



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y
QUÍMICAS**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACION.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE
METÁLICO COLGANTE PARA EL SITIO LODANA, EN LA FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ,
FASE 2 - ETAPA 1”**

AUTORES:

VELEZ MIRANDA JAVIER ALBERTO.

VERA CEDEÑO JOHNNY JAVIER.

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. CARLOS VILLACRESES VITERI.

PORTOVIEJO-MANABÍ-ECUADOR

2015

DEDICATORIA.

Dedico esta tesis a Dios, a mis padres, hermanos, esposa e hijo. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fuerza para continuar, a mis padres y hermanos, porque siempre han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todos momentos, depositando toda su confianza en cada reto que se me presenta.

A mi esposa que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para cumplir otra etapa de mi vida.

A mi hijo que es el motivo y la razón de mi vida, que me ha llevado a seguir superándome, quien en los momentos difíciles me dio su comprensión y cariño.

Vélez Miranda Javier Alberto.

DEDICATORIA.

A mis padres; Johnny y María Teresa por haberme dado la vida, ellos que supieron guiarme y ser mi inspiración, quienes con sus sabios consejos me formaron con buenos sentimientos y valores, gracias a ellos me he permitido llegar hasta este momento tan importante en mi formación académica y el principio de mi futuro como profesional y gracias a ellos que me ayudaron día a día salir adelante en esta etapa de mi vida que emprendí y que hoy estoy culminando con satisfacción y orgullo para ellos y porque no decir para mí mismo. Por ello con toda humildad de mi corazón digo que viviré eternamente agradecido con mis padres por todo el apoyo incondicional que me han brindado y dedico este proyecto de tesis a los dos seres más importantes de mi vida.

Vera Cedeño Johnny Javier.

AGRADECIMEINTO.

Agradecemos a Dios por protegernos durante todo este camino y darnos fuerzas para superar los obstáculos de la vida.

A nuestros padres con sus demostraciones de personas ejemplares nos han enseñado a no rendirnos ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A nuestros familiares quienes con su ayuda y cariño han sido parte fundamental en el proceso de este trabajo.

Finalmente agradecemos al Ing. Carlos Villacreses Viteri y al Ing. Juan Carlos Guerra Mera por haber desempeñado los roles de tutor y revisor respectivamente en este trabajo de titulación, por toda la paciencia y colaboración brindada durante este proyecto.

LOS AUTORES.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

CERTIFICACION DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACION.

Yo Ing. Carlos Villacreses Viteri, en calidad de Tutor.

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación previa a la investidura de Ingenieros Civiles titulada: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE METÁLICO COLGANTE PARA EL SITIO LODANA, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, FASE 2 - ETAPA 1” es de trabajo original de los autores: Vélez Miranda Javier Alberto y Vera Cedeño Johnny Javier. Los mismos que han cumplido con responsabilidad, honestidad y capacidad profesional, bajo mi dirección y tutoría, concordando con lo establecido en el Reglamento General de Graduación de la Universidad Técnica de Manabí, por tal motivo pongo a consideración la siguiente aprobación.

Portoviejo, 14 de Octubre del 2015.

Ing. Carlos Villacreses Viteri.

TUTOR.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE
METÁLICO COLGANTE PARA EL SITIO LODANA, EN LA FACULTAD DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ,
FASE 2 - ETAPA 1”**

TRABAJO DE TITULACION:

Sometida a consideración del Ingeniero, cuyo rol es de Revisor y Legalizada por el Honorable Consejo Directivo, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL.

APROBADA POR:

Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Guerra Mera.

REVISIÓN DEL TRABAJO DE TITULACION.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

CERTIFICACIÓN DEL DOCENTE REVISOR.

El Docente Revisor, Ing. Juan Carlos Guerra, respectivamente, para el trabajo de titulación, cuya modalidad es Enfoque Cuantitativo, titulada: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE METÁLICO COLGANTE PARA EL SITIO LODANA, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, FASE 2 - ETAPA 1”, cuyos autores son los egresados: Vélez Miranda Javier Alberto y Vera Cedeño Johnny Javier, certifica que se reunieron para el análisis y estudio de la tesis indicada, la misma que cumple con todos los requisitos estipulados en el Reglamento General de Graduación de la Universidad Técnica de Manabí.

Portoviejo, 14 de Octubre del 2015.

Ing. Mg. Sc. Juan Carlos Guerra Mera
REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACION.

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR.

VELEZ MIRANDA JAVIER ALBERTO Y VERA CEDEÑO JOHNNY JAVIER, egresados de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, declaramos que:

El trabajo de titulación denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE METÁLICO COLGANTE PARA EL SITIO LODANA, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, FASE 2 - ETAPA 1”, ha sido desarrollada en base a una exhaustiva investigación, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuente se incorporan el bibliografía, en consecuencia este trabajo es fruto del esfuerzo, entrega y dedicación de los autores.

**SR. VELEZ MIRANDA JAVIER ALBERTO.
AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACION.**

**SR. VERA CEDEÑO JOHNNY JAVIER.
AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACION.**

INDICE.

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.	IV
CERTIFICACION DEL TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACION.....	V
CERTIFICACIÓN DEL DOCENTE REVISOR.....	VII
DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR.	VIII
RESUMEN.....	X
SUMARY.....	XII
1. TEMA.	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	13
3. REVISION DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEORICO.	14
3.1. ANTECEDENTES.....	14
3.2. JUSTIFICACION.....	15
3.3. MARCO TEORICO.....	16
3.3.1. PUENTES.....	16
3.3.1.1. CLASIFICACION.....	17
3.3.2. PUENTES COLGANTES.....	18
3.3.2.1. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.	19
3.3.3. PRINCIPIOS DE LOS PUENTES COLGANTES.....	20
3.3.4. NORMAS DE PUENTES AASTHO-LRFD.....	22
3.3.5. TORRES DE SUSTENTACION.....	23
3.3.6. CARGAS PARA PUENTES.....	24
4. VISUALIZACION DEL ALCANCE DEL ESTUDIO.	33
4.1. APORTE SOCIAL.	33
4.2. APORTE ECONOMICO.....	33
4.3. APORTE CIENTIFICO.	33
5. ELABORACION DE HIPOTESIS Y DEFINICION DE VARIABLES.	34
5.1. HIPOTESIS.....	34
5.2. DEFINICION DE VARIABLES.....	34
5.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	34
5.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.	34
5.2.3. TERMINO DE RELACION.....	34
6. DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACION.	35
6.1. OBJETIVOS.....	35

6.1.1.	OBJETIVO GENERAL.....	35
6.1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	35
6.2.	CAMPOS DE ACCION.	36
7.	DEFINICION Y SELECCIÓN DE MUESTRA.....	36
8.	RECOLECCION DE LOS DATOS.....	37
9.	ANALISIS DE LOS DATOS.	46
9.1.	DISCUSION DE RESULTADOS.	46
9.2.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	47
9.2.1.	CONCLUSIONES.	47
	PRESUPUESTO.....	49
	BIBLIOGRAFIA.....	50
	ANEXOS	51
	ANEXO 1. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PUENTE.	52

INDICE DE FIGURAS.

Figura nº 1.	Tipología de un Puente.....	16
Figura nº 2.	Gran Puente del Estrecho Akashi Kaikyo.....	18
Figura nº 3.	Tipos de Puente Colgante.....	19
Figura nº 4.	Puente Colgante San Fransisco.EE.UU.....	21
Figura nº 5.	Camión de Diseño según AASTHO.....	27
Figura nº 6.	Ancho típico de puente.....	37

INDICE DE TABLAS.

Tabla nº 1.	Características de Tuberías Recicladas.....	24
Tabla nº 2.	Carga Viva Peatonal.....	28
Tabla nº 3.	Aceros ASTM.....	30

RESUMEN.

La presente investigación cuya titulación es “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE METÁLICO COLGANTE PARA EL SITIO LODANA, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, FASE 2 - ETAPA 1”, se realizó bajo una exhaustiva recopilación de información y almacenamiento adecuado, con el propósito final de estructurar dicha información de manera que sea una respuesta a cualquier propuesta de diseño de puentes colgante cuya estructura es metálica.

Así el diseño de dicha estructura sea una respuesta clara y práctica para la posterior construcción de la estructura del puente metálico colgante, ya que el diseño de esta estructura pueda cumplir con los lineamientos y criterios razonables prácticos de ingeniería.

El diseño de la estructura de un puente colgante metálico cumple y se basa en las Normas Vigentes de Construcción como son:

- American Concrete Institute ACI-318S-11.
- Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-14.
- American Institute Steel Construction AISC.

El desarrollo del mismo tema se ayudó con herramientas informáticas como Excel y AutoCAD, para los cálculos y planos respectivamente. En síntesis el detalle de la investigación se basó en el diseño exclusivo de las torres, que es parte fundamental de la estructura.

SUMARY.

This research whose degree is "DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE STRUCTURE OF A BRIDGE METAL HANGING FOR SITE Lodana IN THE FACULTY OF AGRICULTURAL ENGINEERING UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, PHASE 2 – ETAP 1", took place under a executive information gathering and proper storage, with the ultimate aim to structure the information so that it is a response to any proposed suspension bridge design whose structure is metal.

So the design of the structure is a clear and practical response to the subsequent construction of the structure of the metal suspension bridge, since the design of this structure can meet the practical guidelines and reasonable engineering judgment.

The design of the structure of a metal suspension bridge meets and is based on the existing rules of construction such as:

- American Concrete Institute ACI-318S-11.
- Reporting Standard Construction NEC-14.
- American AISC Steel Construction Institute.

The development of the theme helped with tools such as Excel and AutoCAD, for calculations and plans respectively. In summary the detail of the research was based on the unique design of the towers, which is a fundamental part of the structure.

1. TEMA.

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE METÁLICO COLGANTE PARA EL SITIO LODANA, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ, FASE 2 - ETAPA 1”

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La Facultad de Ingeniería Agrícola carece de una obra civil que permita a los estudiantes, personal docente y administrativo acceder de una manera rápida y segura a las instalaciones ya que entre ellas se ubica el cauce del Rio Portoviejo, este paso del caudal de dicho Rio hace que los usuarios que desean movilizarse a los viveros desde las aulas deben realizar una ruta e ir desde la Vía Portoviejo-Santa Ana, y esto hace que se utilice mucho tiempo así perjudicando a los usuarios que realizan sus prácticas experimentales en el campo Agrícola cuyos enseñanzas se fomentan en las técnicas practicas activas del aprendizaje.

En algunos casos los estudiantes por no realizar esta ruta de tomar la Vía Portoviejo-Santa Ana, toman un gran peligro que es el de cruzar por un improvisado puente colgante de cañas perpendiculares al rio, obteniendo un gran riesgo al trasladarse desde las aulas hasta los viveros, generando un ambiente no apropiado para un centro de estudio superior.

3. REVISION DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEORICO.

3.1. ANTECEDENTES.

Cumpliendo con las actividades académicas de la Universidad Técnica de Manabí, una de las más importantes, es el de mejorar su proceso de enseñanza, con la finalidad de alcanzar profesionales de alto rendimientos académicos cumpliendo con las exigencias nacionales en desarrollar la productividad del País.

La Facultad de Ingeniería Agrícola, desde sus inicios cuenta con la misión de formar científicamente, técnica y humanísticamente a los futuros profesionales que se han formado en sus aulas, laboratorios y talles del campo agrícola, cumpliendo así con eficacia y eficiencia.

La necesidad de mejorar la infra estura de la Facultad de Ingeniería Agrícola, con la finalidad de mejorar la accesibilidad, el entorno y ambiente de las instalaciones de la misma Facultad. Puesto en función al problema de la accesibilidad y traslados desde las aulas hasta los viveros, se ha venido forjando la idea de construir la estructura de un puente metálico colgante, la cual mejora el tránsito de personas y estudiantes que necesitan del mismo para el desarrollo de sus actividades diarias en pro de mejoras para el desarrollo profesional.

3.2. JUSTIFICACION.

La Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabí en sus predios alcanza superficies de cultivos extensos de forma general que se utilizan con el propósito de fines educativos, prácticos y experimentales.

Además de contar con aulas cómodas y acordes para la enseñanza, estas aulas con los cultivos se encuentran separados por el cauce del Rio Portoviejo, es de vital importancia el traslado de los estudiante desde las aulas a los cultivos, para la enseñanza práctica de la catedra impartida en las aulas.

Bajo este accionar que es el de desarrollar la pronta movilización se realizó el diseño de la estructura de un puente metálico colgante, que será de uso peatonal y cuya construcción beneficia a los estudiante de dicha facultad y a los autores de esta investigación, que desarrollan la habilidad de diseñar este tipo de estructura que tiene una gran importancia en la profesión de Ingeniería Civil.

La propuesta que se desarrolló considerando el análisis hecho, la importancia y beneficio que brindara, ya sean estos directos en indirectos. Midiendo así su impacto positivo en la que se puede cuantificar su tiempo ya sea corto, mediano y largo plazo para el fortalecimiento completo en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en su futura preparación como profesionales.

3.3. MARCO TEORICO.

3.3.1. PUENTES.

Las normas de diseño AASTHO se define como puente a cualquier estructura que tiene una abertura de no menos 6100 mm y que forma parte de una vía o está ubicado sobre o debajo de una carretera.²

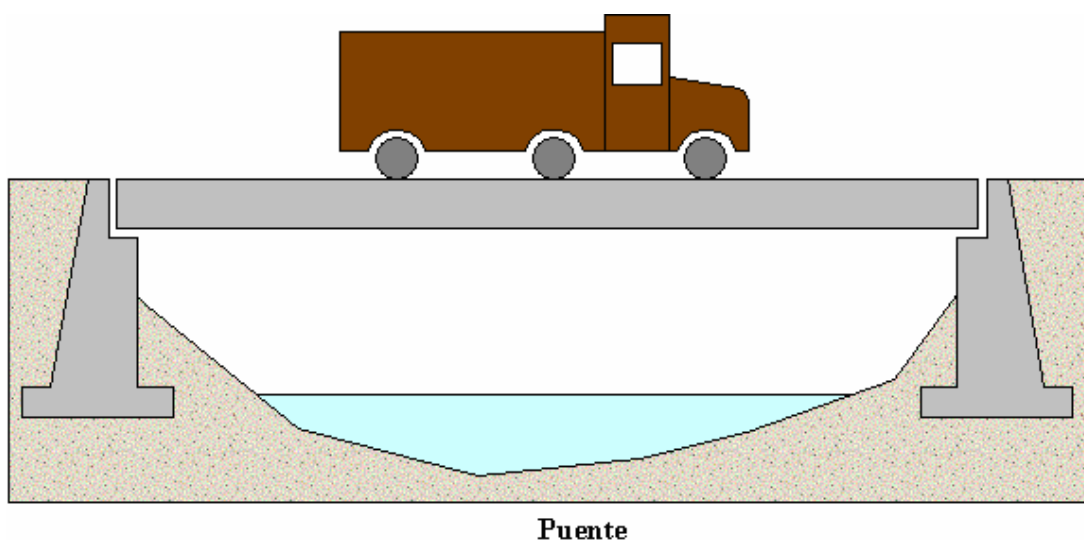


Figura n° 1: Tipología de un puente.

Fuente: Ing. Marcelo Romo. Diseño de Puentes, 2010.

Elaboración: Los Autores.

En general el término puente es utilizado para identificar las estructuras viales con la finalidad de sobrepasar obstáculos, como ríos, quebradas, canales, estrechos de mar, lagos, entre otros.

² Especificaciones AASHTO para el diseño de puentes por el método LRDF, 01-Introduccion. Pag 5.

3.3.1.1. CLASIFICACION.³

Los puentes se pueden clasificar según: Su utilidad; El material; La localización de la calzada; El tipo de estructura.

- a) Su utilidad: En puentes peatonales, puentes para carreteras, puentes para vías férreas, puentes para aso de tuberías y puentes grúas.
- b) Según el material: En madera, puentes de concreto ya sean reforzado o preesforzado, en puentes metálicos y puentes mixtos.
- c) Según la localización de la calzada: En puentes de calzada o paso superior, puentes de calzada o paso interno y en puentes de calzada o paso intermedio.
- d) Según el tipo de estructura, principalmente en:
 - Puentes de luz simple, que pueden ser de losas de hormigón y vigas.
 - Puentes de contrapeso, voladizo y luz central apoyada.
 - Puente de varias luces, ya sean de losas o placas y de vigas ya sean de hormigón armado o metálicas.
 - Puente de vigas continuas, voladizo y luz central.
 - Puente de estructura aporticada. (articulada o empotrada).
 - Puente en arco ya sean empotrado o articulado.
 - Puentes atirantados.
 - Puentes colgantes, que puedan tener o no viga de rigidez.
 - Puentes levadizos.

³ PUENTES. Ing. Jerónimo Herrera. Colombia. 1996. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. Pag. 13.

3.3.2. PUENTES COLGANTES.

Un puente colgante es un puente sostenido por un arco invertido formado por numerosos cables de acero (cable principal), del que se suspende el tablero del puente mediante tirantes verticales.⁴

El puente colgante es, igual que el arco, una estructura que resiste gracias a su forma; en este caso salva una determinada luz mediante un mecanismo resistente que funciona exclusivamente a tracción, evitando gracias a su flexibilidad, que aparezcan flexiones en él.⁴



Figura nº 2: Gran Puente del Estrecho Akashi Kaikyo. Tiene una longitud de 3.911mt y su vano central de 1.991 mt.

Fuente: Los Autores.

Elaboración: Los Autores.

⁴ Escuela Politécnica Superior de Ávila. España. Ingeniería Técnica de Topografía. Capítulo 7. Puentes. Ing. Alberto Villarino Otero. Pag. 209.

Las fuerzas principales en un puente colgante son de tracción en los cables principales y de compresión en los pilares. Todas las fuerzas en los pilares deben ser casi verticales y hacia abajo, y son estabilizadas por los cables principales.

3.3.2.1. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.

Se considera un puente colgante de pequeña magnitud a aquel con dos características fundamentales:

- La luz principal del puente es menor o igual a 50 metros.
- Soporta tráfico peatonal y máximo camiones pequeños de 10 toneladas en una sola vía.

Evidentemente hay otros puentes colgantes: puentes exclusivamente de uso peatonal pero de gran luz, puentes con varias vías de tráfico, entre otros. Cada uno de ellos tiene sus propios problemas o la necesidad de análisis más detallados sobre ciertos aspectos puntuales.⁵

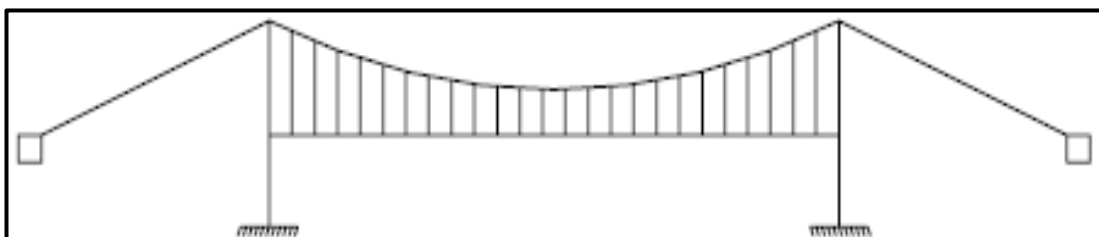


Figura n° 3: Tipo de puente colgante.

Fuente: Reto en puentes, 2006.

Elaboración: Los autores.

⁵ Centro de Investigaciones Científicas, ESPE. Aspectos Importantes del Análisis y Diseño de Puentes Colgantes de Pequeña Magnitud. Ing. Pablo Caiza Sánchez, Mg. Sc. Quito 2006. Pag. 8

El primer indicio del análisis de puente colgante es determinar la longitud del vano principal, se considera un estudio topográfico, hidrográfico, hidrológico, de socavación de taludes, un análisis de suelo y por supuesto un análisis ambiental.

La luz del puente colgante es cubierta por una estructura soportada en 2 cables principales, a cada lado del tablero, y estos a su vez a las torres. El tipo de carga es relativamente uniforme por lo que los cables tienen una forma parabólica, su flecha máxima está definida en función a la luz, se recomienda $1/10$ de la luz.

Adicionalmente hay que considerar una altura sobre el tablero en su punto más bajo para proteger a los cables, en consideración de 2 metros.

La altura de las torres sobre el tablero, se definen a función de la altura de los cables y la protección de los mismos, tomando en cuenta una altura libre para el tráfico vehicular sea por lo menos de 3,60 metros. La altura de las torres debe soportar a más de las cargas y los cables, es el de soportar el esfuerzo de pandeo.

Los cables se anclan a una distancia considerables, para el anclaje se puede tomar un sistema de bloques de hormigón armado, que funcionan además de anclaje como contrapeso para el esfuerzo que genera los cables.

3.3.3. PRINCIPIOS DE LOS PUENTES COLGANTES.

Los fundamentos del funcionamiento de un puente colgante son relativamente simple. La implementación de estos principios tanto el diseño como en la construcción, es el principal problema de ingeniería.

La utilización de los cables como elementos estructurales más importante de un puente tiene por objeto aprovechar la gran capacidad resistente del acero cuando está sometido a tracción.⁶

Si la geometría más sencilla de puente colgante, para simplificar las explicaciones y crear un paralelismo con la secuencia de los procesos constructivos, el soporte físico de un puente colgante está provisto por dos torres de sustentación, separadas entre sí. Las torres de sustentación son las responsables de transmitir las cargas al suelo de cimentación.⁶



Figura nº 4: Puente colgante San Francisco. EE.UU

Fuente: Los Autores

Elaboración: Los Autores

Las torres de sustentación pueden tener una gran diversidad de geometrías y materiales de construcción (la cimentación de las torres de sustentación generalmente es construida en hormigón armado por su permanente contacto con el agua y la tierra,

aunque la superestructura puede ser de acero, hormigón armado e inclusive madera), pero generalmente presentan como característica típica una rigidez importante en la dirección transversal del puente y muy poca rigidez en la dirección longitudinal.⁶

Este se constituirá en un factor importante para la estructuración de todo el puente colgante. En las torres de sustentación se anclan y se apoyan en ellas y de manera simétrica con relación al eje de la vía, se suspenden los cables principales de la estructura, generalmente un cable en cada lado de la torre.⁶

3.3.4. NORMAS DE PUENTES AASTHO-LRFD.

En su artículo 4.6.3.8 - Refined Methods of Analysis – Suspension Bridges, establece que los efectos de las fuerzas en los Puentes Colgantes serán analizados por la Teoría de Deflexiones Grandes para las cargas verticales. Los efectos de las cargas de viento serán analizados teniendo en cuenta la rigidización de tracción (tensión stiffening) de los cables. La rigidez torsional del tablero puede despreciarse para asignar fuerzas a los cables, colgadores y componentes de las vigas de rigidez.⁷

En los Comentarios indica que anteriormente, los puentes colgantes de pequeña luz han sido analizados por la Teoría Convencional de Pequeñas Deflexiones, empleándose factores de corrección para los puentes de luces medias. Actualmente hay disponibles comercialmente programas de cómputo adecuados para emplear la Teoría de Deflexiones Grandes, por lo que no se justifica dejar de emplearla.⁷

⁶ Diseño de Puentes de Gran Longitud. Ing. Marcelo Romo Proaño. Escuela Superior Politécnica del Ejército. ESPE. Quito. 2009. Pag. 18.

⁷ Tesis de Grado. Maestría de Ingeniería Civil. Análisis y Diseño de Puentes Colgantes. Luis Zegarra C. Pontifica Universidad Católica de Perú. 2007. Pag. 7.

En el artículo 6.4.8.4 – Materials – Bridge Strand, indica que los cordones (strands) para puentes deben cumplir la Norma ASTM A586 – Standard Specification for Zinc-Coated Parallel and Helical Steel Wire Structural Strand y en caso que se empleen alambres rectos la Norma ASTM A603 – Standard Specification for Zinc-Coated Steel Structural Wire Rope.

3.3.5. TORRES DE SUSTENTACION.

Es la parte más importante dentro de la estructura de los puentes colgantes ya que van a soportar toda la carga que se va a distribuir del tablero a los cables y estos a las torres.⁸

Longitudinalmente puede tener dos torres y ser simétricos, o no simétricos. Dentro de la ubicación de las torres existen diferentes posibilidades.

Una de las opciones para la construcción de las torres es el de utilizar perfiles metálicos, por su rapidez en la colocación y su traslado. Se puede utilizar tubería reciclada, de acuerdo al Ministerio de Energía y Minas, en la cual dispone los siguientes diámetros:

Tamaño (Plg)	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg/m)
3 ^{1/4}	88,9	5,5	11,31

⁸ Fernanda Alarcón. (2013). Diseño y análisis de resonancia de un modelo estructural virtual de puente colgante. (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. Pág. 22

6 ^{5/8}	168,3	6,4	25,55
6 ^{5/8}	168,3	11,0	42,67
8 ^{5/8}	219,1	4,0	21,22
14	355,6	6,4	56,11

Tabla n°1: Características de Tuberías Reciclada.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Elaboración: Los Autores.

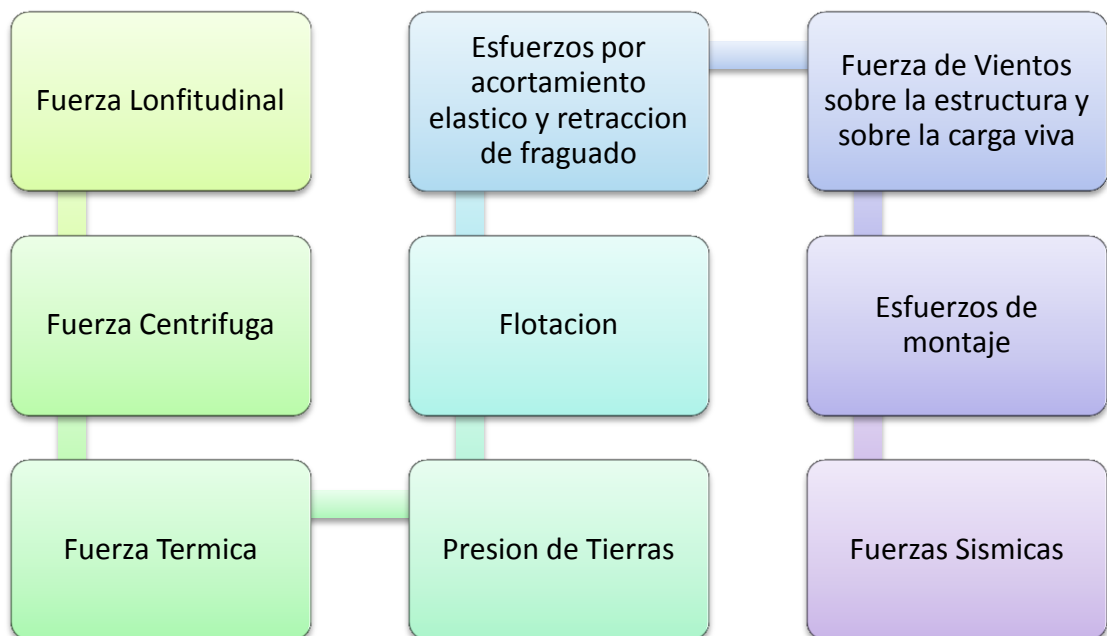
Es usual construir las torres de hormigón armado, sin embargo la fundición del hormigón y su colocación dificultaría su construcción, produciendo que la resistencia del hormigón sea como mínimo de 210 Kg/cm².

3.3.6. CARGAS PARA PUENTES.

La estructura de puentes debe ser diseñada para las siguientes cargas y fuerzas:



Otras fuerzas como:



Estas cargas y fuerzas se combinan para tener en cuenta los máximos esfuerzos que se puedan producir en los diferentes elementos de la estructura, de acuerdo a los grupos de carga que se analizaran.⁹

CARGA MUERTA (D). La carga muerta consiste en el peso de la estructura (placa, viga, andenes o bordillos, barandas, etc.), la capa de rodadura y los ductos de servicios públicos que puedan ser soportados por la estructura.¹⁰

CARGA VIVA (L). La carga viva es la correspondiente a la carga de servicio. Corresponde entonces a la carga móvil de vehículos, trenes, peatones, etc. Las especificaciones AASTHO ha estandarizado la carga para carreteras y puentes en cuatro clases: H20; H15; H20 y HS20. Las cargas H15 y HS15 son el 75% de las cargas H20 y HS20 respectivamente.

La carga HS corresponde a un camión de dos ejes. Se denomina por la letra H seguida de un número que indica el peso en toneladas inglesa, seguido de otro número que indica el año en que se adoptó la norma. Entre el eje trasero del camión tractor y el eje semi-tráiler, se tiene una distancia variable, con el objeto de poder calcular los esfuerzos máximos, tanto por flexión como por esfuerzo cortante.

De acuerdo con lo indicado en el Manual del Ministerio de Transporte y las Especificaciones AASTHO la sobrecarga HS20 puede ser representada como se

⁹ HERRERA M. JERONIMO H.,(1996),Puentes, Segunda Edición, Universidad Católica de Colombia,Colombia.,Pag.24

¹⁰ HERRERA M. JERONIMO H.,(1996),Puentes, Segunda Edición, Universidad Católica de Colombia,Colombia.,Pag.25

indica en la figura n° 5, por las tres cargas puntuales de un camión de diseño las que deben incrementarse en un 33% por efectos de impacto, más una carga de 970 kg/m uniformemente distribuida en un ancho de 3.00 en la dirección transversal y que se aplicara en todas aquellas porciones del puente en que produzca un efecto desfavorable. No se considerará efectos de impacto para esta última carga repartida.

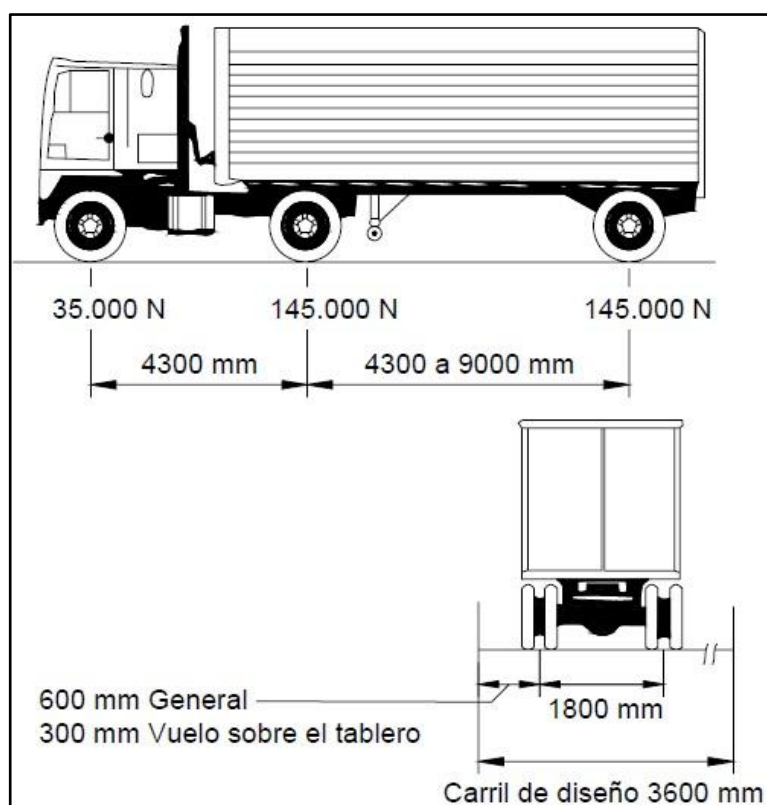


Figura n° 5: Camión de diseño según AASTHO.¹¹

Fuente: AASHTO, CAP 9 figura C9.8.2.3.1-1

Elaboración: Autores del proyecto

CARGA PEATONAL. La carga móvil peatonal sobre los pasillos y sus apoyos adyacentes, consiste en una carga viva de 415 Kg/m².¹²

¹¹ NORMAS AASTHO POR EL METODO LRFD. SECCION 3.CARGAS Y FACTORES. (3.6.1.2.2). Pág. 26

Para el diseño de las vigas que soportan los pasillos y el tablero, la carga peatonal de un puente de propiedades diferentes, se debe tomar los valores como se muestra a continuación:

Luz (m)	Carga viva peatonal (Kg/m²)
0 a 7,6	415
7,6 a 30,5	293

TABLA No.2¹³ : Carga viva peatonal

Fuente: En (Especificaciones AASHTO LRFD, 2010)

Elaboración: Autores del proyecto

3.3.7. TIPOS DE ACEROS UTILIZADOS EN PUENTES.

American Society for Testing and Materials (A.S.T.M), especifica los porcentajes exactos máximos de carbono, manganeso, silicio, etc., que se permiten en los aceros estructurales. Aunque las propiedades físicas y mecánicas de los perfiles de acero las determina principalmente su composición química, también

¹² (Especificaciones AASHTO LRFD, 2010), CAPITULO 3.

¹³ (Especificaciones AASHTO LRFD, 2010), CAPITULO 3.

influye en ellas, hasta cierto punto, el proceso de laminado, la historia de sus esfuerzos y el tratamiento térmico aplicado.

Las investigaciones realizadas por la industria acerera durante este período han proporcionado varios grupos de nuevos aceros que satisfacen muchas de las demandas, de manera que actualmente existe una gran cantidad de aceros clasificados por la ASTM e incluidos en las especificaciones ASD.

Los aceros estructurales se agrupan generalmente según varias clasificaciones principales de la A.S.T.M: los *aceros de propósitos generales* (A36), los *aceros estructurales al carbono* (A529), los *aceros de alta resistencia y baja aleación* (A441 y A572), los *aceros estructurales de alta resistencia, baja aleación y resistentes a la corrosión atmosférica* (A242 y A588) y la *placa de acero templada y revenida* (A514 y A852).¹⁴

En la Tabla 3, que se muestra a continuación se presentan los ocho aceros de ASTM mencionados aquí, junto con algunas observaciones sobre sus usos y características. (Observe que entre más delgado se lamina un acero, más resistente resulta. Los elementos de mayor espesor tienden a ser más frágiles y su más lento enfriamiento produce una microestructura más burda en el acero).

¹⁴Diseño de estructuras metálicas; Método ASD, Jack C. McCormac; 4ª edición; Capítulo 1; 1-7; Pág. 14-17.

El acero estructural usado en Sistemas Resistentes a Cargas Sísmicas (SRCS) debe cumplir con las especificaciones indicadas en las secciones 5.2.4.1.2 y 5.2.4.1.3 de la NEC-11, a menos que esta Disposición indique algo diferente.¹⁵

Clasificación de los aceros, según ASTM		Límite elástico		Tensión de rotura	
		Ksi	MPa	Ksi	Mpa
ASTM A36		36	250	58-80	400-550
ASTM A53	Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A106	Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A131	Gr A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-71	400-490
ASTM A139	Grado B	35	240	>60	>415
ASTM A381	Grado Y35	35	240	>60	>415
ASTM A500	Grado A	33	228	>45	>310
	Grado B	42	290	>58	>400
ASTM A501		36	250	>58	>400
ASTM A516	Grado 55	30	205	55-75	380-515
	Grado 60	32	220	60-80	415-550
ASTM A524	Grado I	35	240	60-85	415-586
	Grado II	30	205	55-80	380-550
ASTM A529		42	290	60-85	415-550
ASTM A570	Grado 30	30	205	>49	>340
	Grado 33	33	230	>52	>360
	Grado 36	36	250	>53	>365
	Grado 40	40	275	>55	>380
	Grado 45	45	310	>60	>415
	Grado 50	50	345	>65	>450
ASTM A709	Grado 36	36	250	58-80	400-550
API 5L	Grado B	35	240	60	415
	Grado X42	42	290	60	415

TABLA N° 3: ACEROS ASTM

Fuente: Catalogo Aceros ASTM

Elaboración: Autores del proyecto.

¹⁵ NEC-11 Capítulo 5; Estructuras de acero; 5.2.4.1.1; Pág. 16.

El mínimo esfuerzo de fluencia especificado, f_y , que debe tener el acero utilizado en miembros en los cuales se espera comportamiento inelástico no debe exceder de 345 MPa (50 ksi) para los sistemas definidos en las secciones 5.3 a 5.5 (de la NEC-11) a menos que la idoneidad del material sea determinada mediante ensayos u otros criterios racionales.

Esta limitación no es aplicable para las columnas, en las cuales el único comportamiento inelástico esperado es la fluencia en la base. En estos casos el mínimo esfuerzo de fluencia especificado no debe exceder 450 MPa (65 ksi).¹⁶

Los aceros estructurales usados en los SRCS debe cumplir con una de las siguientes Especificaciones ASTM: A36/A36 M, A53/A53 M (Grado B), A500 (Grado B o C), A501, A572/A572M [Grado 50 (345)], A588/A588M, A992/A992M. El acero estructural usado para placas base de columnas debe seguir una de las Especificaciones ASTM anteriores o ASTM A283/A283M Grado D.

Los aceros estructurales que se permiten usar en aplicaciones sísmicas han sido seleccionados en base a sus propiedades inelásticas y de soldabilidad. En general, ellos cumplen las siguientes características:

- 1) Una meseta de fluencia bien pronunciada en el diagrama esfuerzo – deformación unitaria.
- 2) Una gran capacidad de deformación inelástica (por ejemplo, elongación del 20% o más en una longitud de 50 mm).

¹⁶ NEC-11 Capítulo 5; Estructuras de acero; 5.2.4.1.2; Pág. 16.

3) Buena soldabilidad.

Otros aceros no deben usarse sin la evidencia que los criterios de arriba se cumplan.¹⁷

Material de construcción, es cualquier producto procesado o fabricado destinado a ser incorporado con carácter permanente en cualquier obra, sea de edificación o de ingeniería civil.

El material de construcción, es la materia prima con la que el ingeniero, el arquitecto y/o el constructor, plasman en realidad los proyectos de las obras públicas y privadas que junto al diseño y presupuesto, deben garantizar la salud, la seguridad, el bienestar y protección de la sociedad, usuarios y entorno.¹⁸

¹⁷ NEC-11 Capítulo 5; Estructuras de acero; 5.2.4.1.3; Pág. 16.

¹⁸ NEC-11 Capítulo 1; Cargas y Materiales; 1.2.1; Pág. 15.

4. VISUALIZACION DEL ALCANCE DEL ESTUDIO.

4.1. APOORTE SOCIAL.

El aporte social el cual brinda este proyecto es el de trasladar a los estudiantes, personal docente, personal administrativos y otras personas que deseen movilizarse de las aulas hasta los vivero y viceversa.

Ya que el tránsito de personas de un lugar a otro es de suma importancia y vital para el desarrollo social de las personas, con la finalidad de generar la pronta movilización de aquellos usuarios.

4.2. APOORTE ECONOMICO.

El aporte económico de este proyecto es el de que al realizar una movilización más fija, segura y práctica. El traslado mediante el puente colgante reduce el tiempo que sería trasladarse desde las aulas hacia los viveros.

En este tiempo “donde el tiempo es oro”, el economizar tiempo en el traslado, se economiza en dinero y genera mayor productividad del mismo.

4.3. APOORTE CIENTIFICO.

El aporte científico se basa en la elaboración del proyecto, a los autores del proyecto en donde se realiza el diseño del mismo proyecto, en síntesis del trabajo de titulación, así como el detalle técnico del mismo, será de apoyo a futuros proyectos de estudiantes o profesionales que necesitan en algún momento de esta investigación para el desarrollo de los mismos.

5. ELABORACION DE HIPOTESIS Y DEFINICION DE VARIABLES.

5.1. HIPOTESIS.

El diseño de las torres cuya es parte fundamental de la estructura de un puente colgante incide en la construcción del puente y su beneficio para la colectividad de la facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Técnica de Manabi, ubicado en el Sitio Lodana del Canton Santa Ana.

5.2. DEFINICION DE VARIABLES.

5.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

Diseño de las torres estructurales.

5.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

Construcción del puente colgante

5.2.3. TERMINO DE RELACION.

Incide.

6. DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACION.

6.1. OBJETIVOS.

6.1.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar el diseño y construcción de las torres de la estructura de un puente metálico colgante, para la Facultad de Ingeniería Agrícola de Universidad Técnica de Manabí, en la Parroquia Lodana del Cantón Santa Ana de la provincia Manabí. (FASE 2).

6.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Elaborar una metodología de trabajo, presupuesto referencial y cantidades de obras para la construcción de las torres de la estructura de un puente colgante.
- Identificar el problema que causa el cauce del río, dando una alternativa económica, estructural y de seguridad.
- Demostrar la eficacia y eficiencia del diseño en el uso de las especificaciones de Normas AASTHO y LRFD para el diseño de puentes colgantes.
- Elaborar y entregar un cronograma valorado para la ejecución de los trabajos de construcción.
- Concientizar a los estudiantes y personas que usaran el puente para que realicen el mantenimiento respectivo de la estructura del puente metálico colgante.

6.2. CAMPOS DE ACCION.

El trabajo del campo de acción se faculta en dos aspectos fundamentales como son:

Diseño de la Obra Civil y la Construcción; detallando así los parámetros a calificar dichos campos.

DISEÑO DE OBRA CIVIL.

- Criterios de diseño basados en las Normas Técnica del País e Internacionales.
- Seguir las Recomendaciones de cargas de servicios para el óptimo diseño.
- Utilizar los factores de ampliación de efectos provocados por las cargas.
- Diseñar la obra para su óptima funcionalidad.

CONSTRUCCION:

- Construir bajo los lineamientos de las Normas Técnicas Constructivas.
- Tomar en consideración las especificaciones Técnicas de los materiales.
- Fiscalizar que se cumplan con los rubros establecidos en el presupuesto y cronograma dado.

7. DEFINICION Y SELECCIÓN DE MUESTRA.

La definición de la muestra y su selección dependerá de las personas a beneficiar, en este caso la muestra será total, ya que todos los beneficiarios utilizaran es puente colgante.

8. RECOLECCION DE LOS DATOS.

DISEÑO DE TORRES DE LA ESTRUCTURA DE UN PUENTE COLGANTE.

Para este caso se utilizara perfiles circulares metálicos que cumplan con las solicitaciones de diseño y que están disponibles en el mercado.

Sin embargo es usual construir las torres de hormigón armado por la facilidad de obtención de los materiales de construcción su transporte y por la experiencia su uso.

La cimentación de las torres se diseñaran de hormigón armado en este caso las características son:

Acero de la varilla de dureza natural laminado en caliente que cumplan con ASTM A615 (Grade 60), con esfuerzo de rotura a la tracción de $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, hormigón esfuerzo a la rotura a la compresión a los 28 días mínimo 280 Kg/cm^2 .¹⁹

8.1. PREDISEÑO DEL PUENTE COLGANTE.

8.1.1. LUZ DEL CLARO DEL PUENTE.

La luz del claro es la distancia que existe entre los ejes de las columnas de las torres que se determina con la topografía realizada en el lugar además del estudio

¹⁹ RETOS EN EL ANÁLISIS SISMORESISTENTE DE PUENTES COLGANTES Y ATIRANTADOS; Escuela Politécnica del Ejercito, Pag.8,9,10

hidrológico de la cuenca cuyo dato a utilizar es el caudal que se transporta por el río, determinando una luz de **35,00 metros**.

8.1.2. ANCHO DEL PUENTE.

El ancho del puente se determina en función a la capacidad de servicio a realizar, o para aquellas necesidades que se puedan determinar según la consideración del diseñador, sin embargo el ancho mínimo recomendado por la ASSTHO es de 2440 mm, que es la distancia mínima para la circulación de una línea de tránsito.

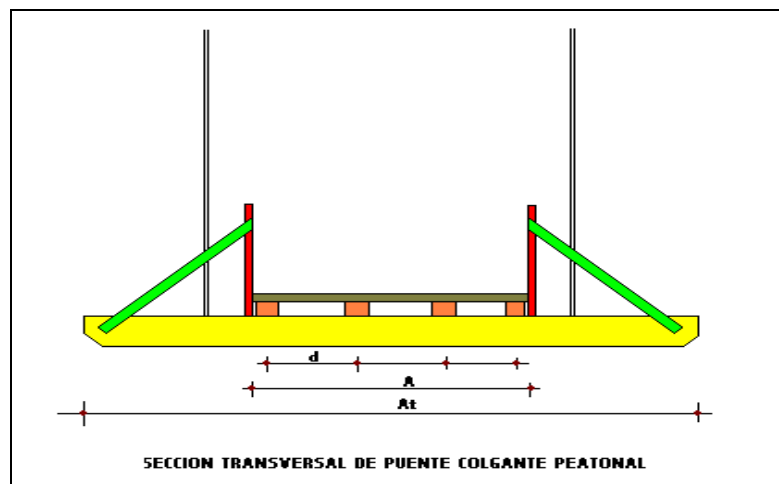


Figura n° 6. Ancho de puente 2440mm

Fuente: Autores del Proyecto.

Elaboración: Autores del proyecto.

8.1.3. FLECHA MAXIMA.

La flecha máxima es la distancia que existe entre la parábola generada por el cable principal y la altura de las torres. Se recomienda que la flecha máxima se

estime un valor comprendido entre 1/12 y 1/9 de la luz del puente. Usualmente se estima dicho valor con la expresión 1/10 de la longitud o luz del puente.

$$f = (1/10) * (35,00) = 3,50 \text{ metros.}$$

8.1.4. CONTRA FLECHA.

Es la distancia que se encuentra entre el punto más bajo de la parábola que forma el cable principal con la superficie del tablero. Se debe considerar una altura que sirva de protección a los cables.

La distancia que se recomienda por la ASSTHO es de 1,50 a 2,00 metros de altura, para el diseño propuesto se adoptó una altura de 1,50 metros, garantizando la protección de los cables principales a causa de cualquier daño que se pueden exponer los cables.

8.1.5. ALTURA DE LAS TORRES.

La altura de las torres sobre la línea del tablero, se define mediante la acumulación de las dimensiones de la flecha y contra flecha del puente, teniendo en cuenta la altura mínima libre para el tráfico que es de 3,60 metros. Se necesita la altura de los muros cuya altura está en función al nivel máxima de crecida y la topografía, en la cual se determinó que sea de 3,80 metros.

La altura queda definida entonces: $3,80 + 1,50 + 3,5 = 8,80$ metros. Se debe observar que el alto total de las torres puede marcar las dimensiones de las secciones que soporten los efectos de pandeo.

8.1.6. DISTANCIA DE LOS CABLES PRINCIPALES A LOS ANCLAJES.

Los cables deben anclarse a los extremos mediante un sistema que sea lo suficientemente segura para la estabilidad de las torres y de la estructura del mismo.

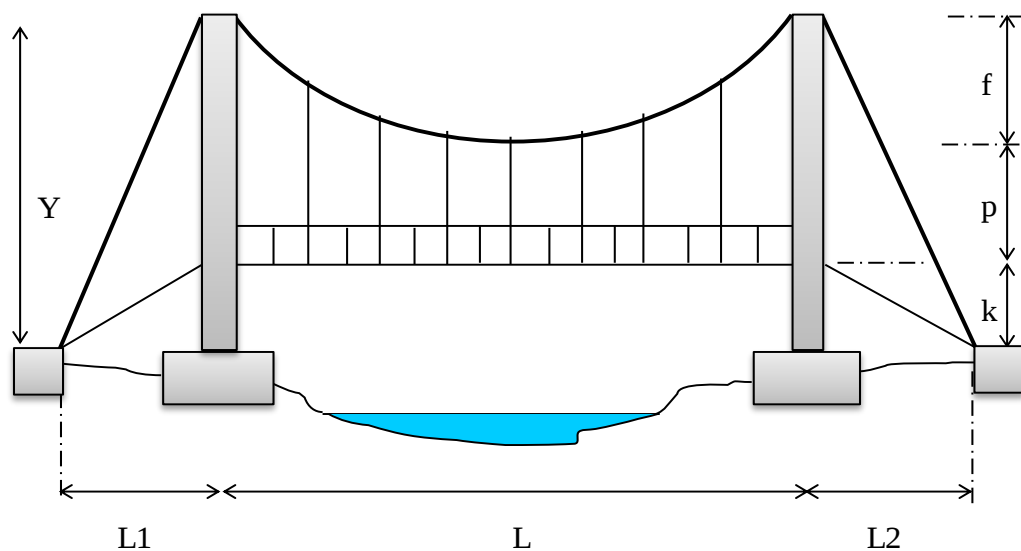
El Angulo de la inclinación de los cables con respecto al anclaje se recomienda que este en un 20% de variación, con respecto a la tangente del cable principal en los extremos del vano del puente, con la finalidad de tener una variación brusca de las tensiones en los cables.

Si la inclinación del cable es mayor su tensión será de mayor proporción, siendo un mínimo si la no existe mucha inclinación. Las condiciones topográficas determinan el aprovechamiento de estas características. Para este diseño la longitud de los anclajes es de 10,00 metros.

8.2. DISEÑO ESTRUCTURAL DE TORRES.

Cabe recalcar que se detalla el diseño de las torres.

Peso de barandas	140	Kg
Peso de cables(6,2Kg/ml), 4 cables	25,08	Kg
Peso de péndolas	14,22	Kg
Sobrecarga	585	Kg
TOTAL CARGAS	981,253	Kg



DATOS:		
Longitud de torre a torre	$L =$	35 m
Ingrese flecha del cable	$f =$	4 m
Altura péndola mas pequeña	$p =$	0,83 m
Longitud horiz. fiador izquierdo	$L1 =$	10 m
Longitud horiz. fiador derecho	$L2 =$	10 m
Profundidad anclaje izquierdo	$k1 =$	2,2 m
Profundidad anclaje derecho	$k2 =$	2,2 m
Altura del fiador izquierdo	$Y1 =$	8,7 m
Altura del fiador derecho	$Y2 =$	8,7 m
Densidad del Acero de Cables	$\gamma =$	7,849 Tn/m ³
Modulo de elasticidad de Cables	$E =$	16000000 T/m ²

ANGULOS FORMADOS EN EL PUENTE	RADIANES	GRADOS
Angulo con el cable principal $a = \text{Arc Tang}(4f/L)$	= 1,54	24,57
Angulo del fiador izquierdo $a1 = \text{Arc Tang}(Y1/L1)$	= 0,72	41,02
Angulo del fiador derecho $a2 = \text{Arc Tang}(Y2/L2)$	= 0,72	41,02

Longitud del fiador izquierdo	$(L1') =$	13,25 m
Longitud del fiador derecho	$(L2') =$	13,25 m

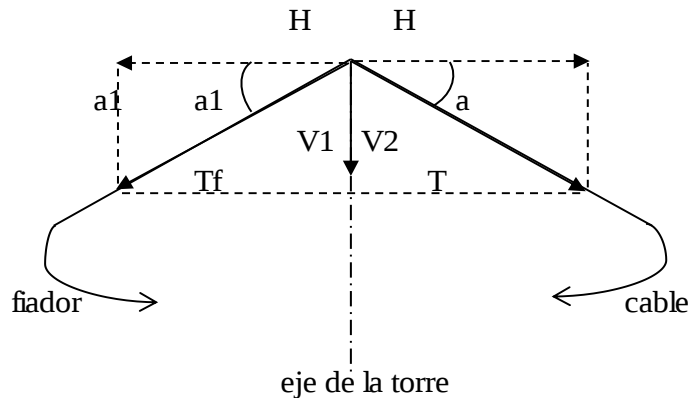
FACTOR SEGURIDAD	4
$N = f/L$	0,11

TENSIÓN HORIZONTAL	$H = WL^2/8f =$	37,52 Tn
TENSIÓN EN EL CABLE	$T = (PL^2/8f) * \sqrt{(1+16N^2)} =$	41,25 Tn
TENSIÓN VERTICAL EN EL FIADOR	$Tv = (Y1/L1) * H =$	32,64 Tn
TENSIÓN DE DISEÑO	$Tu = FS * T =$	165,00 Tn

ESFUERZOS EN LA TORRE

En el sentido longitudinal al puente, están sometidas a esfuerzos verticales y horizontales resultantes de las tensiones del cable y fiador

Las dos tensiones horizontales de la Torre son iguales



Angulo con el cable principal	$a =$	24,57 grados
Angulo del fiador izquierdo	$a_1 =$	41,02 grados
Angulo del fiador derecho	$a_2 =$	41,02 grados

TENSION HORIZONTAL $H_t =$	75031,25 kg (todo el puente)
TENSION HORIZONTAL $H =$	37515,63 kg (por cada lado)

TORRE IZQUIERDA

$V_1 = H \tan a =$	17,15 ton
$V_2 = H \tan a_1 =$	32,64 ton
$V = V_1 + V_2 =$	49,79 ton

TORRE DERECHA

$V_1 = H \tan a =$	17,15 ton
$V_2 = H \tan a_2 =$	32,64 ton
$V = V_1 + V_2 =$	49,79 ton

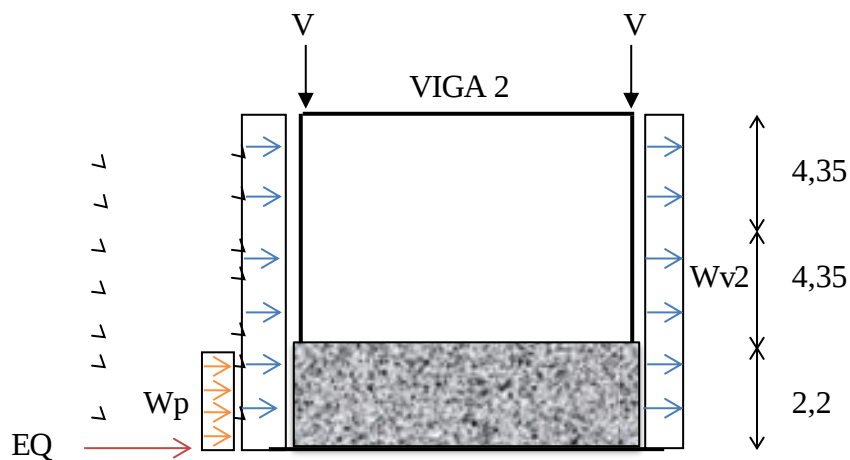
Elegimos la mayor reacción

Reacción en la torre	$V =$	49,79 ton
Altura de la torre	$H_t =$	8,70 m

ANÁLISIS DEL SENTIDO TRANSVERSAL AL PUENTE

Se analizará tratando la torre como un pórtico sometido a cargas verticales (V) y cargas horizontales producidos por el Viento (W), Sismo (EQ) y Palizada (Wp).

$$\begin{aligned}
 \text{Peralte que se opone al viento } P_c &= 0,40 \text{ m} \\
 \text{Esfuerzo de viento } f_v &= 316,00 \text{ kg/m}^2 \\
 W_v &= f_v \times P_c = 126,40 \text{ kg/m} \\
 W_{v1} &= W_v = 0,126 \text{ ton/m} \\
 W_{v2} &= 1/2 W_v = 0,063 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

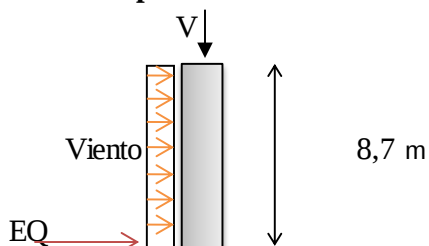


DISEÑO DE LAS COLUMNAS DE ACERO DE LA TORRE

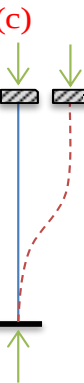
* MÉTODO DE DESIGUALDAD DE LA ECUACIÓN DE DISEÑO EN FUNCIÓN DE LA ECUACIÓN DE EULER POR ESTADOS LÍMITES

Fy ASTM A-500 Grado C =	3515 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad E =	2073000 Kg/cm ²

Se elige la columna mas esbelta para el diseño



Longitud de Columna entre apoyo	$L = 8,7 \text{ m}$
Esfuerzo admisible	$0,72 \cdot F_y = 2530,8 \text{ Kg/cm}^2$
Momento Máximo determinado	$M_u = 3 \text{ Tn-m}$
Carga Axial Máxima	$P_u = 49,79 \text{ Tn}$
Ingrese el numero de perfil a usar	14
Pefil de acero estructural circular a utilizar	$\varnothing = 12 - 3/4 \text{ ''}$
Seccion neta	$A = 89 \text{ cm}^2$
Modulo de sección resistente	$S = 681,8 \text{ cm}^3$
Radio de giro mínimo	$r = 11,1 \text{ cm}$

Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
							
	Valor K teórico	0,5	0,7	1	1	2	2
	Valores Recomendados de Diseño	0,65	0,85	1,2	1	2,1	2
	Símbolos para las condiciones de extremo	   	Rotación y Traslación impedidos Rotación libre y Traslación impedida Rotación impedida y Traslación libre Rotación y Traslación libres				
	Valores de κ según el tipo de apoyo (De McCormac, 1996, p, 109)						

Forma Pandeada de la Columna tipo

(a)

Parametro de esbeltez $\lambda_0 = (kL/r\pi)\sqrt{(F_y/E)} = 0,57$

$$1) \quad \lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow F_{rc} = (0,658^{\lambda_0^2}) \cdot F_y$$

$$2) \quad \lambda_0 \geq 1,5 \rightarrow F_{rc} = (0,877/\lambda_0^2) \cdot F_y$$

Factores de minorización Ø

$$\text{Øc} = 0,85$$

$$\text{Øb} = 0,9$$

Esfuerzo Crítico de Pandeo (EULER)

$$\text{Frc} = 2212,6 \text{ Kg/cm}^2$$

Carga Axial de Pandeo Pn ;

$$\text{Øc.Pn} = \text{Øc.Frc.A} = 167381,50 \text{ Kg}$$

Momento Flector Resistente Mn ; Øb.Mn = Øb.Fy.S = 1552949,50 Kg-cm

$$1) \quad \text{Si } \frac{Pu}{\text{Øc Pn}} \geq 0,2 \rightarrow \frac{Pu}{\text{Øc Pn}} + \frac{8}{9} - \frac{Mu}{\text{Øb Mn}} \leq 1$$

$$Pu/\text{Øc Pn} = 0,30$$

$$2) \quad \text{Si } \frac{Pu}{\text{Øc Pn}} < 0,2 \rightarrow \frac{Pu}{2\text{Øc Pn}} + \frac{Mu}{\text{Øb Mn}} \leq 1$$

$$1) \quad 0,47 \quad \text{OK}$$

TUBOS Y PERFILES DE ACERO PARA USO ESTRUCTURAL

	DIMENSIONES			Area cm²	Peso Kg/m	Propiedades Estaticas		
	Diámetro	mm				I cm⁴	S cm³	r cm
	Pulg.	D	e					
1	3"	76	2,25	5,2	4,1	35,8	9,4	2,6
2	3 - 1/2"	89	2,25	6,1	4,91	57,5	12,9	3,1
3	4 - 1/2"	114	2,5	8,8	6,99	137,3	24	4
4	5"	127	3	11,7	9,17	224,8	35,4	4,4
5	5 - 1/2"	140	3,4	14,6	11,43	338,3	48,4	4,8
6	6"	152	4	18,6	14,64	513,7	67,4	5,2
7	6 - 5/8"	168	4,3	22,2	17,39	745	88,5	5,8
8	7 - 5/8"	194	4,5	26,7	20,99	1197	123,6	6,7
9	8 - 5/8"	219	5,5	36,9	28,97	2105,5	192,2	7,6
10	9 - 5/8"	245	5,5	41,3	32,41	2949,2	241,3	8,5
11	9 - 5/8"	245	7	52,2	41	3684,6	301,4	8,4
12	10 - 3/4"	273	7	58,5	45,93	5180,2	379,4	0,4
13	10 - 3/4"	273	9	74,7	58,61	6514,3	477,1	9,3
14	12 - 3/4"	324	9	89	69,88	11040	681,8	11,1
15	12 - 3/4"	324	11	108,1	84,87	13243	817,9	11,1

9. ANALISIS DE LOS DATOS.

9.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El diseño de las torres de la estructura del puente metálico colgante, presenta la verificación de parámetros de diseño de estructuras metálicas, entre tantos de ellos uno de los más importantes es el efecto de pandeo.

El peso propio de la estructura, incluyendo el efecto de las tensiones generadas en las mismas, más el peso del tablero y otros efectos más hace que se verifique la estabilidad, pandeo y secciones permitidas para que resistan a estos efectos.

La construcción de las torres de estructura metálica, genera una ventaja en la hora del montaje de los mismos, ya que a diferencia de la construcción de torres de hormigón, el hormigón lleva más tiempo en su fundición y posterior funcionamiento.

Además que las secciones que se puedan generar de hormigón armado generan más peso, repercutiendo en la cimentación, provocando que las secciones sean mayores, encareciendo el costo de la construcción.

Las torres de estructura metálica son más fácil de montar en la obra ya que la conexión que junta las torres con los muro de cimentación, simplemente es soldada y el modelo matemático generado para su diseño es un sistema isostático, siendo más sencillo su diseño y posterior construcción.

9.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

9.2.1. CONCLUSIONES.

- El desarrollo de la metodología de trabajo, con la inclusión de cantidades de obras, presupuesto, es de un gran beneficio en la construcción de las torres de la estructura del puente colgante metálico, efectuando la obra con precisión y control de la misma.
- La determinación del cauce del río por donde atraviesa el puente, es de vital importancia ya que con esto se puede estimar la longitud del puente, y otras consideraciones de las dimensiones del puente.
- La eficacia y eficiencia en el diseño de este tipo de estructura, utilizando las normas para diseño de puentes como son ASSTHO y LRFD, cumplen la base primordial para la futura construcción de la estructura.
- Elaborando y entregando la coordinación de los trabajos de la construcción de la estructura del puente metálico colgante será de gran uso para que la construcción sea rápida y precisa, rescatando recursos materiales, mano de obra, entre otros.
- Una vez que se obtenga la construcción es de gran utilidad que se mantenga la estructura, con un buen mantenimiento respectivo de la estructura para que su uso y la vida útil del puente sea la máxima en este tipo de estructura.

9.2.2. RECOMENDACIONES.

- El de suma importancia realizar un buen presupuesto, que las cantidades de obra sean las más precisas, y que la metodología de trabajo sea facultativa para que la construcción de las torres de la estructura del puente colgante metálico se realice de la mejor manera.
- Determinar la longitud del puente con la mayor precisión posible, tomando o realizando un estudio hidrológico minucioso y detallado del mismo, además de realizar una topografía precisa y que su incidencia sea favorable para la longitud del puente.
- Para que el diseño de las torres de la estructura del puente metálico colgante sea eficaz se debe tomar en consideración las recomendaciones de las normas ASSTHO Y LRFD al 100% para lograr la eficiencia del diseño.
- Realizar el cronograma valorado, para destinar de mejor manera los recursos a utilizar en la construcción de las torres del puente colgante metálico, y sea su construcción de forma precisa y rápida.
- Se recomienda efectuar un correcto mantenimiento a la estructura del puente colgante para que su uso sea el mayor posible, cumpliendo así todas las especificaciones de la construcción.

PRESUPUESTO.

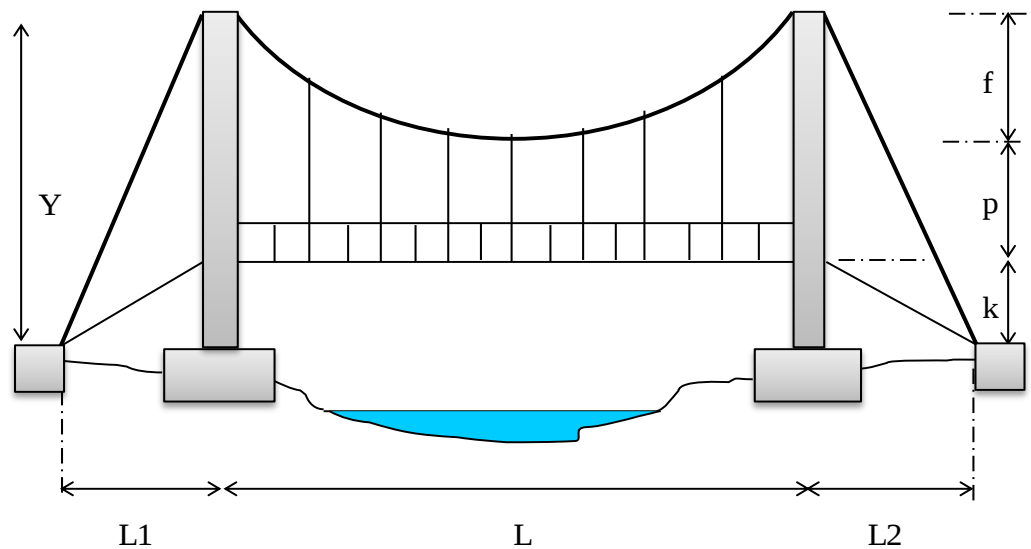
ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANTIDA D	PRECIO. UNIT.	PRECIO TOT.
1	<u>INFRAESTRUCTURA</u>				
1,1	EXCAVACION Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS	M3	130	5,89	765,7
1,2	HORMIGON ESTRUCTURAL DE CEMENTO PORTLAND, CLASE B (F`c=280 KG/CM2)	M3	25,6	237,98	6092,288
1,3	ACERO DE REFUERZO EN BARRAS F`y=4200 KG/CM2	KG	1.332,64	2,3	3065,072
2	<u>SUPERESTRUCTURA</u>				
2,1	ACERO ESTRUCTURA (ASTMA A36)	KG	2.445,30	3,4	8.314,02
2,2	PLANCHA CORUGADA 3MM	M2	85,37	85,1	7.264,99
2,3	COLUMNAS DE ACERO	ML	24,01	86,54	2.077,83
2,4	SUMINISTRO, Y MONTAJE DE CABLES DEACERO DE 1/2	ML	180,11	24,21	4.360,46
2,5	SUMINISTRO, Y MONTAJE DE CABLES DEACERO DE 11/2	ML	135	55,65	7.512,75
3	<u>COMPONENTE VIAL</u>				
3,1	MEJORAMIENTO CON SUELO SELECCIONADO	M3	140	11,491	1.608,74
3,2	TRANSPORTE DE SUELO SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO	M3-KM	5.640,00	0,26	1.466,40
3,3	MATERIAL FILTRANTE	M3	13,21	15,96	210,83
3,4	TRANSPORTE DE MATERIAL FILTRANTE	M3-KM	480	0,246	118,08
				sub total	42.857,16
				iva	5142,86
				total	48.000,02

BIBLIOGRAFIA.

- ACI-318S-11. (2011). *Instituto Americano de Concreto. Diseño de Estructuras de Concreto*. Estados Unidos: Registro Oficial.
- Ing Herrera., J. (1996). *Puentes*. Colombia.: Facultad de Ingenieria Civil. Universidad Catolica de Colombia.
- Ing Romo., M. (2010.). *Puentes de Gran Longitud*. Quito, Ecuador.: Publicaciones CENCI-ESPE.
- NEC-14. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcccion.Capitulo 1. Cargas y Materiales*. Quito, Ecuador.: Registro Oficial.
- Nilson., A. (1994). *Diseño de estructuras de Concreto*. Santa Fe, Bogota.: McGraw-Hill Interamericama S.A.
- Parker, H. (1995). *Ingenieria Simplificada para Arquitectos y Constructores*. Mexico D.F.: Limusa S.A. Grupo Noreiga Editores.
- Singer., F. (1982). *Resistencia de Materiales*. Mexico D.F.: Harla S.A. de C.V.
- Timoshenko., S. (2000). *Elementos de Resistencia de Materiales*. Mexico D.F.: Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores.
- Villarino, A. (2002). *Tesis de Maestrias sobre Puentes*. España: Escuela Politecnica Superior de Avila.

ANEXOS

**ANEXO 1. DISEÑO
ESTRUCTURAL DEL
PUENTE.**



DATOS:		
Longitud de torre a torre	L =	35 m
Ingrese flecha del cable	f =	4 m
Altura péndola mas pequeña	p =	0,83 m
Longitud horiz. fiador izquierdo	L1 =	10 m
Longitud horiz. fiador derecho	L2 =	10 m
Profundidad anclaje izquierdo	k1=	2,2 m
Profundidad anclaje derecho	k2=	2,2 m
Altura del fiador izquierdo	Y1 =	8,7 m
Altura del fiador derecho	Y2 =	8,7 m
Densidad del Acero de Cables	γ =	7,849 Tn/m ³
Modulo de elasticidad de Cables	E =	16000000 T/m ²

Peso de barandas	140 Kg
Peso de cables(6,2Kg/ml), 4 cables	25,08 Kg
Peso de péndolas	14,22 Kg
Sobrecarga	585 Kg
	764,3 Kg

W =	,99 Tn/m	Para un lado del puente
-----	-----------------	-------------------------

FACTOR
SEGURIDAD = 4

$$N = \frac{f}{L} = \frac{4,00}{35,00} = 0,11$$

TENSIÓN HORIZONTAL

$$H = \frac{W}{8} \cdot \frac{L^2}{f} = \frac{0,99}{8,00} \cdot \frac{1225,00}{4,00} = 38,04 \text{ Tn}$$

TENSIÓN EN EL CABLE

$$T = H \cdot \sqrt{1 + 16 N^2} = 41,82 \text{ Tn}$$

TENSIÓN VERTICAL EN EL FIADOR

$$T_v = \frac{Y}{L} \cdot H = 33,09 \text{ Tn}$$

TENSIÓN DE DISEÑO

$$T_u = FS \cdot T_v = 4 \cdot 41,82 = 167,29 \text{ Tn}$$

ANGULOS FORMADOS EN EL PUENTE

RADIANES

GRADOS

Angulo con el cable principal

$$a = \text{Arc Tang } (4f/L) = \text{ATAN} * (4 * 4 / 35) = 1,54 \text{ } 24,57$$

Angulo del fiador izquierdo

$$a_1 = \text{Arc Tang } (Y_1/L_1) = \text{ATAN} * (8,7 / 10) = 0,72 \text{ } 41,02$$

Angulo del fiador derecho

$$a_2 = \text{Arc Tang } (Y_2/L_2) = \text{ATAN} * (8,7 / 10) = 0,72 \text{ } 41,02$$

Longitud del fiador
izquierdo

$$(L_1') = L_1 \cdot \cos a_1 = 13,25 \text{ m}$$

Longitud del fiador
derecho

$$(L_2') = L_2 \cdot \cos a_2 = 13,25 \text{ m}$$

DISEÑO DE LAS TORRES

ESFUERZOS EN LA TORRE

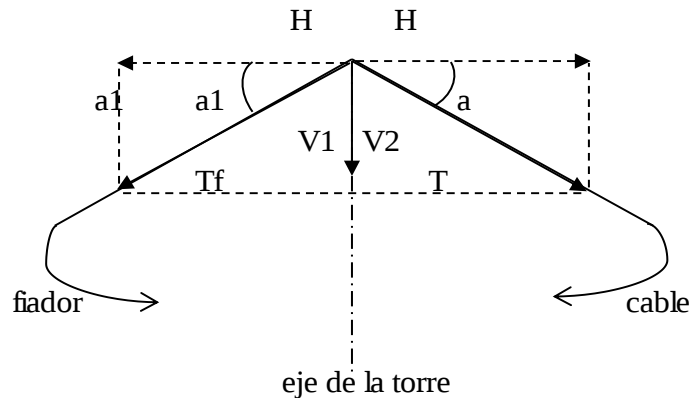
En el sentido longitudinal al puente, estan sometidas a
esfuerzos verticales y
horizontales resultantes de las tensiones del cable y fiador

Las dos tensiones horizontales de la Torre son iguales

ESFUERZOS EN LA TORRE

En el sentido longitudinal al puente, están sometidas a esfuerzos verticales y horizontales resultantes de las tensiones del cable y fiador

Las dos tensiones horizontales de la Torre son iguales



Angulo con el cable principal	$a =$	24,57 grados
Angulo del fiador izquierdo	$a1 =$	41,02 grados
Angulo del fiador derecho	$a2 =$	41,02 grados

TENSION HORIZONTAL $H_t =$	75031,25 kg (todo el puente)
TENSION HORIZONTAL $H =$	37515,63 kg (por cada lado)

TORRE IZQUIERDA

$V1 = H \tan a =$	17,15 ton
$V2 = H \tan a1 =$	32,64 ton
$V = V1 + V2 =$	49,79 ton

TORRE DERECHA

$V1 = H \tan a =$	17,15 ton
$V2 = H \tan a2 =$	32,64 ton
$V = V1 + V2 =$	49,79 ton

Elegimos la mayor reacción

Reacción en la torre

Altura de la torre

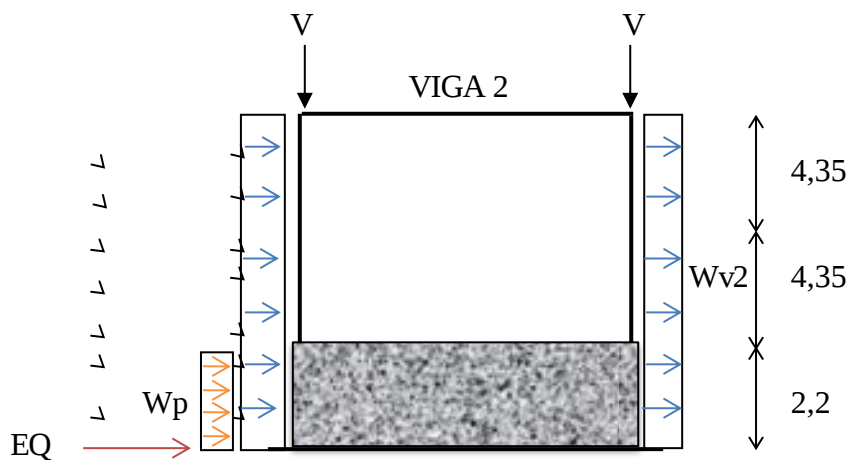
$V =$ 49,79 ton

$H_t =$ 8,70 m

ANALISIS DEL SENTIDO TRANSVERSAL AL PUENTE

Se analizará tratando la torre como un pórtico sometido a cargas verticales (V) y cargas horizontales producidos por el Viento (W), Sismo (EQ) y Palizada (Wp).

$$\begin{aligned}
 \text{Peralte que se opone al viento } P_c &= 0,40 \text{ m} \\
 \text{Esfuerzo de viento } f_v &= 316,00 \text{ kg/m}^2 \\
 W_v &= f_v \times P_c = 126,40 \text{ kg/m} \\
 W_{v1} &= W_v = 0,126 \text{ ton/m} \\
 W_{v2} &= 1/2 W_v = 0,063 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

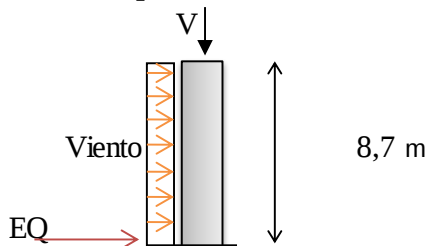


DISEÑO DE LAS COLUMNAS DE ACERO DE LA TORRE

*** MÉTODO DE DESIGUALDAD DE LA ECUACIÓN DE DISEÑO EN FUNCIÓN DE LA ECUACIÓN DE EULER POR ESTADOS LÍMITES**

Fy ASTM A-500 Grado C =	3515 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad E =	2073000 Kg/cm ²

Se elige la columna mas esbelta para el diseño



Longitud de Columna entre apoyo

$L = 8,7 \text{ m}$

Esfuerzo admisible

$0,72 \cdot F_y = 2530,8 \text{ Kg/cm}^2$

Momento Máximo determinado

$M_u = 3 \text{ Tn-m}$

Carga Axial Máxima

$P_u = 49,79 \text{ Tn}$

Ingrese el numero de perfil a usar

14

Perfil de acero estructural circular a utilizar

$\varnothing = 12 - 3/4 \text{ ''}$

Seccion neta

$A = 89 \text{ cm}^2$

Modulo de sección resistente

$S = 681,8 \text{ cm}^3$

Radio de giro mínimo

$r = 11,1 \text{ cm}$

Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
	Valor K teórico	0,5	0,7	1	1	2	2
	Valores Recomendados de Diseño	0,65	0,85	1,2	1	2,1	2
	Símbolos para las condiciones de extremo						
		Rotación y Traslación impedidos		Rotación libre y Traslación impedida		Rotación impedida y Traslación libre	
	Rotación libre y Traslación impedida		Rotación impedida y Traslación libre		Rotación y Traslación libres		
Valores de κ según el tipo de apoyo (De McCormac, 1996, p, 109)							

Forma Pandeada de la Columna tipo

(a)

Parametro de esbeltez

$\lambda_0 = (kL/r) \sqrt{(F_y/E)} =$

0,57

$$1) \quad \lambda_0 \leq 1,5 \rightarrow F_{rc} = (0,658^{\lambda_0^2}) \cdot F_y$$

$$2) \quad \lambda_0 \geq 1,5 \rightarrow F_{rc} = (0,877/\lambda_0^2) \cdot F_y$$

Factores de minorización $\varnothing$

$\varnothing_c = 0,85$

$\varnothing_b = 0,9$

Esfuerzo Crítico de Pandeo (EULER)

$$F_{rc} = 2212,6 \text{ Kg/cm}^2$$

Carga Axial de Pandeo P_n ;

$$\phi_c P_n = \phi_c F_{rc} A = 167381,50 \text{ Kg}$$

Momento Flector Resistente M_n ;

$$\phi_b M_n = \phi_b F_y S = 1552949,50 \text{ Kg-cm}$$

$$1) \quad \text{Si } \frac{P_u}{\phi_c P_n} \geq 0,2 \rightarrow \frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} - \frac{M_u}{\phi_b M_n} \leq 1$$

$$P_u / \phi_c P_n = 0,30$$

$$2) \quad \text{Si } \frac{P_u}{\phi_c P_n} < 0,2 \rightarrow \frac{P_u}{2\phi_c P_n} + \frac{M_u}{\phi_b M_n} \leq 1$$

$$1) \quad 0,47 \quad \text{OK}$$

TUBOS Y PERFILES DE ACERO PARA USO ESTRUCTURAL

	DIMENSIONES			Area cm²	Peso Kg/m	Propiedades Estaticas		
	Diámetro Pulg.	mm				I cm⁴	S cm³	r cm
		D	e					
1	3"	76	2,25	5,2	4,1	35,8	9,4	2,6
2	3 - 1/2"	89	2,25	6,1	4,91	57,5	12,9	3,1
3	4 - 1/2"	114	2,5	8,8	6,99	137,3	24	4
4	5"	127	3	11,7	9,17	224,8	35,4	4,4
5	5 - 1/2"	140	3,4	14,6	11,43	338,3	48,4	4,8
6	6"	152	4	18,6	14,64	513,7	67,4	5,2
7	6 - 5/8"	168	4,3	22,2	17,39	745	88,5	5,8
8	7 - 5/8"	194	4,5	26,7	20,99	1197	123,6	6,7
9	8 - 5/8"	219	5,5	36,9	28,97	2105,5	192,2	7,6
10	9 - 5/8"	245	5,5	41,3	32,41	2949,2	241,3	8,5
11	9 - 5/8"	245	7	52,2	41	3684,6	301,4	8,4
12	10 - 3/4"	273	7	58,5	45,93	5180,2	379,4	0,4
13	10 - 3/4"	273	9	74,7	58,61	6514,3	477,1	9,3
14	12 - 3/4"	324	9	89	69,88	11040	681,8	11,1
15	12 - 3/4"	324	11	108,1	84,87	13243	817,9	11,1

ANEXO 2.

EVIDENCIA

FOTGRAFICA.







