



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE PEATONAL A  
NIVEL CON ELEMENTOS DE HORMIGÓN PREENFORZADO SOBRE EL  
ESTERO EL MACHO

BLACIO AGUILAR JORGE LUIS  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE  
PEATONAL A NIVEL CON ELEMENTOS DE HORMIGÓN  
PREESFORZADO SOBRE EL ESTERO EL MACHO

BLACIO AGUILAR JORGE LUIS  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE PEATONAL A NIVEL CON  
ELEMENTOS DE HORMIGÓN PREESFORZADO SOBRE EL ESTERO EL MACHO

BLACIO AGUILAR JORGE LUIS  
INGENIERO CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 01 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA  
01 de diciembre de 2020

# BLACIO\_COMPLEXIVO

*por* JORGE LUIS BLACIO AGUILAR

---

**Fecha de entrega:** 20-nov-2020 01:07a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1451981002

**Nombre del archivo:** BLACIO\_JORGE\_INFORME\_PRACTICO.pdf (365.84K)

**Total de palabras:** 7120

**Total de caracteres:** 36741

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, BLACIO AGUILAR JORGE LUIS, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE UN PUENTE PEATONAL A NIVEL CON ELEMENTOS DE HORMIGÓN PREESFORZADO SOBRE EL ESTERO EL MACHO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

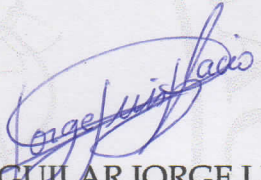
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 01 de diciembre de 2020

  
BLACIO AGUILAR JORGE LUIS  
0705699502

# Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 20-nov.-2020 01:08 -05

Identificador: 1451981002

Número de palabras: 7120

Entregado: 1

Índice de similitud

9%

## Similitud según fuente

Internet Sources:	8%
Publicaciones:	1%
Trabajos del estudiante:	3%

BLACIO\_COMPLEXIVO Por  
JORGE LUIS BLACIO AGUILAR

## **DEDICATORIA**

A mis padres que siempre han estado apoyándome en los pasos que he dado y a todas las personas que han aportado con un granito de arena para que se haga esto posible.

**Blacio Aguilar Jorge Luis**

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo diseñar la superestructura de un puente peatonal de hormigón presforzado sobre el canal "El Macho" en la Ciudadela Leonor Aguilar Canessa ubicado al Norte de la Ciudad de Machala permitiendo el libre tránsito a la población de una manera segura. Su cálculo y diseño se regirá estrictamente a: NEC, ACI-318, PCI, RTE INEN 004 - 2:2011, el puente consta de una viga doble T pretensada con una longitud de 20.40 m de largo y 2.5 m de ancho, con acero que se pretensan a 0.8 fpu de grado 18982.9 kg/cm<sup>2</sup>, con una resistencia a la compresión del hormigón de 420 kg/cm<sup>2</sup>.

El trabajo incluirá información para su diseño como: conceptos básicos de Hormigón presforzado para superestructuras en puentes peatonales, parámetros de diseño y requerimientos mínimos, cargas de diseño, consideraciones técnicas.

Como resultado final se presentará los cálculos realizados, los planos arquitectónicos, estructurales y de señalización, identificando las dimensiones y especificaciones técnicas que han sido utilizados para el diseño de la superestructura, lo cual se encontrará en la sección de anexos.

**PALABRAS CLAVES:** Superestructura, Hormigón Preesforzado, Viga doble Te.



## **ABSTRACT**

The objective of this degree work is to design the superstructure of a prestressed concrete pedestrian bridge over the “El Macho” estuary in the Leonor Aguilar Canessa Citadel located north of the City of Machala, allowing free transit to the population in a safe way. Its calculation and design will be strictly governed by: NEC, ACI-318, PCI, RTE INEN 004 - 2: 2011, the bridge consists of a prestressed double T beam with a length of 20.40 m long with steel that are prestressed at 0.8 fpu of 270 degree, with a concrete compression resistance of 420 Kg / cm<sup>2</sup>.

The work will include information for its design such as: basic concepts of prestressed concrete for superstructures in pedestrian bridges, design parameters and minimum requirements, design loads, technical considerations.

As a final result, the calculations made, the architectural, structural and signaling plans will be presented, identifying the dimensions and technical specifications that have been used for the design of the superstructure, which will be found in the annexes section.

**KEYWORDS:** Superstructure, Prestressed Concrete, double T beam.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
INDICE DE FIGURAS .....	XII
INDICE DE GRÁFICOS .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	1
1. GENERALIDADES DE OBJETO DEL ESTUDIO .....	2
1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio.....	2
1.2. Hechos de interés.....	2
1.3 Justificación .....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
2. FUNDAMENTACIÓN Y MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO.....	5
2.1 Antecedentes.....	5
2.2 Determinación geográfica del proyecto.....	6
2.2.1 Población .....	6
2.3 Selección de la ubicación.....	6
2.4 Bases teóricas de la investigación.....	7
2.4.1 Puente peatonal.....	7
2.4.2 Cargas en puentes peatonales (PL).....	7
2.4.3 Cargas Vibratorias.....	7
2.4.4 Análisis estático vs Análisis dinámico .....	7
2.4.5 Hormigón presforzado .....	8
2.4.6 Métodos de preesfuerzo.....	8
2.4.7 Materiales de preesfuerzo.....	8
2.4.8 Superestructura .....	9
2.4.9 Partes de la superestructura.....	9
2.4.10 Características Geométricas y resistencia del hormigón preesforzado .....	10
2.4.11 Seguridad vial para peatones.....	10
2.4.12 Confiabilidad Estructural .....	11
2.4.13 Localización de daño en estructuras de hormigón pretensado .....	11
2.4.14 Evaluación de vibraciones por cargas peatonales.....	11
2.4.15 Ciudadela Leonor Aguilar susceptible a inundaciones .....	12
2.4.16 Aumento de peatones que viajan a la cabecera urbana de la ciudad de Machala y su afectación por motivos del COVID19. ....	12

3. PROCESO METODOLÓGICO .....	13
3.1 Metodología.....	13
3.2 Proceso de recolección de datos.....	13
3.1 Especificaciones técnicas de diseño.....	14
3.1.1 NORMA NTE INEN 2246: accesibilidad de las personas al medio físico. Cruces peatonales a nivel y a desnivel. [28].....	14
3.1.2 NORMA NTE INEN 2245: accesibilidad de las personas al medio físico. Rampas. [27].....	14
3.1.3 NEC NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. Accesibilidad universal (AU). [29] .....	15
3.2 Consideraciones de diseño.....	15
4. RESULTADOS.....	17
5. CONCLUSIONES.....	19
6. BIBLIOGRAFÍA .....	20
7. ANEXOS .....	23

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del proyecto .....	6
Figura 2. Solicitud para obtener información del Municipio de Machala.....	24
Figura 3. Medición del ancho del estero .....	24
Figura 4. Puente provisional de empresa privada aledaña. ....	25
Figura 5. Vista general a lo largo del estero .....	25

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Proceso de legalización de escrituras .....	23
Gráfico 2. Gráfico comparativo entre el porcentaje de área legalizada y por legalizar ..	23

## INTRODUCCIÓN

Una buena comunicación vial permite que la sociedad progrese y cumpla con sus actividades diarias, la carencia de infraestructuras que permitan ir de un lugar a otro se convierte en una problemática para cualquier sector o ciudad.

El presente trabajo de investigación detalla la importancia de la implementación de un puente peatonal a nivel, sobre el estero “El Macho” en el Sitio “Leonor Aguilar Canessa” perteneciente al Cantón Machala, dicho sector representa un número considerable de familias que debido al crecimiento poblacional cada vez se torna conflictivo y no tienen acceso a un tránsito seguro al momento de cruzar el estero.

Los puentes peatonales representan una solución a este tipo de situaciones, como la que enfrenta el sitio Leonor Aguilar, que tienen la necesidad de hacer un cruce complicado, exponiendo la integridad física de los peatones y personas con discapacidad.

Por esta razón, el diseño de la superestructura de un puente peatonal con elementos estructurales preesforzado está pensado con la finalidad de evitar riesgos, para generar confort y seguridad, facilitando la transitabilidad de sus habitantes y de todo aquel que quiera hacer uso del mismo.

Una reducción de vulnerabilidad al peatón es un objetivo de gran importancia y alcanzable, ya que todos estamos en el papel de peatón al menos por un corto tiempo, el peatón hace uso de las carreteras y puentes peatonales estando constantemente en peligro, la señalización no es suficiente para evitar accidentes. [1]

“Un estudio cualitativo encontró que la importancia que los peatones dan a las estructuras que son destinadas para el cruce están determinadas por su tiempo de cruce, seguridad personal y accesibilidad”. [2]

Para el diseño de los elementos estructurales es necesario tener conocimiento tanto teórico como técnico de los componentes estructurales de un puente, y obtener todos los datos que intervendrán en el diseño, para lo cual se deberá revisar información virtual, prevaleciendo el cuidado de la salud en momentos de pandemia, entre otros aspectos a considerar para el desarrollo del documento.

## **1. GENERALIDADES DE OBJETO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio**

El sitio Leonor Aguilar se encuentra ubicada al norte de la Ciudad de Machala a pocos metros del estero "El Macho", dicha Ciudadela presentan serios problemas de comunicación vial, por lo que piden repetidamente a las autoridades una solución a su problema. Desde su desplazamiento al sector hasta la actualidad los ciudadanos y todos los peatones que transitan por la zona, han presentado algún tipo de peligro al cruzar el estero, y la constante sensación de peligro que en cualquier momento la estructura provisional colapse, de tal manera que la situación se comprende como un riesgo a la integridad de sus habitantes, estudiantes y personas con discapacidades.

### **1.2. Hechos de interés**

#### **Motivos del desuso de puentes peatonales en Arequipa**

Existe una gran cantidad de accidentes de tránsito todos los días que depende especialmente del conductor y del peatón, la responsabilidad del peatón de hacer uso del puente se cumple cada día menos. La ciudadanía debe hacer conciencia del peligro que ocasiona tanto para su vida, como para la vida del conductor. Precisamente, para contrarrestar la alta incidencia de conductas de riesgo del peatón, el 15 de diciembre de 2010 entró en vigencia en el Perú, el Decreto Supremo DS 040-2010 que modifica el reglamento de tránsito (Ley N° 23463) para multar a los peatones imprudentes.[3]

#### **Investigación del colapso del puente peatonal de la Universidad Internacional de Florida (FIU)**

Una investigación que se realizó mediante fotografías y métodos de simple inspección descartó la idea de que se haya presentado algún tipo de fallas en las juntas de la viga. No obstante, se tuvo la necesidad de ir más a fondo con la investigación y con ayuda de la tecnología se realizó una modelación estructural del puente peatonal y mostró que existió un momento de flexión por fuera de los límites máximos permisibles en el extremo inferior de los miembros debido al peso propio de la viga, lo cual hizo que la estructura fallara y provocara el colapso del mismo. [4]

#### **Modo de daño y colapso del puente prefabricado de hormigón postensado existente: el caso del viaducto de Petrulla**

El resultado de la investigación se basa en que el colapso fue provocado por acción directa de la corrosión en los tendones, en el cual se estima que la corrosión fue inducida por cloruro y adicionando posibles fallas de cálculo iniciales, sumado estas dos

características se obtuvo el rompimiento de los tendones que se encontraban totalmente oxidados. [5]

### **Desarrollo de puentes de hormigón prefabricado durante los últimos 50 años en Eslovaquia**

Eslovaquia es uno de los países que más hacen uso de puentes con elementos prefabricados, el número de puentes prefabricados con respecto a los puentes de construcción tradicional le lleva una gran ventaja, tanto así que ya no se construyen puentes de forma tradicional en primera instancia. Los últimos 50 años se han concentrado únicamente en el diseño y elaboración de puentes prefabricados y eso es porque sus ventajas técnicas y económicas no se comparan con el tradicional, actualmente existe una gran demanda de innovación en su desarrollo.[6]

#### **1.3 Justificación**

La ciudad de Machala se ha desarrollado hacia el Norte en los últimos años es por ello que el objeto de estudio se centra en la Ciudadela Leonor Aguilar Canessa, previamente se realizó un recorrido a lo largo del estero “El Macho” que inició desde el sector rayito de luz hasta el Sector de “Los Sauces 1”, en el recorrido se observó detenidamente la necesidad de un puente peatonal en este sector.

Los moradores del sector hacen uso de un puente provisional que se encuentra en mal estado perteneciente a una empresa privada aledaña, poniendo en riesgo su vida cada día ante un posible colapso, cabe hacer énfasis que es el único acceso que tiene la ciudadela por lo que se encuentran preocupados dado que se avecinan las temporadas en las que el caudal aumenta siendo ésta una de los principales peligros que tiene la ciudadela siendo más susceptible a deslizamientos de material de talud.

La implantación de un puente peatonal ayudaría de manera significativa las necesidades de los moradores del sector que cuentan con 195 familias de las cuales al menos 40 de ellas tienen un familiar con discapacidad, las cuales han sido reubicadas provenientes de la ribera del estero y otras partes de la ciudad, mejorando así la calidad de vida y aumentando el nivel de seguridad para cada uno de los moradores. [7]

La calidad del hábitat es uno de los temas más importantes en los moradores del sector la cual es una responsabilidad tanto individual como colectiva de cuidar y mejorar su imagen. Las buenas condiciones y relaciones de la ciudad en su conjunto, las del entorno más inmediato, el barrio y la vivienda, y las del espacio privado, deben ser respetadas por todos los miembros del sector. Se debe inculcar a las nuevas



generaciones los valores de respeto para que ellos se formen con la responsabilidad de cuidar el hábitat donde se encuentran y haciendo de éste un mejor lugar para vivir. [8]

La superestructura del puente peatonal contará con elementos de hormigón presforzado, dado que la longitud del estero “El Macho” es de 20.40 metros y 2.5 metro de ancho por lo cual se ha considerado el diseño de vigas presforzado ya que es una de las mejores alternativas cuando se tiene longitudes extensas para su diseño nos basaremos en la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-149), Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2:2011) y PCI Desig HAndbook

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar la superestructura de un puente peatonal a nivel de Hormigón Preesforzado sobre el canal El Macho ubicado en el sitio Leonor Aguilar, Cantón Machala utilizando la Norma Ecuatoriana de la construcción y los Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural permitiendo el libre tránsito de la población.

##### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar el dimensionamiento de viga doble T correspondiente a la superestructura.
- Verificación de esfuerzos máximos admisibles para la viga doble T
- Elaborar planos arquitectónicos, planos estructurales y planos de señalización de la superestructura.

## 2. FUNDAMENTACIÓN Y MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO

### 2.1 Antecedentes

Desde principios de siglo, un grupo de ingenieros a fines de la ingeniería se enfocaron en evolucionar el uso del concreto para lo cual intentaron precomprimir el concreto mediante la inserción barras de acero dulce, la cual era previamente pretensada con ayuda de tuercas, sin investigación y resultados no satisfacían al grupo de ingenieros dado que las barras se rompían luego de un periodo corto de tiempo, las investigaciones y el grupo de ingenieros se vieron obligados a detenerse.[9]

La aparición del concreto presforzado fue en 1928 cuando un ingeniero civil con especialidad en el área de estructuras e impulsado a la investigación científica Eugéne Freyssinet descubrió ciertas características necesarias para que el concreto pueda trabajar satisfactoriamente con acero de preesfuerzo, siendo éste uno de las mayores logros del siglo dando paso a una nueva generación en el área de la construcción, el sistema de funcionamiento se basa prácticamente en la misma idea del funcionamiento del concreto normal, con la magnífica idea de aumentar la fluencia del acero, demostró que para utilizar éste método de construcción el acero corrugado no era el adecuado, es por ello que en lugar barras se tensaron finos cables de acero.[10]

Su fabricación necesitaba un taller donde pueda colocarse un molde de una sección solicitante para luego verter el hormigón y pretensar el cable con ayuda de anclajes, las secciones no se encontraban limitadas por encofrados haciendo de esto un proceso constructivo mucho más eficiente y rápido, así mismo, la demanda de los elementos se incrementaría exponencialmente. El elemento estructural desarrollado con esta nueva técnica tenía la característica de encontrarse en precompresión, logrando un resultado importante al momento de construir elementos con longitudes extensas capaces de resistir cargas significativas. [10]

El ingeniero calculista tenía una gran amplitud de diseñar y utilizar secciones acordes su necesidad siempre que se encuentre dentro de los límites permisibles, pues ya no había límite para la imaginación. [10]

Es importante tener un poco de conocimiento acerca del lugar de implantación del proyecto el cual es ubicado en la Ciudadela Leonor Aguilar Canessa que cuenta con 195 predios divididos en 5 manzanas designadas para los usuarios que han sido reubicados de distintos lugares de la ciudad de Machala provenientes de asentamiento de la ribera del estero “El Macho” y asentamientos de la ciudad. [7]

“Los asentamientos que se encuentran cerca de cuerpos de agua poseen un potencial de riesgo elevado ante amenazas de eventos externos y los efectos de fuertes lluvias

donde el impacto es directo y acarrea otras vulnerabilidades de tipo económica y social. comprometiendo la sostenibilidad del hábitat.” [11]

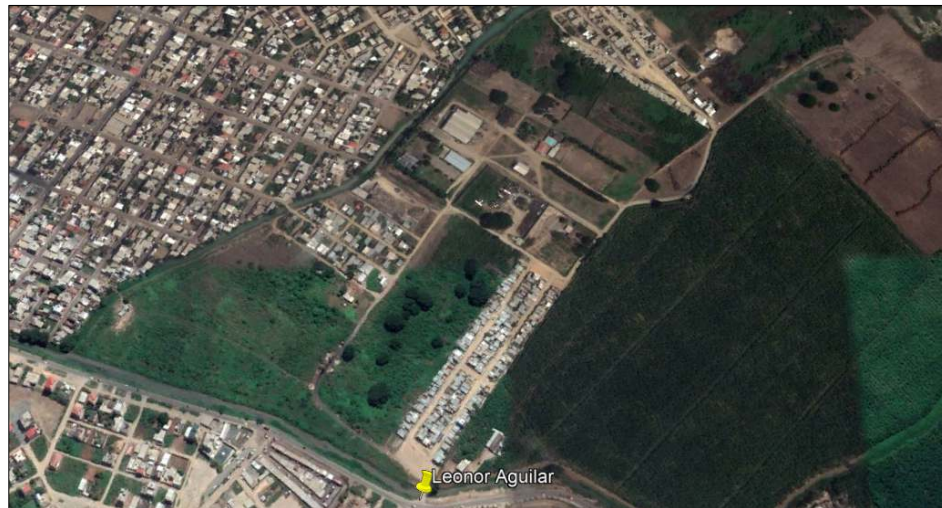
Actualmente dichos predios se encuentran en proceso de legislación de tierras, teniendo un promedio de avance del 50% según los datos obtenidos por el censo territorial que realizó el Municipio de Machala, teniendo el valor de 1.2 dólares el metro cuadrado, teniendo un promedio de 84 metros cuadrados por beneficiario. [12] [13]

## **2.2 Determinación geográfica del proyecto**

El proyecto del puente peatonal a nivel se analizará en un tramo del estero “El Macho” sector Leonor Aguilar perteneciente al cantón Machala, en las calles Avenida Octava y Antigua Vía “El Limón”.

Coordenadas: N9639934.245 E618623.702

Figura 1. Ubicación Geográfica del proyecto



Fuente: Google Earth Pro

### **2.2.1 Población**

El puente peatonal a nivel beneficiará a las 195 familias de la Ciudadela Leonor Aguilar Canessa, las cuales fueron reubicados ya que se encontraban en las riberas del estero “El Macho” poniendo en peligro su vida. [7]

### **2.3 Selección de la ubicación**

Una vez realizado el respectivo análisis y reconocimiento del lugar, considerando que el estero “El macho” tiene y ocupa un gran recorrido en la ciudad de Machala, destacando la seguridad al momento del cruce, una adecuada ubicación para la implantación del proyecto que solucionaría su necesidad de un puente para el tránsito peatonal. Se ha

estimado que el Sector de Leonor Aguilar Canessa tiene una demanda poblacional considerable de habitantes y cierto número de personas con discapacidad que urgen de manera prioritaria la solución planteada.

## **2.4 Bases teóricas de la investigación**

### **2.4.1 Puente peatonal**

Un puente es un elemento estructural diseñado para el cruce de peatones que se encuentran separados por carreteras, depresiones, cuerpos de agua en general y cualquier tipo de obstáculos que se presente por la geomorfología de la naturaleza.

Estas estructuras permiten una circulación fluida de peatones su función es garantizar la seguridad vial con la finalidad de evitar riesgos al momento del cruce. Los puentes peatonales pueden ser de diferente tipo de materiales y de tamaños muy diversos para este proyecto debido a la limitada longitud atravesar el diseño del mismo puede ser muy diversa.[14]

### **2.4.2 Cargas en puentes peatonales (PL)**

“Los puentes para uso peatonal y para tráfico de bicicletas deberán ser diseñadas para una carga viva uniformemente repartida de 420 kgf/m<sup>2</sup>”. [14]

### **2.4.3 Cargas Vibratorias**

“La carga producida por una persona al caminar tiene componentes en tres direcciones: una componente vertical, que es la de mayor magnitud, una componente horizontal y una componente longitudinal. Estos tres componentes dependen de parámetros como la frecuencia, velocidad y longitud del paso”. [15]

Es importante tener en cuenta que se tienen métodos y cargas dentro de un análisis de un puente, el uso de cargas vibratorias se presentaría para realizar un análisis dinámico del comportamiento vibratorio de una superestructura y otros análisis relacionados.

“Los peatones producen vibraciones al caminar donde en algunos casos pueden ser excesivas, las condiciones de servicio del análisis estático dejarían de cumplir su función y se tendría que intervenir con un análisis dinámico para poder estudiar su comportamiento. Esto sucede en puentes de grandes luces.[15]

### **2.4.4 Análisis estático vs Análisis dinámico**

El análisis estático es independiente del tiempo, en donde hace énfasis a los esfuerzos y deformaciones alcanzados por los elementos y componentes físicos de la estructura bajo un cierto estado de cargas. Sin embargo, un análisis dinámico se refiere a las

vibraciones producidas por los peatones y/o vehículos, también estudia el movimiento oscilatorio que es el encargado de modificar las tensiones y deformaciones a lo largo del tiempo. [16]

#### **2.4.5 Hormigón presforzado**

Se denomina al concreto que es sometido a esfuerzos internos permanentes con el fin de reducir los esfuerzos a tracción del concreto provocado especialmente por las cargas de servicio, que incluye elementos de acero denominado tendones.[17]

#### **2.4.6 Métodos de preesfuerzo**

##### **2.4.6.1 Pretensado**

“Método en el cual el acero de preesfuerzo se tensiona antes de la colocación del concreto”[18]. La técnica del pretensado es empleada para mejorar el hormigón introduciendo esfuerzos a compresión interna frente a su debilidad ante los esfuerzos a tracción, contrarrestándolos y produciendo las cargas de servicio, este sistema permite una reducción en la sección del elemento estructural y un aumento en la capacidad de carga. [17]

##### **2.4.6.2 Postensado**

“Método en el cual el acero de preesfuerzo se tensiona después de que el concreto ha endurecido”. [18] Esta técnica de postensado se llevará a cabo de modo que la tensión aplicada y el alargamiento se pueda medir en todo momento, no se deben aplicar cargas a hormigón hasta que haya alcanzado la resistencia especificada, por lo general esto se suele hacer in situ es decir; en la misma obra. [19]

#### **2.4.7 Materiales de preesfuerzo**

##### **2.4.7.1 Concreto de preesfuerzo**

“Concreto al que se le han introducido esfuerzos internos con el fin de reducir los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto causados por las cargas de servicio”. [17]

Para elementos de preesforzados no se usarán concretos con resistencia a la compresión menor a 4.0 ksi (280 kgf/cm<sup>2</sup>). [17]

##### **2.4.7.2 Acero de preesfuerzo**

“Elemento de acero de alta resistencia como alambre, barra, torón, o un paquete (tendón) de estos elementos, utilizado para aplicar fuerzas de preesfuerzo al concreto”. [18]

**Torones.** Formado por 7 alambres, 6 finamente torcidos alrededor de un séptimo con un diámetro mayor con respecto a los demás. El torón cuenta con un paso en espiral de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable. [19]

Cumple con las normas ASTM A-416.

- Propiedades:  $f_{pu}$ : 270 K (18, 990 Kg./cm<sup>2</sup>)
- Baja relajación.

Además, también los existen de otros materiales como tendones compuestos para hormigón pretensado con hebras de polímero reforzado con fibra de vidrio pudiendo representar una solución de cables existentes, una solución eficaz resistente a la corrosión para el hormigón preesforzado. [20]

### **2.4.8 Superestructura**

“La superestructura está conformada por: tablero que soporta directamente las cargas; vigas, armaduras, cables, bóvedas, arcos, quienes transmiten las cargas del tablero a los apoyos.” [14]

### **2.4.9 Partes de la superestructura**

#### **2.4.9.1 Losa Preesforzada**

Elemento que consiste en una placa de concreto reforzado o preesforzado y que en puentes tipo losa siendo su elemento principal cumple a su vez la función de tablero; siendo muy utilizado por su facilidad de construcción. Con hormigón armado se puede llegar hasta luces de 12 metros y con hormigón preesforzado se puede llegar hasta luces de 35 metros, además se puede considerar a partir de los 20 metros usar cavidades longitudinales conocida como losa aligerada para reducir su peso propio.

#### **2.4.9.2 Viga preesforzada**

La viga es el elemento estructural que soporta a la losa y a todos los esfuerzos como los originados por las cargas peatonales y/o vehiculares.

#### **2.4.9.2 Protección lateral**

Estos elementos se instalan a lo largo del puente cuya función es proteger al peatón cuando haga uso del mismo. Estas pueden ser barandales de distinto tipo como el material metálico que es el más utilizado, así mismo de material de concreto reforzado para usos múltiples tales para peatonal y vehicular, “la altura de las barandas será no menos que 1.1 m, en ciclovías será no menor que 1.4 m”. [14]

#### **2.4.10 Características Geométricas y resistencia del hormigón preesforzado**

El diseño de elementos con hormigón preesforzado requiere conocer las características geométricas y la resistencia del hormigón en dos situaciones: durante el pretensado y durante la operación del puente. En el momento del pretensado cuando la viga está siendo colada en situ, solo la sección de la viga prefabricada resiste la fuerza del pretensado y de su propio peso, esto ocurre porque la losa aún no ha sido colada en esta etapa. [21] Durante la operación del puente cuando la losa ya ha sido colada es cuando ya forma parte del sistema de resistencia del puente cumpliendo para que este soporte además de viga y losa, barreras, cargas vehiculares (de considerarse) y peatonales.

#### **2.4.11 Seguridad vial para peatones**

Es importante que cuando se habla de seguridad peatonal el análisis inicial parte de la selección óptima del tipo de paso peatonal. Es decir; tratando de dotar de instalaciones y elementos de infraestructura que se planifiquen y diseñen de acuerdo con los principios de seguridad y que correspondan a la velocidad proyectada y función vial, así como infraestructura segura para peatones, ancianos y personas con discapacidades. Conocer el problema a resolver del sector de estudio es primordial. En nuestro caso el objetivo del proyecto es prevalecer la seguridad del ciudadano al momento del cruce del canal "El Macho" brindándoles una estructura segura y una mejor calidad de vida. Tomando en cuenta que el puente se une perpendicularmente a una vía principal de alto tráfico por lo que es necesario dotar de la señalización adecuada o construcción de aceras que le permitan al peatón circular con tranquilidad.

Investigaciones informan que, aunque se producen menos muertes peatonales en zonas rurales, los peatones tienen 2,3 veces más probabilidades de morir a causa de un accidente peatonal en zonas rurales que en zonas urbanas y esto se debe a que en áreas rurales tienen velocidades más altas y menos instalaciones para peatones como aceras, senderos o caminos, en comparación a las áreas urbanas. [22]

Los accidentes de tránsito siguen ocurriendo incluso cuando hay la presencia de los puentes peatonales, por lo tanto, se ha investigado sobre la conducta del peatón para tomar una decisión al momento de hacer uso de la estructura, la cual no solo depende la situación de peligro en la que se encuentran, más bien depende la percepción de seguridad de cada uno de los peatones que tienen de sí mismos. Los factores de gran impacto a la toma de decisión son la edad, niveles de estudio, tiempo y tráfico. No obstante, es posible presentar un sistema de ocurrencia en la conducta de los peatones

mediante encuestas con preguntas sencillas y concisas que permitan determinar un patrón y hacer uso de la misma para la resolución de esta problemática. [23]

#### **2.4.12 Confiabilidad Estructural**

Un puente es una estructura importante para el transporte vehicular y peatonal, estableciendo la continuación de la comunicación vial; por lo que cualquier falla que le pueda provocar un bloqueo de la estructura impidiendo que las personas avancen y continúen con sus labores diarias es un obstáculo muy importante. Por esa razón es necesario realizar un estudio de seguridad de la estructura asegurando que esta pueda tener una vida útil muy larga.

La teoría más utilizada para evaluar la seguridad de la estructura, ya sea para estados límites de servicio o para estados límites últimos, es la confiabilidad estructural, la misma que está asociada al nivel de confianza que tiene el analista de que cumplirá con su propósito de diseño para un periodo de referencia determinado. [21]

#### **2.4.13 Localización de daño en estructuras de hormigón pretensado**

Las patologías que pueden presentar las estructuras de hormigón pretensado son variadas [20]. Estas se manifiestan con mayor frecuencia a través de la aparición de grietas y fisuras, aunque la estructura presente puede seguir cumpliendo su función estructural, pero merecen una revisión y estudio respectivo ya que pueden ser un riesgo para la estructura y para la seguridad de los peatones.

Para conocer el estado del puente y determinar su calidad, es necesario usar ensayos no destructivos para la evaluación periódica de los puentes, evitando ocasionar la interrupción de su servicio y de no afectar sus propiedades. [20]

#### **2.4.14 Evaluación de vibraciones por cargas peatonales**

Los puentes peatonales deben ser capaces de soportar cargas muertas y vivas que satisfagan el estado límite último y el de servicio. [24] Por lo que la precisión de la estimación de la capacidad de servicio de la vibración es importante para diseñar puentes peatonales mediante el modelado adecuado de la estructura y el modelado apropiado de las cargas humanas que actúan sobre ella. Gracias al desarrollo de métodos de elementos finitos se pueden obtener modelos estructurales refinados con mayor facilidad. [25]



#### **2.4.15 Ciudadela Leonor Aguilar susceptible a inundaciones**

Machala al encontrarse en el perfil costanero contiene zonas que son susceptibles a inundaciones, las cuales se encuentran ubicadas en las riberas de los principales ríos y canales de la ciudad, cuyas inundaciones también pueden ser provocadas por intensas lluvias o fenómenos externos como lo es el fenómeno cíclico del niño, es por ello que el estero el macho se encuentra en constante peligro, así como sus moradores y sitios aledaños. Se precisa que si la situación es conocida se puede llegar a tener enfoques orientados para el desarrollo urbano controlado de la ciudad, preservando la seguridad de las personas que buscan un lugar para vivir como lo es en este caso la Ciudadela Leonor Aguilar Canessa, que ha sido fundada con el fin de albergar a las personas que se encontraban en constante peligro viviendo en las riberas del estero. Cabe destacar que “los desastres en las ciudades son un proceso social y dinámico, en donde la magnitud del hecho dependerá estrictamente en la forma que la ciudad se prepare”. [26] [27]

“La degradación de los cauces hídricos es uno de los principales problemas que tiene el cantón, la ausencia de equipos para el proceso de los efluentes hace que sus aguas sean liberadas directamente a los esteros: El Macho, Cazacamarones, Nuevo Pilo y Hualá”. [27]

#### **2.4.16 Aumento de peatones que viajan a la cabecera urbana de la ciudad de Machala y su afectación por motivos del COVID19.**

Gran parte de los moradores de sector son de escasos recursos por lo cual se ven obligados a buscarse la vida de cualquier forma, dada la situación económica actual que se encuentra atravesando el mundo debido al Coronavirus o también llamado COVID 19, sus ingresos se han visto reducidos considerablemente, la aislación social y el temor al contagio que presentan los ciudadanos se ven negadas las puertas para empleos para muchas personas es por ello que “hemos sido atestiguaste de una creatividad inimaginable que se socializa y se expande” en todos los países sin importar idioma o religión, todos se encuentran unidos indirectamente por la misma causa. La necesidad de salir y comunicarse con el casco urbano de la ciudad es cada día mayor y por ende el uso de un puente peatonal es más indispensable. [28]

La tecnología se ha convertido en algo indispensable en la actualidad, el servicio a internet sería considerado en un futuro como servicio básico, el virus ha venido para quedarse de eso estamos seguros, la situación nos obligó a cambiar nuestra forma de vida que teníamos, sin embargo, nos ayudó a descubrir nuevas habilidades de emprendimiento tanto como a individuos y comunidades. [28]

### **3. PROCESO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Metodología**

El Estudio del presente proyecto se desarrolla a partir de un examen visual por parte de quien realiza el análisis del caso de estudio, este análisis abarca criterios de evaluación que permitirán determinar la solución al problema, considerando que la infraestructura actual representa un riesgo para los peatones que a diario lo cruzan y la importancia de la implementación de una superestructura segura con el objeto de brindar una mejor calidad de vida a los habitantes y reducir el porcentaje de riesgo que a diario los tensiona.

El presente trabajo se desarrolla a partir de investigaciones precedentes en la que se requiere abundar de acuerdo al objeto de estudio mediante fuentes bibliográficas, documentos que realicen similar estudio y en lo mayor posible con hechos antecedentes, normativas que rigen en nuestro País y normativas estandarizadas a nivel Internacional.

Un estudio para la implementación de una estructura en sitio siempre requiere una previa investigación de campo, de la que se obtendrá información necesaria para el diseño en oficina. Dicha información da paso al uso de métodos y criterios de diseño según el tipo de estructura a implementarse. En este caso se utiliza el Método de diseño por cargas de servicio, mediante el control de esfuerzos permisibles por la normativa.

#### **3.2 Proceso de recolección de datos**

Se ha realizado la gestión de solicitud de información del lugar en el GAD Machala con un resultado positivo. La información pertinente se encontrará en anexos.

Se ha realizado un recorrido a lo largo del estero El Macho para evaluar la necesidad que tienen los moradores con respecto al tema a tratarse, el diseño de un puente peatonal.

Se ha procedido a la medición ancho, del canal en la ubicación pertinente de la Ciudadela Leonor Aguilar Canessa.

Se ha realizado una investigación exhaustiva para obtener cota de espejo de agua con respecto al nivel del terreno natural para el correcto dimensionamiento de la viga.

### **3.1 Especificaciones técnicas de diseño.**

#### **3.1.1 NORMA NTE INEN 2246: accesibilidad de las personas al medio físico.**

##### **Cruces peatonales a nivel y a desnivel. [28]**

- Los cruces peatonales deben estar libres de obstáculos en todo su ancho mínimo y desde el nivel de su piso hasta un plano paralelo a él ubicado a una altura mínima de 2200 mm.
- Todo elemento vertical (mobiliario, urbano, vegetación, publicidad, entre otros) que pueda constituirse en barrera de circulación se podrá colocar a partir de 300 mm de los extremos del paso.
- En los cruces peatonales a nivel se recomienda no exceder de una pendiente longitudinal del 2%.
- Los cruces peatonales deben tener un ancho mínimo, libre de obstáculos, de 1200 mm.

#### **3.1.2 NORMA NTE INEN 2245: accesibilidad de las personas al medio físico.**

##### **Rampas. [27]**

El diseño de una rampa debe contemplar el espacio de circulación constituido por:

- el ancho libre de paso
- altura libre de paso

Para el caso del uso de la rampa de personas con movilidad reducida debe tomarse en cuenta las áreas de maniobra

- La longitud horizontal máxima de una rampa menor o igual al 8% de pendientes debe ser hasta 10000 mm y para rampas del 12% de pendiente debe ser hasta 3000 mm, al cumplir estas condiciones se debe incorporar descansos.
- La distancia mínima libre de circulación entre pasamanos debe ser de 1200 mm.

##### **Pendientes longitudinales**

Se establecen los siguientes rangos de pendientes longitudinales máximas para los tramos de rampa entre descansos, en función de la extensión de los mismos, medidos en su proyección horizontal.

- hasta 10 metros: 8%
- hasta 2 metros: 12%
- hasta 3 metros: 12% en construcciones existentes

## Características generales

Toda rampa debe llevar pasamanos de acuerdo con el NTE INEN 2244

Excepto cuando la rampa salva una altura de hasta 200 mm, pero deberá contar con un bordillo lateral de seguridad de acuerdo con NTE INEN 2244.

### **3.1.3 NEC NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. Accesibilidad universal (AU).** [29]

Pasillos, corredores y aceras

- Ancho mínimo de circulación, libre de obstáculos, igual a 1200 mm. Para especificaciones técnicas adicionales.
- Altura máxima de desnivel entre acera y calzada igual a 200 mm. Para especificaciones adicionales, remitirse a la NTE INEN 2855

Cruces y pasos peatonales

- Cuando se prevé la circulación simultánea, de dos sillas de ruedas, dos personas con andador, dos coches livianos de transporte de objetos o sus combinaciones, el ancho mínimo libre de obstáculos será de 1800 mm. Para especificaciones técnicas adicionales, remitirse a la NTE INEN 2247
- La superficie será Antideslizante en seco y mojado
- La superficie se encontrará libre de piezas sueltas y de irregularidades debidas al uso del material con defectos de fabricación y/o colocación.

Mobiliario Urbano

- Las barandillas deben ser un antepecho a media altura formado por una o varias secciones, cuyo borde inferior debe estar a una altura máxima, de 100 mm y borde superior con una altura mínima de 1000 mm.

## **3.2 Consideraciones de diseño**

Una de las principales consideraciones para diseñar un puente es la altura que tendrá el mismo, para ello se ha investigado más a fondo sobre “el fenómeno el niño que se presenta cada año con aumento de caudales para períodos de retorno de 5 y 100 años de 9.132 m<sup>3</sup>/s y 17.647 m<sup>3</sup>/s respectivamente”. [30]

- El nivel medio de las aguas en el canal no desciende a menos de 1 m
- Caudal mínimo de diseño 0.373 m<sup>3</sup> /s
- Caudal máximo en días que no presentan precipitaciones 3.125

Cotas pertenecientes a la Ciudadela Leonor Aguilar donde se implantará el proyecto.[30]

- cota perfil terreno: 3.60 m
- cota del espejo de agua max: bajamar 2.12 m
- libre en baja mar:  $3.6-2.12=1.48$  m
- cota espejo de agua max: alta mar 2.49 m
- libre en alta mar:  $3.6-2.49=1.11$ m
- cota de fondo: 0

Como segundo punto se tiene la distancia que se pretende cubrir con la fabricación de la estructura para lo cual se ha considerado 20.40 metros.

### **Peralte mínimo**

La normativa AASHTO nos indica para puentes peatonales la fórmula es:

$$H_{min} = 0.0033 * L$$

La humedad relativa de la ciudad de Machala es 75%. [31]

## 4. RESULTADOS

### Diseño de viga prefabricada

En el siguiente corte transversal se muestra la sección de la viga doble T con sus respectivos aceros y dimensiones que fue diseñada y analizada por el autor, cumpliendo las especificaciones técnicas y parámetros establecidos, así mismo los planos detallados se encontrarán en la sección de anexos.

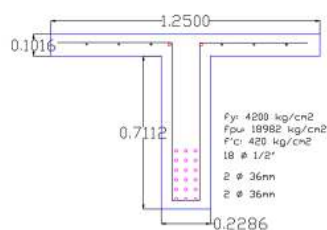


Figura 1 Dimensiones de la viga para su respectivo análisis (elaboración propia)

### Cálculo de cargas por peso propio, sobrecarga y viva

Para un adecuado análisis, se tiene que tener énfasis a esta parte y la habilidad del diseñador en estimar sus cargas son la parte fundamental del análisis, un incorrecto análisis de cargas puede llevar a presentar daños a la estructura irreparables e incluso el colapso, para la sección analizada tenemos para **peso propio un valor de 19.752 kN/m**, para **sobrecarga 3.917 k/m** y para **carga viva 10.5 kN/m**.

### Cálculo de esfuerzos para en centro y extremo del elemento

El cálculo de esfuerzos tanto para la fibra superior como inferior viene dado por la siguiente fórmula, respectivamente se procederá a verificar los esfuerzos máximos permisibles que se encuentran en el ACI 318-14.

#### Centro

$$f_{sup} = \left( -\frac{P}{A} + \frac{P * e * c}{I} - \frac{M * c}{I} \right)$$

$$f_{inf} = \left( -\frac{P}{A} - \frac{P * e * c}{I} + \frac{M * c}{I} \right)$$

#### Extremo

$$f_{sup} = \left( -\frac{P}{A} + \frac{P * e * c}{I} \right)$$

$$f_{inf} = \left( -\frac{P}{A} - \frac{P * e * c}{I} \right)$$

Para lo cual tenemos los siguientes resultados:

### **Fuerza de preesfuerzo inicial $P_i$**

Es la fuerza que resulta de la multiplicación de la sumatoria de los cables a analizar por la fluencia de acero de preesfuerzo inicial, como resultado tenemos: 843.696 kip.

### **Excentricidad $e$**

Distancia medida desde el eje neutro hasta el centroide del cable a utilizar, en caso de que se tenga más capas de acero se procederá a calcular el centro del número de capas, mantiene un papel muy importante en el cálculo de esfuerzos, su variación puede significar grandes cambios en resultados, como resultado a este valor tenemos 14.76 in.

### **Torón**

Cable de acero entrelazado por 7 hilos que tienen una gran resistencia a la fluencia, sus dimensiones varían desde los  $\frac{3}{4}$  hasta los  $\frac{7}{8}$ , como resultado tenemos un valor de 7/8 in con un área de 0.217 in<sup>2</sup>.

### **Cálculos de esfuerzos en Obra y Servicio**

Esfuerzos a los extremos producidos en Obra para la fibra superior es: 0.343 Ksi

Esfuerzos a los extremos producidos en Obra para la fibra inferior es: -2.269 Ksi

Esfuerzos al centro producidos en Obra para la fibra superior es: -0.728 Ksi

Esfuerzos al centro producidos en Obra para la fibra inferior es: -0.263 Ksi

Esfuerzos a los extremos producidos en Servicio para la fibra superior es: 0.343 Ksi

Esfuerzos a los extremos producidos en Servicio para la fibra inferior es: -2.269 Ksi

Esfuerzos al centro producidos en Servicio para la fibra superior es: -1.689 Ksi

Esfuerzos al centro producidos en Servicio para la fibra inferior es: 1.537 Ksi

### **Verificación de las tensiones admisibles**

El código ACI 318-14 nos dice que:

Esfuerzos límites a compresión del elemento

Esfuerzo en la fibra extrema a compresión debido al presforzado y a las cargas permanentes en el tiempo .....0.45\*f'c

Esfuerzo en la fibra extrema en compresión debida al preesfuerzo y a todas las cargas es igual a .....0.6\*f'ci

## 5. CONCLUSIONES

- Los esfuerzos se encuentran dentro de los límites admisibles que están estipulados en el ACI, teniendo un diseño seguro.
- Las pérdidas de preesfuerzo calculadas se encuentran adecuadas
- La seguridad ciudadana mejorará significativa con la construcción de la obra de un puente peatonal a nivel, no solamente se ve aumentado estilo de vida, ya no existirá peligro al momento de cruzar el estero, teniendo en cuenta que no existe un puente y ellos hacen uso de un puente provisional, las personas discapacitadas tendrán la confianza necesaria para salir y hacer uso del puente sin riesgo a caídas u otro factor que le impida movilizarse, así mismo la implantación de rampas para las personas minusválidas, no existirá miedo a la inestabilidad del talud, la obra no solamente beneficia a la ciudadela, es un pequeño pero necesario para el avance de las nuevas generaciones, la obra quedará planteada para que en un futuro se pueda apreciar un malecón.
- El peralte de la viga se ha encontrado limitado por su cauce en horas pico teniendo valores de 1.48 m libres medidos desde el espejo de agua máximo hasta el nivel de la vía, para lo cual se ha visto la necesidad de aumentar esta distancia que los separa incrementando un 0.24 m en vertical, teniendo así 1.72m de los cuales se restará el peralte de la viga de 0.76 m y dejando 0.96 m libres.
- La fase de legislación de tierras se encuentra en proceso, pero los escasos recursos de los moradores hacen que no se avance progresivamente, tal así que, de 195 predios que fueron designados solamente 41% tiene escrituras el 59% aún se mantiene en fase de legislación.
- La viga al no tener soportes intermedios (pilas) evita la acumulación de escombros permitiendo una fluidez de su caudal.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

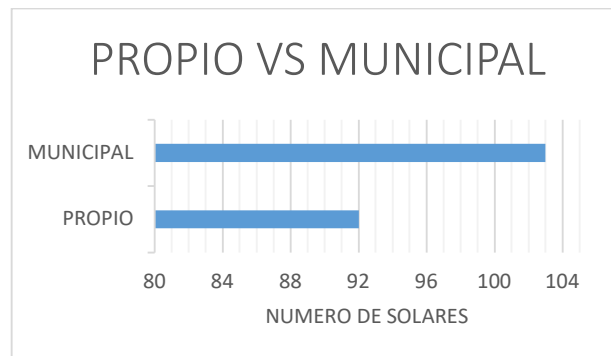
- [1] B. G.L, F. G, and K. T, "Reinforced and prestressed concrete bridges." pp. 213–246, 2016.
- [2] P. R. Anciaes and P. Jones, "Estimating preferences for different types of pedestrian crossing facilities," *Transp. Res. Part F Psychol. Behav.*, vol. 52, pp. 222–237, 2018.
- [3] W. L. A. Gallegos, "Motivos del desuso de puentes peatonales en Arequipa Motives of disuse of pedestrian bridges in Arequipa," *Rev. Cuba. Salud Pública*, vol. 38, no. 1, pp. 84–97, 2012.
- [4] X. Zhou, J. Di, and X. Tu, "Investigation of collapse of Florida International University ( FIU ) pedestrian bridge," *Eng. Struct.*, vol. 200, no. 1, 2019.
- [5] L. Anania, A. Badalà, and G. D. Agata, "Damage and collapse mode of existing post tensioned precast concrete bridge : The case of Petrulla viaduct," *Eng. Struct.*, vol. 162, no. 1, pp. 226–244, 2018.
- [6] P. Xméinryi and M. Vody, "Development of precast concrete bridges during the last 50 years in," *Procedia Eng.*, vol. 192, pp. 75–79, 2017.
- [7] Diario Correo, "Ciudad de Machala," *Gobernadora mantuvo diálogo con moradores de la Urb. Leonor Aguilar Canessa*, 2018. [Online]. Available: <https://www.diariocorreo.com.ec/15641/ciudad/gobernadora-mantuvo-dialogo-con-moradores-de-la-urb-leonor-aguilar-canessa>.
- [8] E. Clemencia and R. Diana, "Las preguntas por la calidad de la vivienda : ¿ quién las hace ?, ¿ quién las responde ?," *DEARRQ Rev. Arqut.*, no. 6, pp. 6–19, 2010.
- [9] R. Lacroix and A. Fuentes, *Hormigón Pretensado: Concepción, calculo, Ejecución*. 1978.
- [10] C. Macleod, "Los estándares como instrumentos políticos: ciencia y Estado franquista a finales de los años cincuenta," *EMPIRIA*, no. 18, pp. 85–114, 2009.
- [11] G. M. M. Nodarse, "El desafío de la gestión del riesgo de desastre en la sostenibilidad de asentamientos costeros," *Arquit. y Urban.*, vol. XLI, no. 2, 2020.
- [12] NAD Noticias al Día, "Censo en barrios beneficiarios de la ciudad de Machala," 2019. [Online]. Available: <https://noticiasaldia24.com/municipio-de-machala-inicia-censo-en-barrios-beneficiados-con-1-10-m2-de-terreno/>.
- [13] Alcandía de Machala, "Barrios Beneficiados," *Aprobada ordenanza que fija en \$ 1.10 m2 en terrenos de 34 barrios de Machala*, 2019. [Online]. Available: <https://www.machala.gob.ec/news/aprobada-ordenanza-que-fija-en-1-10-m2-en-terrenos-de-34-barrios-de-machala/>.
- [14] AASHTO-LRFD, "Puentes con Aashto-Lrfd 2014 (7th Edition)." 2016.

- [15] A. Sánchez *et al.*, “Análisis de Interacción Humano- Estructura en Puentes Peatonales De Santiago De Cali,” *Dyna Univ. Nac. Colomb.*, vol. 80, no. 177, 2013.
- [16] R. R. Díaz, Y. G. Breto, H. P. Lecusay, and E. C. Méndez, “Evaluación de un puente de vías férrea mediante ensayos estructurales y modelación computacional,” *Obras y Proy.*, no. 18, pp. 32–43, 2015.
- [17] ACI, “Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14).” p. 38, 2015.
- [18] NTC, “Normas técnicas complementarias para el Diseño y construcción de estructuras de concreto.” p. 210, 2017.
- [19] American Association of State Highway Officials, “Standard Specifications for Highway Bridges.” 1973.
- [20] E. G. D, O. N. F, and F. D. H, “Metodologías para localización de daño en vigas de hormigón pretensado,” *Rev. ALCONPAT*, vol. 7, no. 3, pp. 262–273, 2017.
- [21] P. H. C. D. E. Lyra, A. T. Beck, and F. R. Stucchi, “Reliability analysis of a prestressed bridge beam designed in serviceability limit state as recommended by NBR 6118 and 7188,” *Rev. IBRACON estruturas e Mater.*, vol. 13, no. 2, pp. 380–388, 2020.
- [22] G. Tiwari, “Progress in pedestrian safety research,” *Rev. Int. J. Inj. Control Saf. Promot.*, vol. 27, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [23] L. Márquez, “Análisis de la percepción de seguridad en puentes peatonales: una aproximación mediante modelación híbrida,” *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 14, no. 27, pp. 93–110, 2015.
- [24] H. I. Francisco and H. Hugo, “Control pasivo de vibraciones verticales inducidas por personas en puentes peatonales,” *Ing. Investig. y tecnología*, vol. XXI, no. 2, pp. 1–14, 2020.
- [25] S. Yin, “Vibration assessment of a simply supported footbridge under discrete pedestrian loading,” *J. Chinese Inst. Eng.*, vol. 40, no. 6, pp. 503–513, 2017.
- [26] A. Echeverr, “Resiliencia urbana ante inundaciones por intensas lluvias en contribución al desarrollo urbano equilibrado,” *Arquit. y Urban. Resiliencia*, vol. XXXIX, no. 1, pp. 39–50, 2018.
- [27] Instituto Ecuatoriano de Normalización, *NTE INEN 2245: Accesibilidad de las personas al medio físico. Rampas*. 2016.
- [28] M. R. M. Tuma, “Arquitectura y Urbanismo en tiempos de pandemia,” *Arquit. y Urban.*, vol. XLI, no. 2, p. 03, 2020.
- [29] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, *NEC-HS-AU: Accesibilidad Universal (AU)*. 2019.

- [30] J. Cuenca, "Modelización Hidráulica para la Mitigación del Riesgo por Inundación. Caso de estudio: Canal El Macho.," 2019.
- [31] Municipalidad de Machala, *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Machala*. 2018.
- [32] "Alcaldía de Machala," 2020. [Online]. Available: <https://www.machala.gob.ec/>.

## 7. ANEXOS

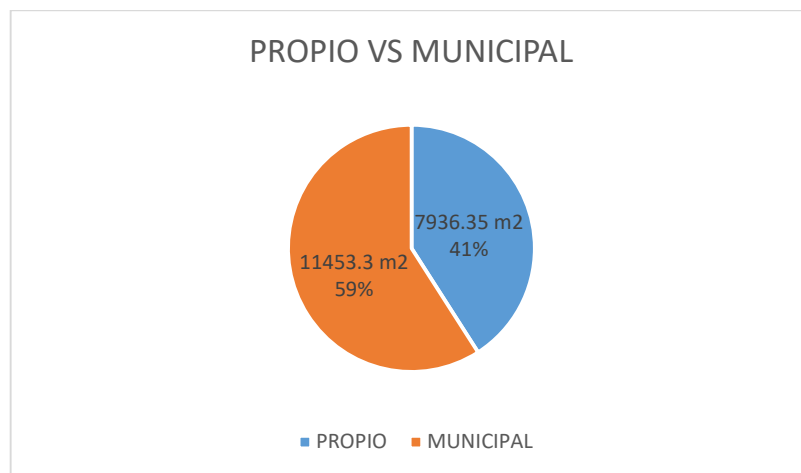
Gráfico 1. Proceso de legalización de escrituras



Fuente: Municipalidad de Machala [32]

El proceso de legislación de tierra se encuentra avanzando lentamente desde su apertura, el municipio ha dado facilidades de pago para que puedan obtener sus escrituras, pero la condición actual de los moradores no les ha permitido concluir el trámite.

Gráfico 2. Gráfico comparativo entre el porcentaje de área legalizada y por legalizar



Fuente: Municipalidad de Machala [32]

Proceso comparativo de áreas de terreno perteneciente al Municipio de Machala donde se visualiza un proceso pausado.

Figura 2. Solicitud para obtener información del Municipio de Machala



Fuente: Propia

Para obtener una información verídica se procedió a realizar una solicitud al departamento de planificación urbana del Municipio de Machala.

Figura 3. Medición del ancho del estero



Fuente: autor

Medición de la sección transversal del estero que se analizó para su implantación

Figura 4. Puente provisional de empresa privada aledaña.



Fuente: Autor

Se puede apreciar las condiciones en las que se encuentra el único acceso que tienen los moradores para acceder a sus hogares.

Figura 5. Vista general a lo largo del estero



Fuente: Autor

Vista de las condiciones que se encuentra el estero actualmente

## CÁLCULOS PARA LA ESTIMACION DE LA SOBRECARGA

### CUBIERTA

$$area_{cub} = 66.78 \text{ m}^2 \quad e = 10 \text{ mm} \quad \gamma_{policarbonato} = 12 \text{ kN/m}^3$$

$$W_{cub} = 8.014 \text{ kN}$$

### CERCHA

$$area = 0.00113 \text{ m}^3 \quad L = 7.64 \text{ m} \quad \gamma = 0.88 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\#Cerchas = 8$$

$$W_{cercha} = \# * L * \gamma$$

$$W_{cercha} = 53.786 \text{ kg}$$

$$W_{cercha} = 53.786 * 9.81 = 0.527 \text{ kN}$$

### PERFILES METALICOS LONGITUDINALES

#### - CUBIERTA

$$area = 0.000354 \text{ m}^2 \quad L = 20.40 \text{ m} \quad \#rieles = 5 \quad \gamma = 0.027 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_{total} = \#rieles * L = 102 \text{ m}$$

$$W_{rieles} = 2.751 \text{ kN}$$

#### - COLUMNAS METALICAS

$$area = 0.000574 \text{ m}^2 \quad L = 2.5 \text{ m} \quad \#columnas = 16 \quad \gamma = 4.52 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$L_{total} = \#columnas * L = 40 \text{ m}$$

$$V_c = 40 * 4.52 = 180.8 \text{ kg}$$

$$W_{columnas} = 180.8 * 9.81 = 1.773 \text{ kN}$$

#### - BARANDAS

##### Panel de cristal

$$area = 2.7 \text{ m}^2 \quad e = 2 \text{ mm} \quad \gamma = 26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_{pan} = 0.14 \text{ kN}$$

##### Parantes o apoyos

$$area = 0.00072 \text{ m}^2 \quad h = 1.1 \text{ m} \quad \gamma = 27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \#Parantes = 3$$

$$W_{par} = 0.064 \text{ kN}$$

$$W_{pas} = W_{par} + W_{pan}$$

$$W_{pas} = 0.14 + 0.064 = 0.205 \text{ kN} \quad \#barandas = 16$$

$$W_{bar} = 3.273 \text{ kN}$$

### CAPA DE RODADURA

$$b = 2.5 \text{ m} \quad h = 5 \text{ cm} \quad \gamma = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad a = 0.125 \text{ m}^2$$

$$W_{capa} = 2.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### PESO PROPIO DE LA VIGA

$$area = 0.602 \text{ m}^2 \quad \gamma = 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_{viga} = 14.448 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### CARGA MUERTA LINEAL

$$L = 20.40 \text{ m}$$

$$W = W_{cub} + W_{cercha} + W_{rieles} + W_{columnas} + W_{bar}$$

$$W = 16.338 \text{ kN}$$

$$\frac{W}{L} = \frac{16.338}{20.40} = 0.801 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### SUMATORIA DE CARGAS

$$LDp = 14.448 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$LDsc = W_{capa} + Wl = 3.051 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### CARGA VIVA LINEAL

$$b = 2.5 \text{ m}$$

$$LL = 4.71 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$LL = 11.775 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

### RESUMEN DE CARGAS

#### Cargas en planta

$$LDp = 14.448 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

#### Sobre carga

$$LDsc = 3.051 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



### Carga viva

$$LL = 11.775 \frac{kN}{m}$$

### **Análisis de la superestructura**

Adaptación de las unidades al sistema ingles

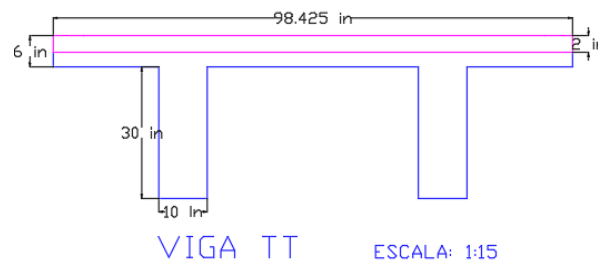
LDp=0.99 kip/ft

LDsc=0.21 kip/ft

LL=0.81 kip/ft

### **Dimensiones de la estructura**

Longitud del puente=66.93 ft



Eje neutro=  $C_2=22.17$  in

$C_1=11.83$  in

$A= 933.7$  in<sup>2</sup>

$I= 106828.6125$  in<sup>4</sup>

Para un recubrimiento de 1.57 in y 5 capas de torones tenemos una excentricidad de 15.52 in.

Cálculo de la fuerza de presfuerzo inicial, asumiendo 15 torones distribuidos en 5 capas

Resistencia del hormigón:  $f'_c=6$  ksi

Límite de fluencia del acero=  $f_{pu}=270$  ksi

# de torones Asumidos: 15

Área transversal del torón: 0.153 in<sup>2</sup>

Fuerza de preesfuerzo inicial:  $P=0.8 * f'_c * A_s * \#t = 495.72$  kip

Cálculo de momentos para el cálculo de esfuerzos en fibras inferiores y superiores para los distintos estados.

$$\frac{P * e * c_1}{I} = 0.83 \text{ ksi}$$

$$\frac{P * e * c_2}{I} = 1.46 \text{ ksi}$$

$$\frac{M_{pp} * c1}{I} = 0.83 \text{ ksi}$$

$$\frac{M_{pp} * c2}{I} = 1.53 \text{ ksi}$$

$$\frac{M_{cm} * c1}{I} = 0.18 \text{ ksi}$$

$$\frac{M_{cm} * c2}{I} = 0.33 \text{ ksi}$$

$$\frac{M_{cv} * c1}{I} = 0.961 \text{ ksi}$$

$$\frac{M_{cv} * c2}{I} = 1.800 \text{ ksi}$$

Esfuerzos sin pérdidas

Planta

Extremo superior

$$f_{sup} = \left( -\frac{P}{A} + \frac{P * e * c1}{I} \right) = 0.343 \text{ ksi}$$

Extremo inferior

$$f_{inf} = \left( -\frac{P}{A} - \frac{P * e * c1}{I} \right) = -2.269 \text{ ksi}$$

Centro superior

$$f_{sup} = \left( -\frac{P}{A} + \frac{P * e * c1}{I} - \frac{M_{pp} * c1}{I} \right) = -0.542 \text{ ksi}$$

Centro inferior

$$f_{inf} = \left( -\frac{P}{A} - \frac{P * e * c1}{I} + \frac{M_{pp} * c2}{I} \right) = -0.613 \text{ ksi}$$

Obra

Extremo superior

$$f_{sup} = \left( -\frac{P}{A} + \frac{P * e * c1}{I} \right) = 0.343 \text{ ksi}$$

Extremo inferior

$$f_{inf} = \left( -\frac{P}{A} - \frac{P * e * c1}{I} \right) = -2.269 \text{ ksi}$$

Centro superior

$$f_{sup} = \left( -\frac{P}{A} + \frac{P * e * c1}{I} - \frac{M_{pp} * c1}{I} - \frac{M_{cm} * c1}{I} \right) = -0.728 \text{ ksi}$$

Centro inferior

$$f_{inf} = \left( -\frac{P}{A} - \frac{P * e * c1}{I} + \frac{M_{pp} * c2}{I} + \frac{M_{cm} * c2}{I} \right) = -0.263 \text{ ksi}$$

Servicio

$$f_{sup} = \left( -\frac{P}{A} + \frac{P * e * c1}{I} \right) = 0.343 \text{ ksi}$$

Extremo inferior

$$f_{inf} = \left( -\frac{P}{A} - \frac{P * e * c1}{I} \right) = -2.269 \text{ ksi}$$

Centro superior

$$f_{sup} = \left( -\frac{P}{A} + \frac{P * e * c1}{I} - \frac{M_{pp} * c1}{I} - \frac{M_{cm} * c1}{I} - \frac{M_{cv} * c1}{I} \right) = -1.689 \text{ ksi}$$

Centro inferior

$$f_{inf} = \left( -\frac{P}{A} - \frac{P * e * c1}{I} + \frac{M_{pp} * c2}{I} + \frac{M_{cm} * c2}{I} + \frac{M_{cv} * c2}{I} \right) = 1.259 \text{ ksi}$$

### Control de esfuerzos permisibles

Después de la aplicación del presfuerzo a compresión a los extremos =  $0.7 * f'c$

Después de la aplicación del presfuerzo a compresión al centro =  $0.45 * f'c$

Después de la aplicación del presfuerzo a tracción a los extremos =  $0.5 * (f'c)^{0.5}$

Límite para los esfuerzos a compresión bajo cargas de servicio  $0.6 * f'c$

$f'c$  en Mpa

Realizando la conversión de unidades para aplicar las condiciones tenemos:

Compresión a los extremos después de la aplicación:

$$f'c = 6 \text{ ksi} = 41 \text{ Mpa}$$

$$-2.27 \text{ ksi} = 15.62 \text{ Mpa} < 0.7 * f'c = 0.7 * 0.8 * 41 = 22.96 \text{ Mpa}$$

Compresión a los extremos después de la aplicación:

$$-0.26 \text{ ksi} = 1.79 \text{ Mpa} < 0.45 * f'c = 18.45 \text{ Mpa}$$

Tracción a los extremos

$$0.343 \text{ ksi} = 2.365 \text{ Mpa} < 0.5 * (f'c)^{0.5} = 2.864 \text{ Mpa}$$

Compresión bajo cargas de servicio

$$\text{fibra sup: } -1.689 \text{ ksi} = 11.645 \text{ Mpa} < 0.6 * f'c = 24.6 \text{ Mpa}$$

fibra inf:  $1.259 \text{ ksi} = 8.61 \text{ Mpa}$ , necesita acero corrugado para que ayude a contrarrestar los esfuerzos.

## Diseño a flexión

Donde:

$$\text{Modulo sección: } I/(S_b \text{ o } C_2) = 106828.6125 \text{ in}^4 / 22.17 \text{ in} = 4818.611 \text{ in}^3$$

$$f_s = 1.259 \text{ klb/in}^2$$

Momento producido por el esfuerzo excedente:

$$M = S_b * f_s = 1.259 \text{ klb/in}^2 * 4818.611 \text{ in}^3 = 6067.65 \text{ klb*in}$$

$$R_u = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{7406.205 \text{ klb} * \text{in}}{0.9 * 9 \text{ in} * (29.35 \text{ in})^2} = 0.8696 \text{ klb/in}^2$$

Cálculo de cuantía de acero

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * R_u}{0.85 f'_c}} \right)$$

$$\rho = \frac{0.85 * 6}{60} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 1.0615}{0.85 * 6}} \right) = 0.016$$

$$A_s = \rho * b_w * d_p = 0.016 * 9 \text{ in} * 29.35 \text{ in} = 4.283 \text{ in}^2 \text{ o } 24 \text{ cm}^2$$

$$\text{Numero de varillas solicitantes} = 4 * (3.1415 * (2.8)^2 / 4) = 24.63 \text{ cm}^2 \rightarrow 4\emptyset 28 \text{ mm}$$

Área mínima ACI 318 -14

$$f'_c = 6 \text{ ksi} = 420 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 9 \text{ in} = 22.86 \text{ cm}$$

$$d_p = 74.57 \text{ cm}$$

**Revisión de que nuestra viga trabaja como viga rectangular**

Se puede determinar el momento nominal generado por el patín, para revisión de cómo actúa nuestra viga.

$$\phi M_n = \phi (0.85 * f'_c) b * h_f \left( \frac{d - h_f}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0.9 * (0.85 * 6) * 49.21 * 4 \left( \frac{29.35 - 4}{2} \right) = 11451.806 \text{ klb} * \text{in} = 954.31 \text{ klb} * \text{ft}$$

$$\phi M_n = 954.31 \text{ klb} * \text{ft} = 131.94 \text{ t} - \text{m}$$

$$M_u = 105.67 \text{ t} - \text{m}$$

Si  $\phi M_n > M_u$ , ok

La viga T se comporta como una sección rectangular ok

### Segunda revisión del comportamiento de la viga

$$M_u = 1.2 LD + 1.6 LL$$

$$\phi = 0.9$$

$$f_{pe} = 0.55 * f_{pu} = 148.5 \text{ ksi}$$

Calcular  $W_p$

$$z = \frac{M_u}{\phi * b * f'_c * dp^2}$$

$$W_p = \frac{1 - \sqrt{1 - 4 * 0.59 * z}}{2 * 0.59} = 0.04$$

$W_p$  max

$$\beta = 0.85 - 0.05(f'_c - 4)$$

$$\beta = 0.85 - 0.05(6 - 4) = 0.75$$

$$W_{max} = \frac{0.319 * \beta * bw}{b} + \frac{0.85 * (b - bw) * hf}{b * dp}$$

$$W_{max} = 0.14$$

$$W_{max} > W_p$$

$$0.14 > 0.04 \quad \text{ok}$$

¿Viga T o Rectangular?

$$hf = 4 \text{ in}$$

Si  $c < hf$  Comportamiento de Viga rectangular

Si  $c > hf$  Comportamiento de Viga T

$$c = \frac{1.18 * W_p * dp}{\beta} = \frac{1.18 * 0.04 * 29.35}{0.75} = 1.9 \text{ in}$$

$$c < hf$$

$$1.9 \text{ in} < 4 \text{ in} \text{ ok}$$

### Chequeo de numero de torones

$$Tnp = Wp * dp * b * f'c$$

$$Tnp = 0.04 * 29.35 * 49.2125 * 6 = 346.65$$

No tendones adheridos

$$fps = fpe + 15$$

$$fps = 148.5 \text{ ksi} + 15 = 163.5 \text{ ksi}$$

$$Aps = Tnp / fps = 346.65 / 163.5 = \mathbf{2.12 \text{ in}^2}$$

$$\# \text{tendones} = Aps / At = 2.12 / 0.153 = 14.113 \text{ tendones}$$

#tendones finales = 15 de 1/2" en 3 capas.

$$fps < fpu$$

$$163.5 \text{ ksi} < 270 \text{ ksi ok}$$

### Diseño a Corte

Comprobación del ancho del patín

$$b \leq \frac{L}{4} \quad 125 \text{ cm} \leq \frac{2000 \text{ cm}}{4} = 500 \text{ cm ok}$$

$$\frac{b - bw}{2} \leq 8 * hf \quad \frac{125 \text{ cm} - 22.86 \text{ cm}}{2} \leq 8 * 10.16 \text{ cm} = 51.07 \text{ cm} \leq 81.28 \text{ cm ok}$$

$$\frac{b - bw}{2} \leq \frac{L1}{2} \quad \frac{125 \text{ cm} - 22.86 \text{ cm}}{2} \leq \frac{125 \text{ cm}}{2} = 51.07 \text{ cm} \leq 62.5 \text{ cm ok}$$

$$b = 51.07 \text{ cm} \quad bw = 22.86 \text{ cm}$$

Localización de la zona critica

$$x = \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{dp}{12}\right)$$

$$x = \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{29.35}{12}\right) = 1.22 \text{ ft}$$

Carga ultima incluyendo peso propio

$$Wu = 1.2 \left( PP \frac{\text{kip}}{\text{ft}} + SC \frac{\text{kip}}{\text{ft}} \right) + 1.6 * \left( LL \frac{\text{kip}}{\text{ft}} \right) = 2736 \text{ lb}$$

$$W_u = 1.2 \left( 0.99 \frac{\text{kip}}{\text{ft}} + 0.21 \frac{\text{kip}}{\text{ft}} \right) + 1.6 * \left( 0.81 \frac{\text{kip}}{\text{ft}} \right) = 2736 \text{ lb}$$

Cortante último en la zona crítica

$$V_u = W_u * \left( \frac{L}{2} - x \right)$$

$$V_u = 2736 \text{ lb} * \left( \frac{66.929 \text{ ft}}{2} - 1.22 \text{ ft} \right) = 88220.952 \text{ lb}$$

Cortante nominal

$$V_n = \frac{V_u}{0.85}$$

$$V_n = \frac{88220.952 \text{ lb}}{0.85} = 103789.3553 \text{ lb}$$

Cortante por peso propio

$$V_n = \frac{V_u}{0.85}$$

$$V_n = \frac{88220.952 \text{ lb}}{0.85} = 103789.3553 \text{ lb}$$

Cortante por peso propio

$$V_D = W_D * \left( \frac{L}{2} - x \right)$$

$$V_D = 0.99 \frac{\text{kip}}{\text{ft}} * \left( \frac{66.929 \text{ ft}}{2} - 1.22 \text{ ft} \right) = 31922.055 \text{ lb}$$

Cortante factorizado sin incluir el peso propio

$$V_i = W_{u2} * \left( \frac{L}{2} - x \right)$$

$$W_{u2} = 1.2 \left( 0.21 \frac{\text{kip}}{\text{ft}} \right) + 1.6 * \left( 0.81 \frac{\text{kip}}{\text{ft}} \right) = 1548 \text{ lb}$$

$$V_i = * \left( \frac{L}{2} - x \right)$$

Momento máximo en la zona crítica

$$W_{max} = W_{u2} * \left( \frac{x}{2} \right) * (L - x) * 12$$

$$W_{max} = 1548 \text{ lb} * \left(\frac{1.22}{2}\right) * (66.929 - 1.22) * 12 = 744572.3342 \text{ lb} * \text{in}$$

Momento por peso propio en la zona critica

$$M_{d2} = W_D * \left(\frac{x}{2}\right) * (L - x) * 12$$

$$M_{d2} = 0.99 \text{ kip} * \left(\frac{1.22}{2}\right) * (66.929 - 1.22) * 12 = 476179.98 \text{ lb} * \text{in}$$

Esfuerzo de flexión generado por el peso propio

$$f_d = M_{d2} * Cb / I_c$$

$$f_d = 476179.98 \text{ lb} * \text{in} * \frac{22.17 \text{ in}}{106828.6125 \text{ in}^4} = 98 \text{ lb/in}^2$$

Esfuerzo de compresión después de pérdidas

$$f_{ce} = \left(\frac{Pe}{Ac}\right) * \left(1 + \left(e * \frac{Cb}{r^2}\right)\right)$$

$$Pe = 17\% * 528.77 \text{ ksi} = 438.8791 \text{ ksi}$$

$$Ac = 933.7 \text{ in}^2$$

$$Cb = C2 = 22.17 \text{ in}$$

$$r^2 = I/A = 114.412 \text{ in}^2$$

$$f_{ce} = \left(\frac{438.88 \text{ ksi}}{933.7 \text{ in}^2}\right) * \left(1 + \left(15.52 \text{ in} * \frac{22.17 \text{ in}}{114.412 \text{ in}^2}\right)\right) = 1883.63 \text{ lb/in}^2$$

Momento por flexión

$$M_{cr} = S_b * (6 * \sqrt{f'_c} + f_{ce} - f_d)$$

$$S_b = I/Cb = 106828.6125 / 22.17 = 4818.611$$

$$M_{cr} = 4818.611 \text{ in}^3 * \left(6 * \sqrt{6 \text{ ksi}} + 1883.63 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} - 98 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}\right) = 8675075.728 \text{ lb} * \text{in}$$

Resistencia a tensión diagonal 1

$$V_{cil} = 0.6 * \sqrt{f'_c} * b_w * dp^2 + V_d + \left(V_i * \frac{M_{cr}}{M_{max}}\right)$$

$$V_{cil} = 0.6 * \sqrt{6000} * 9 * 29.35 + 31922.3 + \left(1548 * \frac{8675075.728}{744572.3342}\right) = 62234.76 \text{ lb}$$



Resistencia a Tensión diagonal 2

$$V_{ci2} = 1.7 * \sqrt{f'c} * bw * dp$$

$$V_{ci2} = 1.7 * \sqrt{6 \text{ ksi}} * 9 \text{ in} * 29.35 \text{ in} = 1099950 \text{ lb}$$

Resistencia del concreto a la tensión diagonal

Si  $V_{ci1} \leq V_{ci2} \rightarrow V_{ci2}$

Si  $V_{ci1} \geq V_{ci2} \rightarrow V_{ci1}$

$$V_{ci} = 62234.76 \text{ lb}$$

Esfuerzo en el concreto después de perdidas

$$f_{pe} = P_e / A_c = 470 \text{ lb} / \text{in}^2$$

Cortante que admite el preesfuerzo

$$V_p = P_e * \left( \frac{em - ee}{L * \frac{12}{2}} \right)$$

$$V_p = 470 * \left( \frac{15.51 - 0}{66.93 * \frac{12}{2}} \right) = 18152.54 \text{ lb}$$

Resistencia del concreto a cortante en el alma

$$V_{cw} = (3.5 * \sqrt{f'c} + 0.3 * f_{pe}) * bw * dp + V_p$$

$$V_{cw} = (3.5 * \sqrt{6000} + 0.3 * 470) * 9 * 29.35 + 18152.54 = 127011.089 \text{ lb}$$

Resistencia a cortante del concreto

Si  $V_{ci} \leq V_{cw} \rightarrow V_{ci}$

Si  $V_{ci} \geq V_{cw} \rightarrow V_{cw}$

$$V_c = 127011.089 \text{ lb}$$

Resistencia del acero de refuerzo transversal

$$V_s = V_n - V_c$$

La capacidad del concreto para resistir el cortante producido por lo tanto no se requiere acero de refuerzo, Sin embargo, se colocará el mínimo.

Separación entre estribos en in

S= 24 in o 60.96 cm

### Área de refuerzo transversal Mínima (Estribos)

$$A_{min} = \frac{50 * b_w * s}{f_y}$$

$$A_{min} = \frac{50 * 9 * 24}{60000} = 0.175 \text{ in}^2$$

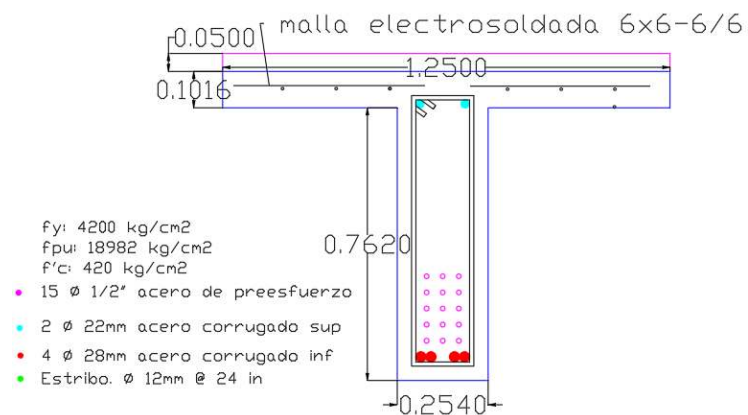
**Asmin=0.175 in<sup>2</sup> o 1.13 cm<sup>2</sup> = 1φ12 mm**

### Acero por temperatura

Puesto que no se requiere acero por cortante se colocará el acero mínimo para temperatura.

Asmin= 1.12cm<sup>2</sup>/m por lo que el alero se reforzará con malla electrosoldada 6x6-6/6 con As= 1.23 cm<sup>2</sup>/m.

### Detalle de la sección y colocación de aceros



Plano Arquitectónico, estructural y de señalización.

