica, se tomará como un tipo de suelo S3 y en el caso de la capacidad de soporte se asumirá una capacidad de soporte base de 20 ton/m² para el caso de placa convencional. Lo anterior lo indican las especificaciones técnicas de diseño y construcción de pasos peatonales superiores del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Por lo tanto, para efectos de la investigación se asumen ambos datos respaldados por código y normativa. No obstante, para efectos de construcción del puente peatonal, se deben llevar a cabo los estudios de suelo correspondientes.

4.6. Consideraciones de diseño

Las consideraciones para el diseño son las siguientes:

- Características del puente por diseñar: Según los requerimientos del sitio y el espacio disponible con un derecho de vía de 30 m para la propuesta del puente se define el dimensionamiento de la estructura con una longitud de 19 m y un ancho de 1,80 m.
- Los estudios definen la altura que tendrá la estructura: Según lo indican las especificaciones técnicas de diseño y construcción de pasos peatonales superiores y restricciones de altura en la zona, la estructura tendrá una altura 6.10 m.
- Definición de puente: Esta se define para el sitio según sus necesidades, su estética, economía, seguridad y funcionalidad. El tipo de puente se puede definir como un puente tipo losa colaborante.
- El material elegido para llevar a cabo el puente peatonal es acero estructural de perfil W y HSS en vigas longitudinales y en vigas diafragma. La losa será de concreto reforzado y las barandas serán de tubo estructural de 5 cm de diámetro.
- La subestructura: se diseñarán placas asiladas con dimensiones de 1.60x1.60mx0.60 m, además, se construirán pedestales que descansarán las columnas del puente peatonal.

4.7. Clasificación estructural

De acuerdo con lo establecido en el Código Sísmico de Costa Rica 2010, la estructura se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 6

Clasificación de la estructura del puente peatonal

Clasificación estructural	
Zonificación	Zona III
Sitio de cimentación	Suelo S3
Severidad sísmica (vida útil 50 años)	Sismo Fuerte
Periodo de retorno del sismo	475 años
Importancia	Normal
Factor de importancia	I = 1
Sistema estructural	Marco
Irregularidad	Regular
Ductilidad local	Moderada
Ductilidad global asignada	$\mu=3$
Periodo de vibración	T = 0.42s (Transversal), 0.18s (Longitudinal)
Aceleración pico efectiva	aef=0.33 g
Factor espectro de diseño	Sa=1.025

4.8. Capacidad del suelo

A continuación, en la Tabla 7 se muestran los datos que se utilizan para elaborar las fundaciones de la estructura.

Tabla 7

Datos de suelo

Capacidad del suelo	
Estudios de suelo	N/A
Capacidad elástica	10 ton/m ²
Factor de seguridad	FS=3

4.9. Cargas de diseño

La Tabla 8 muestra las cargas permanentes y temporales cargadas a la estructura.

Tabla 8

Cargas de la estructura

Carga permanente	
Metaldeck: Lámina cal. 22 de 0.70 mm	7,13 kg/m ²
Losa de concreto reforzada	240 kg/m ²
Previstas electromecánicas	10 kg/m ²
Vigas pasarelas W16x45	44,64 kg/m
Viguetas HSS4X2X1/8	7,07 kg/m
Vigas longitudinales (rampas) W14X26	42,11 kg/m
Columnas HSS7X7X1/2	62,39 kg/m
Barandas	66,96 kg/m
Carga temporal:	
Sobrecarga en rampas y viga pasarela	415 kg/m ²

4.10. Modelo SAP2000

Inicialmente, se propone una estructura compuesta por:

- Vigas pasarelas longitudinales: El total de estas son 2 a una distancia de 19 m con un perfil W16x45.
- Vigas transversales: Estas tendrán una distancia de 1,8 m a lo largo de los 19 m del puente. Se propone el perfil W14x26.
- Columnas: Se propone el perfil Hss7X7X/1/2.
- Viguetas: Se propone el perfil Hss4X2X/1/8.
- La losa de concreto será con el sistema Metaldeck y tendrá el espesor de 12 cm.

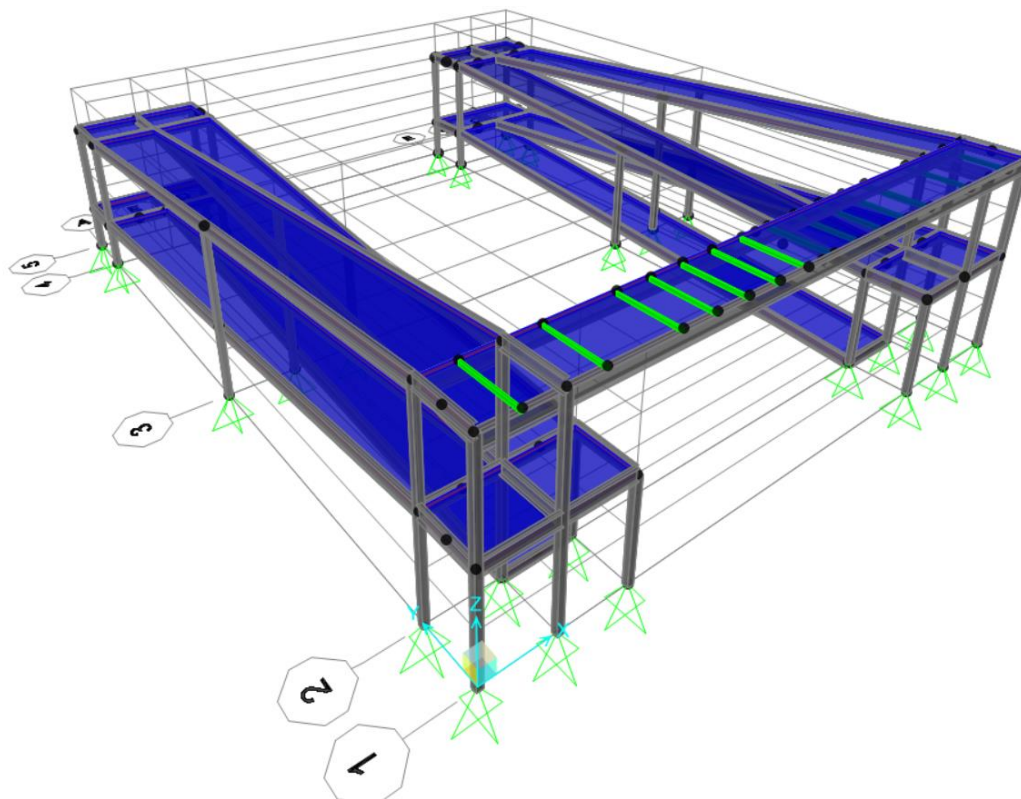


Figura 15

Modelado en SAP2000

4.11. Cargas aplicadas

A continuación, se detallan las cargas aplicadas.

4.11.1. Carga permanente

La carga permanente corresponde al peso de los elementos de concreto reforzado y acero estructural y al peso de las barandas laterales.

Tabla 9

Cargas permanentes

Carga permanente	
Elemento	Peso por metro (kg/m-kg/m ²)
Metaldeck: Lámina cal. 22 de 0.70 mm	7,13 kg/m ²
Losa de concreto reforzada	240 kg/m ²
Vigas pasarelas W16x45	44,64 kg/m
Viguetas HSS4X2X1/8	7,07 kg/m
Vigas longitudinales (rampas) W14X26	42,11 kg/m
Columnas HSS7X7X1/2	62,39 kg/m
Barandas	66,96 kg/m

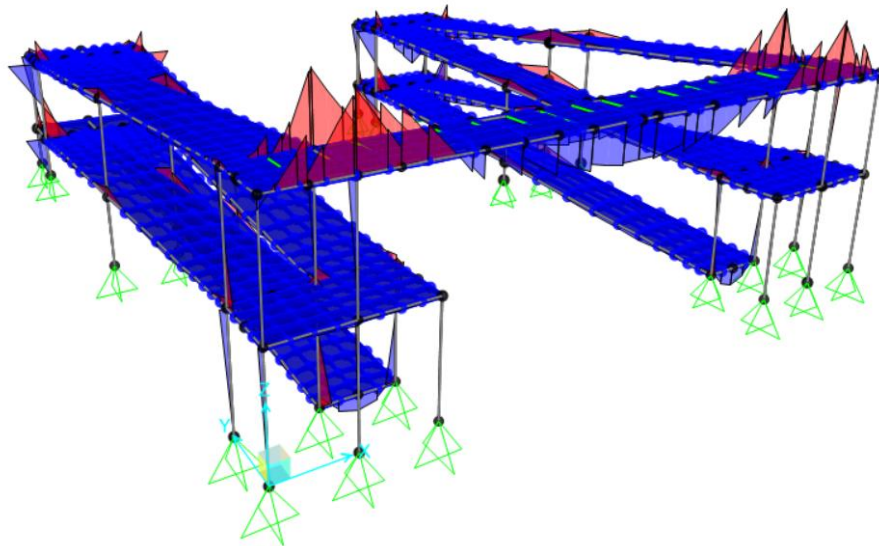


Figura 16

Carga permanente aplicada al puente

4.11.2. Carga temporal

Para las cargas temporales se utiliza un valor de 415 kg/m^2 (85 lb/pie^2), según las especificaciones del Cosevi. Se analiza la carga temporal aplicada sobre toda la estructura.

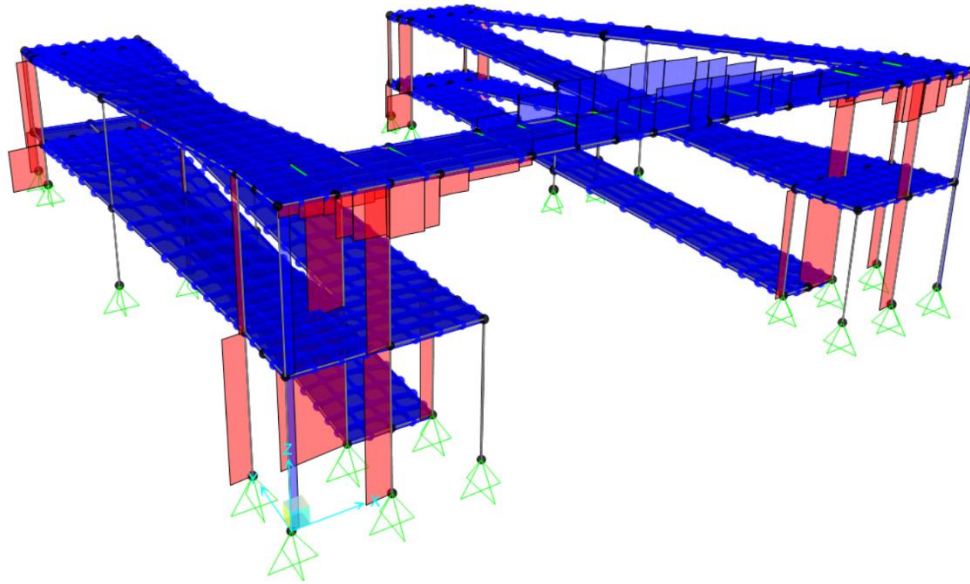


Figura 17

Carga temporal aplicada al puente

4.12. Coeficientes de diseño

En las siguientes tablas se presentan los coeficientes de diseño.

Tabla 10

Coeficientes sísmicos

Coeficiente Sísmico		
Tx	0,42	seg
μ	3	
Tipo de Suelo	s2	
i	1	
Ca	0,41	
Cv	0,605	
Zona	III	
R	5	
sa	1,04	
aef	0,33	
C	0,208	

Coeficiente Sísmico		
Ty	0,18	seg
μ	3	
Tipo de Suelo	s2	
i	1	
Ca	0,41	
Cv	0,605	
Zona	III	
R	5	
sa	1,04	
aef	0,33	
C	0,208	

Tabla 11

Coefficientes sísmicos espectrales

Coeficientes sísmicos espectrales	C_a			C_v		
	Zona de amenaza sísmica			Zona de amenaza sísmica		
Sitio de cimentación	II	III	IV	II	III	IV
S_1	0.240	0.360	0.480	0.240	0.360	0.480
S_2	0.278	0.374	0.480	0.374	0.518	0.634
S_3	0.317	0.410	0.490	0.461	0.605	0.730
S_4	0.360	0.367	0.432	0.730	0.922	1.152

Fuente: Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes.

4.13. Cálculo de peso sísmico

En la Tabla 12 se muestra el cálculo de peso sísmico de la estructura.

Tabla 12

Cálculo de peso sísmico de la estructura

Elemento	Área m ²	W (kg/m ²)	Long (m)	W (kg/m)	Wtotal Kgf/m
Barandas			230	66,9674	15402,50
W16x45			38	44,6448	1696,50
W14x26			17,5	42,114928	737,01
Hss7x7x1/2			24	62,39627856	1497,51
Hss4x2x1/8			171	7,071876	1209,29
Entrepiso 12 cm	691	59			40769,00
CP adicional	691	27			18657,00

Carga temporal	691	60	41460,00
		Σ	121428,82 kgf
		Σ	121,43 Tonf

Para efectos sísmicos, los niveles que generan peso son los que se señalan con flechas color rojo en la Figura 18.

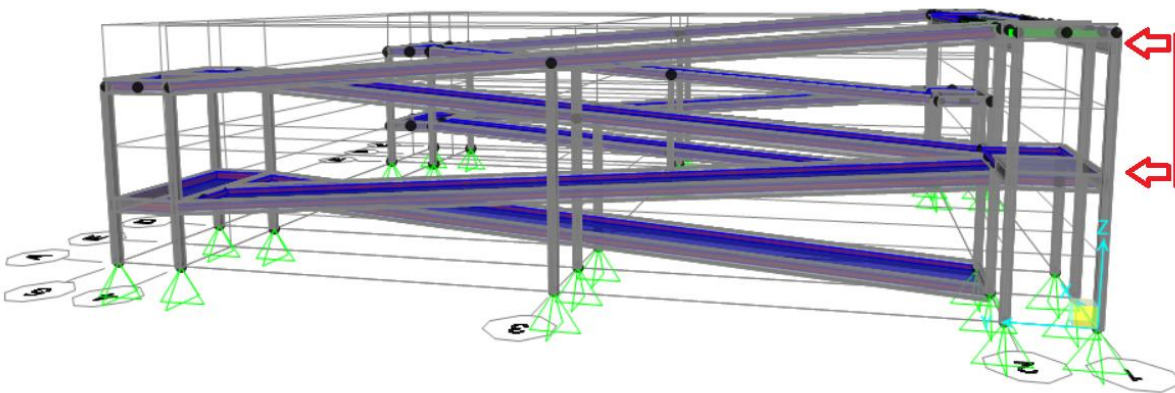


Figura 18
Peso sísmico de la estructura

4.14. Conversión de fuerzas de sismo a derivas

En la Tabla 13 se muestra la conversión de derivas y en la Tabla 14 se presenta el resultado del análisis estático.

Tabla 13
Conversión de derivas

W	121428,82	kgf
W	121,43	Tonf
CsX	0,208	

Csy	0,208		δ_i m	Δ	Δ/hi	
Fsx	25,257194	Tonf	0,192	1,152	0,192	menor a CSCR 7-2
Fsy	25,257194	Tonf	0,0024	0,0144	0,0024	menor a CSCR 7-2

Tabla 14

Resultado del análisis estático

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	S Ur
MODAL	Mode	1	0,425617	0,739451	2,1E-05	2,483E-07	0,739451	
MODAL	Mode	2	0,357023	0,07137	0,001781	1,605E-08	0,810821	
MODAL	Mode	3	0,340959	0,019051	0,009736	1,421E-08	0,829872	
MODAL	Mode	4	0,199542	5,9E-05	0,007308	0,019965	0,829931	
MODAL	Mode	5	0,182977	8,164E-06	0,032551	0,038067	0,829939	
MODAL	Mode	6	0,179933	0,000132	0,673343	0,004319	0,830071	
MODAL	Mode	7	0,164954	0,012049	0,000453	5,29E-06	0,84212	
MODAL	Mode	8	0,14923	3,304E-07	7,3E-05	3,1E-05	0,84212	
MODAL	Mode	9	0,144764	6,7E-05	0,001426	7,5E-05	0,842187	
MODAL	Mode	10	0,140206	0,040505	0,003564	0,000813	0,882692	
MODAL	Mode	11	0,130418	0,03858	0,001653	0,000698	0,921272	
MODAL	Mode	12	0,114536	2,058E-07	0,006932	0,04754	0,921272	
MODAL	Mode	13	0,114252	6,019E-06	0,002039	0,0132	0,921278	

Fuente: SAP2000.

4.15. Determinación del espectro de diseño

Según lo estipulado por los lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes, la construcción del espectro elástico para sitios de cimentación S1 a S4 se determina con las siguientes ecuaciones:

Periodos de control.

$$T_s = \frac{0,605}{2,5 \cdot 0,41} = 0,59$$

$$T_a = 0,2 \cdot 0,59 = 0,12 \text{ seg}$$

Posteriormente, se lleva a cabo el diagrama de la forma espectral de elástica, como se muestra en la Figura 19.

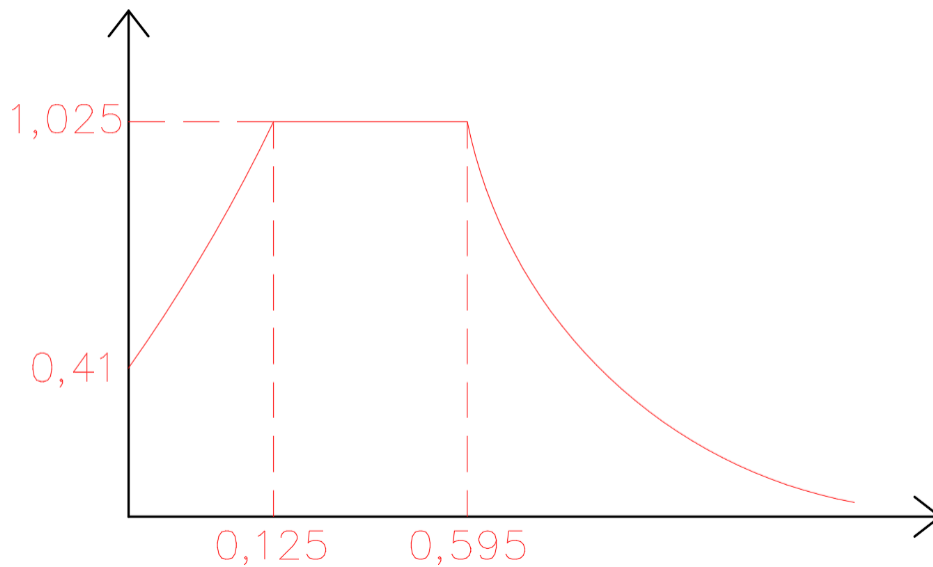


Figura 19

Forma espectral elástica

4.16. Memoria de cálculo de elementos del puente

En la Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19 se muestran las características de los elementos de acero por utilizar.

Tabla 15

Características de los elementos de acero por utilizar

HSS7x7X1/2			W16X45		
d =	17,78	cm	A =	85,80628	cm ²
b =	17,78	cm	d =	40,894	cm
t =	1,27	cm	tw =	0,8763	cm
A =	74,83856	cm ²	bf =	17,8816	cm
Ix =	3350,662976	cm ⁴	tf =	1,4351	cm
Sx =	376,902472	cm ³	T =	38,0238	cm
rx =	6,6802	cm	k =	2,45618	cm
Zx =	457,1990856	cm ³	k1 =	2,06375	cm
J =	5535,87796	cm ⁴	gage =	94637,86	cm
			rt =	4,6482	cm
			d/Af =	4,06	
			Ix =	24391,16154	cm ⁴
			Sx =	1191,339553	cm ³
			rx =	16,891	cm
			Iy =	83,312	cm ⁴
			Sy =	153,0551778	cm ³
			ry =	3,9878	cm
			Zx =	1348,655367	cm ³
			Zy =	237,612428	cm ³

J =	46,20168824	cm ⁴
Cw =	534386,3744	cm ⁶
a =	173,0568335	cm
Wno =	176,77384	cm ²
Sw =	1132,149478	cm ⁴
Qf =	240,8898408	cm ³
rts =	5,6388	cm
ho =	33,782	cm

Tabla 16

Capacidad de los elementos de acero por utilizar

Capacidad en flexión de las vigas W16X45			Capacidad en cortante W16X45		
Fy	3500	kg/cm ²	Cv	1	Adim
E	2030000	kg/cm ²	Aw	33,3202559	cm ²
Nota: las secciones no van arriostradas			φVn	69972,5375	Kgf
lb	3	m	φVn	69,9725375	Tonf
Mp	4720293,78	kg*cm			
	5				
lp	169,028537	cm			
	4				
1,95rts*E/(0,7Fy)	9110,68971		Capacidad en cortante Hss7x7x1/2		
	4				
Jc/sx*ho	0,00114798		Cv2	1	Adim
	7				

$6,76(0,7F_y/E)^2$	9,84661E-06	Aw	45,1612	cm ²
Lr	610,437744 4	φVn	94838,52	Kgf
$(L_b-L_p)/(L_r-L_p)$	0,29671212 2	φVn	94,83852	Tonf
Cb	1			

Nota: se diseña en zona II compacta

Mn	4185763,37 2	kg*cm
φMn	3767187,03 5	kg*cm
φMn	37,6718703 5	Tonf* m

**Capacidad en compresión de las vigas
W16x45**

L	3	m
k	1	
kl/r	75,2294498 2	
Fe	3540,13653 4	kg/cm ²
$4,71\text{raiz}(E/F_y)$	113,431820 9	
Fcr	2313,95449 4	kg/cm ²
φPn	178,696644 5	Tonf

**Capacidad en flexión de las columnas
Hss7X7X1/2**

ϕM_n	1600196,8	kg*cm
ϕM_n	16,001968	Tonf* m

**Capacidad en compresión de las columnas
Hss7X7X1/2**

L	6	m
k	1	
kl/r	89,8176701 3	
Fe	2483,54602 5	kg/cm ²
4,71raiz(E/Fy)	113,431820 9	
Fcr	1940,43138 8	kg/cm ²
ϕP_n	130,697181 8	Tonf

Tabla 17

Características de los elementos de acero por utilizar

HSS7x7X1/2			W14x26		
d =	17,78	cm	A =	49,612804	cm ²
b =	17,78	cm	d =	35,306	cm
t =	1,27	cm	tw =	0,6477	cm
A =	74,83856	cm ²	bf =	12,7762	cm

lx =	3350,662976	cm4	tf =	1,0668	cm
Sx =	376,902472	cm ³	T =	33,1724	cm
rx =	6,6802	cm	k =	2,0828	cm
Zx =	457,1990856	cm ³	k1 =	1,905	cm
J =	5535,87796	cm4	gage =	96641,92	cm
			rt =	3,2512	cm
			d/Af =	6,59	
			lx =	10197,66993	cm4
			Sx =	578,4633592	cm ³
			rx =	14,351	cm
			ly =	22,6314	cm4
			Sy =	58,1740772	cm ³
			ry =	2,7432	cm
			Zx =	658,7599728	cm ³
			Zy =	90,78433456	cm ³
			J =	14,90108504	cm4
			Cw =	108757,0259	cm6
			a =	137,4705602	cm
			Wno =	109,03204	cm ²
			Sw =	372,1108945	cm4
			Qf =	110,7765526	cm ³

rts =	5,6388	cm
ho =	33,782	cm

Tabla 18

Capacidad de los elementos de acero por utilizar

Capacidad en flexión de las vigas W14X26			Capacidad en cortante W14X26		
Fy	3500	kg/cm ²	Cv	1	Adim
E	2030000	kg/cm ²	Aw	21,4857634 8	cm ²
Nota: las secciones no van arriostradas			φVn	45120,1033 1	Kgf
lb	5	m	φVn	45,1201033 1	Tonf
Mp	2305659,90 5	kg*cm	Capacidad en cortante Hss7x7x1/2		
lp	116,274407 9	cm	Cv2	1	Adim
$1,95rts * E / (0,7Fy)$	9110,68971 4		Aw	45,1612	cm ²
Jc/sx*ho	0,00076253		φVn	94838,52	Kgf
$6,76(0,7Fy/E)^2$	9,84661E-06		φVn	94,83852	Tonf
Lr	575,618295 4	cm	Capacidad en flexión de las columnas Hss7X7X1/2		
$(Lb-Lp)/(Lr-Lp)$	0,83537759 5		φMn	1600196,8	kg*cm
Cb	1		φMn	16,001968	Tonf* m

Nota: se diseña en zona II compacta			Capacidad en compresión de las columnas Hss7X7X/1/2		
Mn	1563489,83 6	kg*cm	L	6	m
ϕ Mn	1407140,85 3	kg*cm	k	1	
ϕ Mn	14,0714085 3	Tonf*m	kl/r	89,8176701	
Resumen de elementos críticos			Fe	2483,54603	kg/cm ²
Columna			4,71raiz(E/Fy)	113,431821	
Mux	5,33	Tonf*m	Fcr	1940,43139	kg/cm ²
Muy	1,87	Tonf*m	ϕ Pn	130,697182	Tonf
Pu	42,1	Tonf	Capacidad en compresión de las vigas W14x26		
Vu	2,43	Tonf	L	3	m
Resumen de elementos críticos			k	1	
Viga			kl/r	109,36133	
Mux	8,2	Tonf*m	Fe	1675,20599	kg/cm ²
Vu	6,28	Tonf		113,431821	
lb	5	m		1459,78286	kg/cm ²
Análisis por flexo compresión columna				65,1815287	Tonf
Pu/ ϕ Pn	0,32211865 2	H1-1a			
Mux/ ϕ Mnx	0,33308403 1				

Muy/ ϕ Mny 0,11686062
6

Relación 0,72206945 \leq
8

OK

4.17. Fundaciones

En la Tabla 19 se muestra la memoria del cálculo de fundaciones.

Tabla 19

Memoria de cálculo de fundaciones

Pu	163,6	Tonf
Del estudio de Suelos		
Qadm	10	Tonf/m2
γ soil	1,5	Toof/m3
D	2,2	m
ϕ	25	
C	0	Tonf/m2
Nc	0	
Nq	16	
Ng	12	

Qadm	10	Tonf/m2
γ soil	1,5	Tonf/m3
Hf	2,2	m
B	2	m
Area	4	m2

	Pu Tonf	Mx.x Tonf*m	My.y Tonf*m	ex	ey	Qmax	Qmín	Qmin/Qmax	Ver FS Cuadro 3.3	Q ult Tonf/m2	Q ult /FS
Cu1	26	0,8	0,46	0,03	0,02	7,445	5,555	0,74613835	3	6,50	2,16666667
Cu2	52	1,75	0,32	0,03	0,01	14,5525	11,4475	0,7866346	3	13,00	4,33333333
Cu3x	42	2	0,28	0,05	0,01	12,21	8,79	0,71990172	2	10,50	5,25
Cu3-X	33	4	0,32	0,12	0,01	11,49	5,01	0,43603133	2	8,25	4,125
Cu4x	2,7	5,03	0,3	1,86	0,11	4,6725	-3,3225	- 0,71107544	2	0,68	0,3375
Cu4-X	14	4,86	0,34	0,35	0,02	7,4	-0,4	- 0,05405405	2	3,50	1,75
Cu3Y	37	3,77	0,1	0,10	0,00	12,1525	6,3475	0,52232051	2	9,25	4,625
Cu3-Y	38	1,29	0,66	0,03	0,02	10,9625	8,0375	0,7331813	2	9,50	4,75
Cu4Y	17	0,51	0,67	0,03	0,04	5,135	3,365	0,65530672	2	4,25	2,125
Cu4-Y	18,5	0,51	0,3	0,03	0,02	5,2325	4,0175	0,76779742	2	4,63	2,3125

4.18. Planos arquitectónicos y estructurales

Con base en los resultados de los diseños de los elementos que conforman el puente, se lleva a cabo la representación gráfica en la que se detalla el dimensionamiento de cada elemento. Esto se muestra en la Figura 20, Figura 21 y Figura 22.

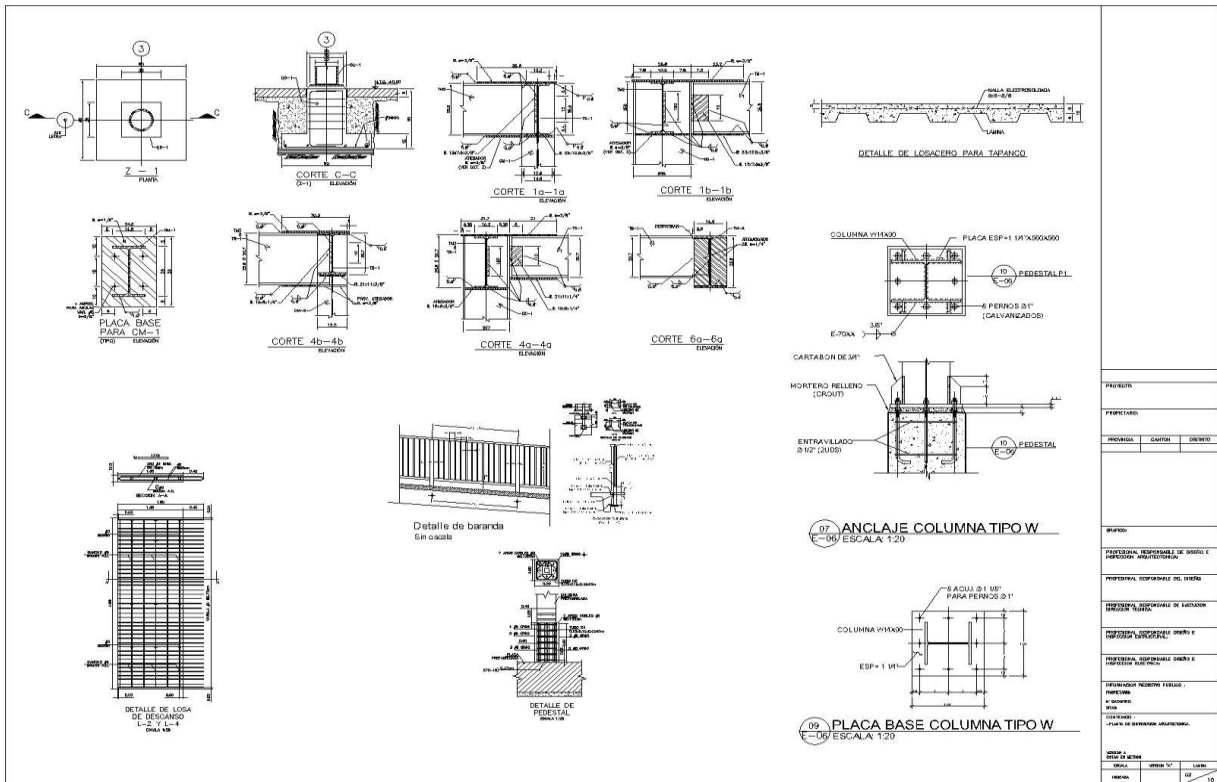


Figura 22

Detalles estructurales

4.19. Cronograma de tiempos de proyecto

Como parte de la planificación correcta que debe poseer el proyecto, se lleva a cabo el cronograma de tiempos del proyecto requeridos ante la eventual construcción de la obra. Es importante dejar claro que se estiman tiempos óptimos y se necesita una planeación detallada para que puedan cumplirse.

Como resultado de este cronograma se estima un plazo de 62 días. Además, se toma en consideración que en este plazo se incluyen los tiempos de estudios preliminares y la elaboración de planos constructivos.

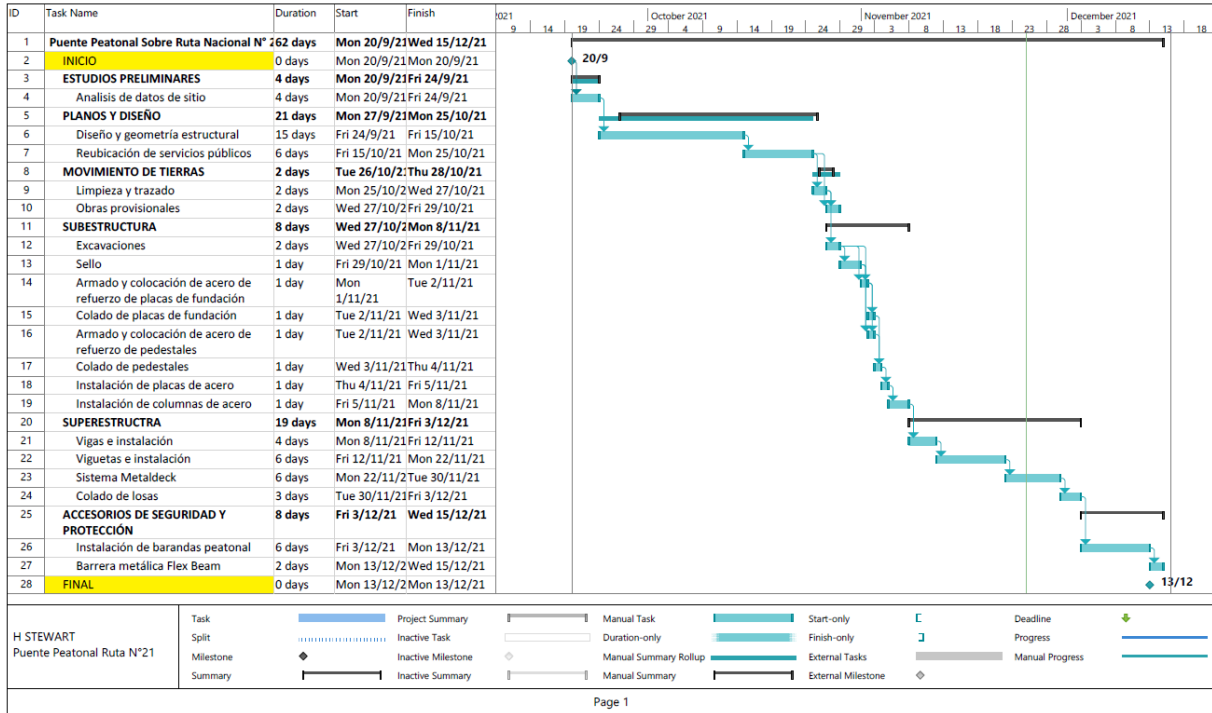


Figura 23

Cronograma del proyecto

4.20. Presupuesto globalizado

Mediante Sicop (Sistema Integrado de Compras Públicas), se lleva a cabo una investigación sobre las estructuras con dimensiones similares para conocer, tanto el presupuesto estimado por parte de Sicop como las ofertas presentadas por cada una de las empresas interesadas. En la Tabla 20 se muestra el presupuesto del puente peatonal.

Tabla 20

Presupuesto global del puente peatonal

Análisis de factibilidad técnica para la construcción de un puente peatonal sobre la Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo de Comunidad de Carrillo en Guanacaste

Descripción	Unidad	Cantida d	Precio total
-------------	--------	--------------	--------------

1-Estudios preliminares	GBL	1,00	Ø4.300.952
Análisis de datos del sitio			
Estudios de suelo			
2-Planos y diseño	GBL	1,00	Ø21.500.000
Diseño y geometría estructural			
Reubicación de servicios públicos			
3-Movimiento de tierra	GBL	1,00	Ø4.000.000
Limpieza y trazado			
Obras provisionales			
4-Subestructura del puente	GBL	1,00	Ø39.012.048
Excavaciones			
Sello			
Armado y colocación de acero de refuerzo de placas de fundación			
Colado de placas de fundación			
Armado y colocación de acero de refuerzo de pedestales			
Colado de pedestales			
Instalación de placas de acero			
Instalación de columnas de acero			
5-Superestructura del puente	GBL	1,00	Ø81.000.000
Vigas e instalación			

Viguetas e instalación

Sistema Metaldeck

Colado de losas

6-Accesorios de seguridad y protección GBL 1,00 **€37.470.000**

Instalación de barandas peatonal

Barrera metálica Flex Beam

Barrera anticruce (malla ciclón) 50 ml

Total **€187.283.000**

Para el caso del presupuesto global se subdivide la obra en seis etapas:

- Etapa 1: Constituyen todos los estudios previos antes de efectuar el diseño de la estructura.
- Etapa 2: Abarca el diseño de la obra, así como la elaboración de planos constructivos.
- Etapa 3: Esta etapa implica obras de limpieza y trazado y la construcción de obras provisionales.
- Etapa 4: Incluye la construcción de la subestructura.
- Etapa 5: Corresponde la construcción de la superestructura del puente con las respectivas vigas longitudinales viguetas, armaduras y el material colado.
- Etapa 6: En esta última etapa se incluye la colocación de dispositivos de protección y entrega del proyecto.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Al finalizar la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- La cantidad de personas que cruzan a diario sobre la Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo de Comunidad de Carrillo en Guanacaste es considerablemente cuantiosa. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo la propuesta de la construcción de un puente peatonal.
- El alto flujo vehicular de la Ruta Nacional n.º 21 se ve interrumpido constantemente por el cruce inadecuado de las personas sobre la vía.
- En todo diseño vial se debe incluir al peatón como un elemento de prioridad, ya que tiene parte importante en un estudio antes del diseño y para fundamentar la construcción del puente.
- La construcción del puente mejorará el flujo peatonal en ese tramo de la Ruta Nacional n.º 21 y disminuirá el congestionamiento vial.
- El puente peatonal brinda seguridad a los peatones en el momento de cruzar.
- Según los estudios sobre el derecho de vía de la Ruta Nacional n.º 21, permite la ubicación del diseño propuesto sin ninguna restricción o expropiación.
- Cada diseño de los elementos que conforman el puente peatonal cumple con las normas establecidas por el Código Sísmico de Costa Rica, criterios Cosevi, lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes y el Código de Cimentaciones de Costa Rica.

5.2. Recomendaciones

Las principales recomendaciones del estudio son las siguientes:

- Proponer al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), como ente encargado de obra pública en el país, la construcción de un puente peatonal

sobre la Ruta Nacional n.º 21 frente al centro educativo en la Comunidad de Carrillo en Guanacaste. Esto para solucionar el problema de inseguridad por parte de los peatones al cruzar la carretera y la detención constante del flujo vehicular que se vive diariamente.

- Se deben respetar los planos arquitectónicos del diseño elaborado según cada dimensionamiento establecido, esto en el momento de elaborar los planos constructivos del puente peatonal. Si se incorpora algún cambio en el diseño, se deben realizar de nuevo los cálculos para determinar si se cumplen todos los parámetros establecidos con el diseño anterior. Posteriormente, se deben generar planos *as built*, los cuales reflejen los cambios realizados en el diseño. Estos planos serían los vigentes.
- Se deben hacer estudios de movilidad peatonal y flujo vehicular en distintas rutas del país para determinar si es necesario construir un puente peatonal o brindar una solución, de la manera más efectiva. Esto de acuerdo con el riesgo que represente cada ruta por evaluar y la densidad peatonal de la zona en estudio.
- Es importante considerar llevar a cabo el estudio de impacto ambiental, ya que, por el tipo de proyecto, se debe garantizar que se cumplirá con todas las medidas ambientales que Setena solicite.
- Antes de ejecutar el diseño se debe llevar a cabo un estudio de suelo para que se verifique la capacidad soportante del suelo. Lo anterior ya que en este caso para efectos de investigación se asumió una capacidad indicada por Cosevi.

Bibliografía

- Asociación Costarricense de Geotecnia. (2002). *Código de Cimentaciones de Costa Rica*. <https://pdfslide.net/documents/codigo-de-cimentaciones-de-costa-ricafinal2008.html>
- Asociación Latinoamericana del Acero. (2010). *Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero*. <https://www.coursehero.com/file/10857172/AISC-2010-Espa%C3%B1ol/>
- Autodesk Inc. (s. f.). *AutoCAD*. https://latinoamerica.autodesk.com/products/autocad/overview?panel=buy&AID=13955714&PID=8299320&SID=jkp_Cj0KCQjw8laGBhCHARIsAGIRRYpn0Xv15oA949aPHtQnv-MG-GD-9_YmVpclrznngRmh7mUFoGVpbkwaAlk-EALw_wcB&cjevent=dcbea632ca0911eb8238c5f50a82b82c&mktvar002=af_c_latam_deeplink&affname=8299320_13955714&term=1-YEAR
- Bermúdez Megía, C. (2005). *Curso básico de estructuras metálicas*. <https://es.slideshare.net/VctorArmandoRivera/curso-de-estructuras-metlicas-40551499>
- Bonilla Montero, K. y Toainga Cunalata, T. (2019). *Proyecto de factibilidad para la implementación de una planta de procesamiento de quinua utilizando herramientas Lean Manufacturing en la empresa Sumak Life ubicada en el cantón Guano*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13482/1/85T00553.pdf>
- Brenes Mejía, M. (2021). *Peatones arriesgan vida al pasar por puente*. Diario extra. <https://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/441774/peatones-arriesgan-vida-al-pasar-por-puente>
- Cladera, A.; Etxeberria, M.; Schiess, I. y Pérez, A. (s. f.). *Proyecto Constructivo en la Cooperación por el Desarrollo*. Construmatica. https://www.construmatica.com/construpedia/Proyecto_Constructivo_en_la_Cooperaci%C3%B3n_por_el_Desarrollo

CSI España. (s. f.). *SAP2000: Programa de elementos finitos para modelado, análisis y dimensionamiento de cualquier estructura.*

<https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>

Cuesta Muñoz, D. (2018). *Diseño preliminar y cálculo de pasarela peatonal atirantada realizada en materiales compuestos.*

https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/29051/TFG_Daniel_Cuesta_Munoz_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Decreto Ejecutivo 38578. (2014). *Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y evaluación de la red vial cantonal.*

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=78188&nValor3=98441&strTipM=TC

Díaz, K. (2014). *Importancia de los puentes peatonales.* WordPress.

<https://kathieesparzadiaz.wordpress.com/2014/05/29/la-importancia-de-los-puentes-peatonales/>

Diccionario actual. (s. f.). *¿Qué es puente peatonal?*

<https://diccionarioactual.com/puente-peatonal/>

EcuRed. (s. f.). *Diseño estructural.*

https://www.ecured.cu/Dise%C3%B1o_estructural

EcuRed. (s. f.). *Infraestructura vial.* https://www.ecured.cu/Infraestructura_vial

EcuRed. (s. f.). *Paso peatonal.* https://www.ecured.cu/Paso_peatonal

Fernández, H. (s. f.). *Que es la economía.* Economiatic.

<https://economiatic.com/que-es-la-economia/>

García Flores, A. (2021). *¿Qué son los puentes de arco?* <https://la-respuesta.com/blog/que-son-los-puentes-de-arco/>

- Geoquantics. (2018). *¿Qué es y en qué consiste el estudio geotécnico?*
<https://geoquantics.com/en/2018/11/23/consiste-estudio-geotecnico/>
- Gobierno de Costa Rica. (2021). *Construido puente sobre el río limoncito en menos de 10 meses*. Presidencia.
<https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2021/01/construido-puente-sobre-el-rio-limoncito-en-menos-de-10-meses/>
- González, G. (2018). *Propuesta de geometrización de la superestructura del puente San Pedro ubicado en el municipio libertador, distrito capital Caracas-Venezuela*.
<http://www.miunespace.une.edu.ve/jspui/bitstream/123456789/3334/1/TG6020%20Completa%20Calif.%202020.pdf>
- González, M. (s. f.). *Presupuesto, importancia, elementos y tipos*. Gestipolis.
<https://www.gestipolis.com/presupuesto-que-es-importancia-elementos-tipos/>
- Hernández, H. y Fernández, A. (2018). *Estudio de la movilidad peatonal en un centro urbano: un caso en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S221525632019000100244&lang=es
- Hierromat, S. A. (s. f.). *Viga W*. <https://hierromat.com.uy/index.php/shop/vigas-perfiles/viga-w-detail>
- Ingeniería y arquitectura. (s. f.). *Infraestructuras urbanas*.
http://www.ingenieriayarquitectura.com/arquitectura_infraestructuras_urbanas.html
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2018). *En qué consiste un levantamiento topográfico*. <https://www.igac.gov.co/es/contenido/en-que-consiste-un-levantamiento-topografico>
- Libro vial. (2021). *Importancia de los puentes peatonales*.

<https://librovial.blogspot.com/2019/08/importancia-de-los-puentes-peatonales.html>

Milformatos. (2018). *Presupuesto de un proyecto*.

<https://milformatos.com/empresas-y-negocios/presupuesto-de-un-proyecto/>

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2007). *Manual de inspección de puentes*. https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/31625228-76c4-44cf-963e-8d8b31540a79/manual_inspeccion2007.pdf?MOD=AJPERES

Miranda, J. (2005). *Qué es el estudio de factibilidad en un proyecto*. Gestipolis.

<https://www.gestipolis.com/que-es-el-estudio-de-factibilidad-en-un-proyecto/>

Mural.uv. (s. f.). *El peatón*. <http://mural.uv.es/amancre/Html/EL%20PEATON.htm>

Peralta Peralta, F. J. (2018). *Diseño estructural de puentes peatonales sobre la autopista Pimentel Chiclayo*.

<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4570/Peralta%20Peralta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, A. (2021). *Costos directos e indirectos de un proyecto*. Obsbusiness.

<https://www.obsbusiness.school/blog/costos-directos-e-indirectos-de-un-proyecto>

Pérez, J. (2019). *Puente peatonal*. Definición.de. <https://definicion.de/puente-peatonal/>

Pleiades Ingeniería i Consultoría, S. L. (s. f.). *Estudios geotécnicos: Qué son para*

que sirven y cuando son necesarios. <https://pleiadesic.com/es/estudios-geotecnicos-que-son-para-que-sirven-y-cuando-son-necesarios/>

Rus, E. (2020). *Viabilidad*. Economipedia. Recuperado.

<https://economipedia.com/definiciones/viabilidad.html>

Salas Murillo, O. (2020). *Estudiante mide impacto en la salud de los usuarios del nuevo puente peatonal en la UCR*. Universidad de Costa Rica.

<https://www.ucr.ac.cr/noticias/2020/11/16/estudiante-mide-impacto-en-la-salud-de-los-usuarios-del-nuevo-puente-peatonal-en-la-ucr.html>

Structuralia. (2021). *5 software utilizados para el diseño y cálculo de estructuras*.

<https://blog.structuralia.com/5-software-utilizados-para-el-diseno-y-calculo-de-estructuras-en-edificacion-y-obra-civil>

Sy Corvo, H. (2019). *Factibilidad técnica criterios y análisis*. Lifeder.

<https://www.lifeder.com/factibilidad-tecnica/>

Tecnólogo en Obras Civiles. (s. f.). *Planos de obra*.

<http://senaobrasciviles1.blogspot.com/p/planos-de-obra.html>

Tiposde.com. (s. f.). *Tipos de puentes peatonales*.

<https://www.tiposde.com/?s=tipos+de+puentes+peatonales>

Urbina Henríquez, J. D. (s. f.). *Procesos constructivos de los puentes en*

Nicaragua: vigas pretensadas caso Momotombo.

<https://repositorio.unan.edu.ni/3338/1/72122.pdf>

Workmeter. (s. f.). *Gestión de proyectos, concepto, beneficios, y fases*.

<https://www.workmeter.com/blog/gestion-de-proyectos-concepto-beneficios-y-fases/>

Apéndices

CASTRO & DE LA TORRE S.A.

Cédula jurídica: 3-101-007884

COTIZACION N° 2021-11-4222

Fecha: 16/11/2021 Hora: 15:30

ATENCIÓN: SR. HARLEY STEWART VALLEJOS
CLIENTE: HARLEY ELMO STEWART VALLEJOS
PROYECTO: PASO PEATONAL, COMUNIDAD, PALMIRA, CARRILLO, GUANACASTE

LOCALIZACION: Frente al Centro Educativo de Comunidad.

Cant.	Descripción	Precio Unit.	%Desc.	Total
8	PERFORACION PERCUSION ESTANDAR POR METRO (ASTM D2166, ASTM D1586)	10,00	38,00 12,00	3 040,00
1	KILOMETRAJE		500,00	500,00



Minor Vargas
mvargas@cyt.cr

SubTotal: \$3 540,00

Descuento: \$364,80

I.V.A: \$412,77

TRES MIL QUINIENTOS OCHENTA Y SIETE DOLARES CON 97/100

TOTAL \$3 587,97

TRABAJO DE CAMPO

El trabajo solicitado consistiría en lo siguiente:

1. Ocho perforaciones a percusión estándar (SPT) - (ASTM D-1586).

1.1. La profundidad de cada perforación será de 10 metros en el sistema SPT o hasta un estrato firme de sitio si apareciera antes de la profundidad estimada.

1.2. Se llevará el registro continuo del valor de N (SPT) y se tomarán muestras alteradas a cada 0.90 m de profundidad, para efectuar ensayos de humedad natural (ASTM D-2216) y descripción estratigráfica del subsuelo. En caso de aparecer estratos con las paredes inestables de las perforaciones (arenas), se continuarán dichas perforaciones con el sistema de penetración con cono dinámico.

INFORME

Se enviara un archivo PDF, con firma digital con la siguiente información:

1. Generalidades: descripción de la zona de las perforaciones, ubicación, observaciones, etc.
2. Descripción del trabajo realizado.
3. Nivel de agua en perforaciones.
4. Conclusiones y recomendaciones
 - a. Capacidad de soporte admisible y a la falla.
 - b. Factor de seguridad utilizado.
 - c. Profundidad de desplante de cimentación por perforación.
 - d. Parámetros del subsuelo para el cálculo del empuje lateral contra los muros de retención.
 - e. Recomendaciones para pisos.
 - f. Recomendaciones para conformar rellenos en dicho sector.
 - g. Croquis con ubicación de perforaciones.
 - h. Perfiles de perforación: Descripción del subsuelo, valor -N-(SPT), porcentaje de recuperación (%), compresión inconfínada (kg/cm²), humedad natural (%), peso unitario seco (g/cm³), cohesión (kg/cm²), nivel de agua en perforaciones, límites de Atterberg, clasificación de los subsuelos (SUCS)
 - i. Recomendaciones sobre inclinación de taludes en corte, en caso de requerirse.
 - j. Recomendaciones sobre asentamientos y licuefacción.

PLAZO DE ENTREGA

Informe se entregará a más tardar 15 días hábiles posteriores al inicio de los trabajos en campo.

Por motivo de las vacaciones de fin de año, nuestras instalaciones permanecerán cerradas durante el período del viernes 17 de diciembre al lunes 03 de enero, por lo que los informes que se deban entregar en dicho tiempo, serán facilitados paulatinamente en la semana siguiente.

CLAUSULAS Y NOTAS

Para poder ejecutar las perforaciones, se requiere de un área libre de 25 m², además de una altura libre de 6,5 m para poder instalar nuestra torre de perforación.

Los permisos de ingreso a nuestro personal, es responsabilidad del contratante.

Para poder efectuar este trabajo se requerirá entrar hasta los propios puntos de perforación con un pick-up 4 x 4 y la maquinaria.

Se está asumiendo que el terreno está libre de techos, cielo raso, contra pisos, pavimentos, tuberías enterradas y maleza por debajo de 0,5 m. Por lo que en caso de existir, nos deberán de indicar antes de

realizar los trabajos.

Para los casos en que existan pavimentos se procederá con una saca núcleos y este costo será de \$45 + IVA. (La reparación no está incluida dentro del costo)

Si a la profundidad que se estimó, los suelos aún son muy suaves (N menor a 15 golpes continuos), o constituidos por rellenos de mala calidad, se deberán continuar dichas perforaciones hasta lograr llegar a un estrato adecuado, por lo que se cobrará \$ 38,00 + IVA por metro adicional.

En caso de que los suelos de sitio sean de tal dureza que no fuera posible alcanzar una profundidad de 6 m, se cobrará un monto mínimo de \$ 228,00 + IVA por perforación.

VIGENCIA Y REGLA DE DECISION

La vigencia de esta oferta es de 8 días naturales (Aplica para los plazos).

Para declarar conformidad y no se tenga regla de decisión normada o reglamentada, C&DLT utilizara la incertidumbre para determinar el ámbito del valor obtenido y toma como resultado conforme aquel que presente no más del 50% de dicho ámbito fuera de especificación

PROGRAMACION Y PAGO

Para la aceptación y programación de los trabajos, será necesario que se nos apruebe vía correo electrónico esta cotización, junto con el adelanto del 50 % (IVA incluido) y **copia del plano del diseño de sitio con la ubicación de las perforaciones.**

El informe será enviado contra cancelación del saldo.

CUENTAS BANCARIAS (Favor indicar el número de cotización al inicio del detalle de transferencia para que sea mas ágil su identificación)

A nombre de CASTRO Y DE LA TORRE S.A. Cedula Jurídica: 3-101-007884

BANCO NACIONAL COSTA RICA:

Colones 100-01-000-172305-5 IBAN CR64015100010011723054

Dólares 100-02-084-600467-4 IBAN CR88015108410026004676

BANCO COSTA RICA:

Colones 001-0465675-0 IBAN CR69015201001046567507

Dólares 001-0465677-6 IBAN CR60015201001046567766

BAC SAN JOSE:

Colones 900-136083 IBAN CR43010200009001360837

Dólares 904-026804 IBAN CR04010200009040268045

