



*Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Construcciones*

SOLUCIÓN CONCEPTUAL DE UN MODELO DE PASARELA PEATONAL PARA LA UNIVERSIDAD DE MATANZAS SEDE "CAMILO CIENFUEGOS"

Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil

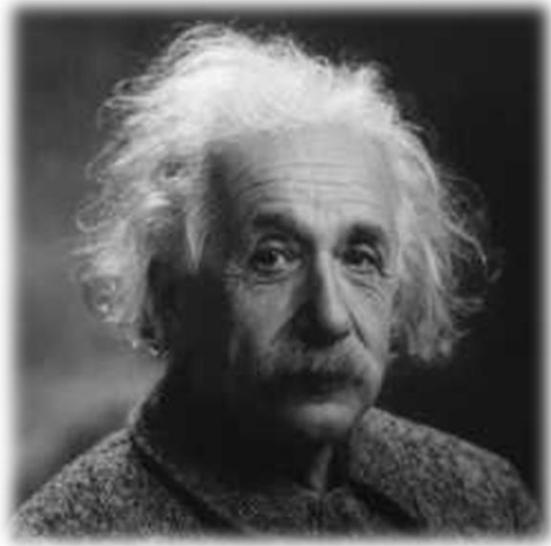
Autor: Arletys Rodríguez André.

Tutores: Ing. Homero Morciego Esquivel.

Ing. Sandra Alfonso Alvarez.

Matanzas, 2019

PENSAMIENTO



“Por más difícil que se nos presente una situación, nunca dejemos de buscar la salida, ni de luchar hasta el último momento. En momentos de crisis, solo la imaginación es más importante que el conocimiento”.

Albert Einstein.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido en mi formación como ingeniera, en especial a mis padres Amadita y Juan por estar conmigo durante toda mi vida y soportar mis malcriadeces, a mis abuelos que desgraciadamente ya no están entre nosotros pero siguen teniendo un lugar especial en mi corazón, a todos mis tíos y primos, mis amigos, en fin a todas aquellas personas que siempre que las necesité dieron el paso al frente sin importar las circunstancias, motivos o consecuencias.

AGRADECIMIENTOS

- *A mis padres Amadita y Juan por guiarme durante toda mi vida y más aun en estos cinco años de constante lucha*
- *A mi prima Mayelín y su esposo Erick por haberme acogido durante toda mi carrera como una más de sus hijas*
- *A mi tía Tata Rosita y mis primos Juanito y Diesnel por todas las carreras que siempre han dado conmigo y nunca dejar de apoyarme*
- *A mis primas Brenda y Glenda por no dejar que me sintiera sola durante los cinco años que duró mi carrera y que viví con ellas*
- *A mis tíos Norma, Marelys, Tony, Beatriz y Juan Carlos por apoyarme siempre que lo necesité*
- *A mis primos Eduardo, Mariam, Mariela, Yancarlos, Carlos Enrique, Yurianet y Yansel por estar ahí en las buenas y las malas*
- *A mis tutores Sandra y Homero por apoyarme en todo momento y ayudarme a avanzar a lo largo de mi carrera y sobre todo en este trabajo*
- *A mi amiga del alma y la hermana que nunca tuve Arlett por estar siempre para mi en las buenas, las malas y también las peores y a su mamá Aylín que fue como una segunda madre para mi*
- *A mis amigos y compañeros del aula Neikys, Arianna, Yanet, Hany, Lia, Michel, el Gordo, Lorenys, y muchos más por los buenos y malos momentos que pasamos juntos*
- *A todos mis profesores que de una forma u otra contribuyeron a que me convirtiera en lo que soy ahora*
- *A todas las personas que de una forma u otra contribuyeron a que terminara mi carrera*

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Arletys Rodríguez André, declaro que soy la única autora del presente Trabajo de Diploma y, en tal calidad, autorizo a la Universidad de Matanzas a emplearlo como material de consulta.

Y para que así conste, firmo el presente a los _____ días del mes de _____ de 2019.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

RESUMEN

El presente trabajo de diploma titulado "Solución Conceptual de un modelo de pasarela peatonal para la Universidad de Matanzas Sede Camilo Cienfuegos", aborda la necesidad de la implementación de una infraestructura peatonal que garantice la seguridad y mejora en la movilidad peatonal en el cruce existente, por lo que tiene como propósito principal elaborar la Solución Conceptual del modelo de pasarela peatonal adecuada para el campo universitario con la tecnología disponible en el país. Entre los métodos científicos empleados se encuentra inductivo-deductivo, inferencia de datos, observación directa y medición; además, se emplean metodologías de normativas nacionales e internacionales como NC 733:2009 "Carreteras- Puentes y Alcantarillas- Requisitos de diseño y método de cálculo", NC 853:2012 "Carreteras rurales. Categorización técnica y características del trazado directo"; *Policy on Geometric Design of Highways and Streets* de la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) y el *Highway Capacity Manual* (HCM), apoyadas por herramientas informáticas como *AutoCad*, *EndNote X7* y *Microsoft Office Excel*, que permiten el logro con rapidez del procesamiento de los datos. El principal resultado de la investigación es la elaboración de la Solución Conceptual del modelo de pasarela peatonal para el campo universitario; de interés para la Universidad de Matanzas Sede "Camilo Cienfuegos", el Centro Provincial de Ingeniería de Tránsito y demás entidades involucradas.

Palabras claves: solución conceptual; pasarela peatonal; flujos peatonales; accesibilidad; movilidad.

ABSTRACT

The present diploma work entitled "Conceptual solution of a model of pedestrian walkway for the University of Matanzas Headquarters Camilo Cienfuegos", addresses the need for the implementation of a pedestrian infrastructure to ensure the safety and improvement of pedestrian mobility in the existing crossing, so it has as main purpose to develop the Conceptual Solution of the pedestrian footbridge model suitable for the university field with the technology available in the country. Among the scientific methods used is inductive-deductive, inference of data, direct observation and measurement; In addition, national and international regulatory methodologies are used, such as NC 733: 2009 "Roads - Bridges and Sewers - Design requirements and calculation method", NC 853:2012 " Rural roads. Technical and characteristic categorization of the direct sketch", Policy on Geometric Design of Highways and Streets of the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) and the Highway Capacity Manual (HCM), supported by computer tools such as AutoCad, EndNote X7 and Microsoft Office Excel, which allow the rapid achievement of data processing. The main result of the research is the elaboration of the Conceptual Solution of the model of pedestrian footbridge for the university field; of interest for the University of Matanzas Headquarters "Camilo Cienfuegos", the Provincial Center of Traffic Engineering and other entities involved.

Keywords: conceptual solution; pedestrian footbridge; pedestrian flows; accessibility; mobilit

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica.....	7
1.1- Infraestructura peatonal. Términos y definiciones.....	7
1.2- Tipos de infraestructura peatonal.....	7
1.2.1- Clasificación funcional y categorización técnica.....	8
1.2.2- Parámetros que caracterizan a la infraestructura peatonal.....	10
1.2.3- Normas cubanas y extranjeras.....	10
1.2.4- Planeamiento de infraestructura peatonal.....	11
1.3- Elementos que conforman la infraestructura peatonal.....	11
1.4- Relación oferta-demanda de infraestructura peatonal.....	12
1.4.1- Oferta de infraestructura peatonal.....	12
1.4.2- Demanda de accesibilidad y movilidad peatonal.....	13
1.5- Estudios de infraestructura peatonal.....	13
1.5.1- Estudios de oferta y demanda de infraestructura peatonal.....	14
1.5.2- Estudios de capacidad y niveles de servicio en infraestructuras peatonales.....	15
1.5.3- Estudios de volúmenes peatonales en infraestructuras urbanas.....	16
1.5.4- Estudios de origen y destino. Objetivos. Tipos.....	16
1.6- Criterios generales para la localización y elección del tipo de paso de peatones.....	17
1.7- Pasarelas Peatonales.....	18
1.7.1- Justificación del empleo de pasarelas peatonales.....	18
1.7.1.1- Pasarelas Peatonales elevadas. Ventajas y desventajas.....	19
1.7.1.2- Pasarelas Peatonales subterráneas. Ventajas y desventajas.....	19
1.7.2- Análisis necesarios para el diseño de pasarelas peatonales.....	20
1.7.2.1- Requisitos mínimos para Pasarelas Peatonales Elevadas en Cuba.....	21
1.7.2.2- Requisitos mínimos de los accesos.....	23
1.7.3- Tipologías y materiales empleados en la ejecución.....	24
1.7.4- Tendencias internacionales y nacionales en el diseño.....	27
1.7.5- Impacto de las pasarelas peatonales en la accesibilidad y movilidad.....	28
1.8. Soporte jurídico de la legalidad socialista. Análisis del Decreto 327.....	28
Conclusiones Parciales.....	29
Capítulo 2 Materiales y Métodos.....	31
2.1- Emplazamiento de la Pasarela Peatonal.....	31
2.2- Análisis de los estudios necesarios para el diseño de pasarelas peatonales.....	32
2.2.1- Ejecución del aforo vehicular.....	32
2.2.2- Ejecución del aforo peatonal.....	33
2.2.2.1- Análisis y procesamiento de los resultados del aforo peatonal.....	34
2.2.2.2- Determinación del flujo pico y promedio de peatones.....	34
2.2.2.3- Caracterización y descripción del fenómeno peatonal.....	35
2.2.2.4- Determinación del ancho efectivo necesario para los valores presentes.....	35
2.2.2.5- Determinación del nivel de servicio para el ancho efectivo calculado.....	35
2.2.2.6- Proyección futura basada en el crecimiento poblacional.....	36
2.2.2.7- Determinación del nivel de servicio para los valores futuros.....	37
2.2.3- Análisis de otros estudios necesarios para el diseño de Pasarelas Peatonales.....	37
2.2.3.1- Estudios Topográficos.....	37
2.2.3.2- Estudios Geológicos y Geotécnicos.....	37
2.2.3.3- Estudios de Riesgo Sísmico.....	38

2.3-	Análisis de las alternativas de pasarelas peatonales existentes.....	39
2.4-	Determinación de las cargas de diseño para puentes peatonales.	41
2.5-	Análisis de la tecnología disponible en Cuba para el diseño de Pasarelas Peadonales.	41
	Conclusiones Parciales	43
Capítulo 3	Análisis de los resultados.....	44
3.1-	Ubicación de la Pasarela Peatonal.....	44
3.2-	Desarrollo del aforo vehicular.....	45
3.3-	Desarrollo del aforo peatonal.	47
3.3.1-	Análisis de los datos del aforo peatonal y descripción de la zona.	48
3.3.2-	Determinación del flujo pico de peatones.	49
3.3.3-	Determinación del flujo promedio de peatones.....	50
3.3.4-	Caracterización y descripción del fenómeno peatonal.	50
3.4-	Determinación del ancho efectivo necesario para los valores presentes.....	53
3.4.1-	Determinación del nivel de servicio para el ancho efectivo calculado.	54
3.4.2-	Proyección futura basada en el crecimiento poblacional.	55
3.4.3-	Determinación de los niveles de servicio futuros para 2.4 m.....	56
3.4.4-	Determinación de los niveles de servicio futuros para 3.0 m.....	57
3.5-	Análisis de los estudios de suelos realizados en la zona de emplazamiento de la Pasarela Peatonal.	58
3.5.1-	Análisis de estudios Sísmicos.....	59
3.5.2-	Análisis de estudios Ingeniero-Geológicos, Geotécnicos y Topográficos.	59
3.6-	Propuestas de Solución Conceptual para la Pasarela Peatonal.....	61
3.6.1.	Ventajas y desventajas de las posibles soluciones de pasarela peatonal.	65
3.6.2.	Recomendaciones de la estructura.....	66
	Conclusiones.....	67
	Recomendaciones	68
	Referencias Bibliográficas.....	69
Anexos	72
Anexo 1:	Niveles de servicio.....	72
Anexo 2:	Ejemplos de tecnología disponible en Cuba para la construcción de Pasarelas Peatonales.	74
Anexo 3:	Obstáculos presentes en la vía que pueden dificultar el emplazamiento de la Pasarela Peatonal	75

INTRODUCCIÓN

Las ciudades, en su continuo crecimiento, se han venido saturando de actores motorizados y no motorizados que deben compartir el espacio público bajo las leyes propuestas por entes gubernamentales encargados del tema, para mejorar la movilidad. La vía, por tanto, constituye un lugar donde se desarrolla la vida de los ciudadanos. Cada uno de ellos, dependiendo de sus necesidades, desempeña diferentes roles, ya sea como conductor, pasajero o peatón. (Muñoz Cortez, 2016)

Un peatón se define como cualquier persona que va a pie, y sus acciones son menos predecibles que las de los conductores, de ahí la gran importancia de que a medida que crezca la población se generen soluciones peatonales tendientes a brindar seguridad y comodidad al transeúnte, (García Idárraga and Suárez Idárraga, 2002). El hecho de que las ciudades evolucionen de acuerdo al desarrollo socio-económico de la sociedad que en ella habita, (Alfonso Alvarez, 2018) hace que estas crezcan en población y los parámetros para los que su infraestructura vial fue inicialmente diseñada ya no respondan a las necesidades actuales de la población, provocando la búsqueda de soluciones inminentes a estos problemas. La infraestructura peatonal no está exenta a esta situación, por lo que a menudo las principales vías de la ciudad sufren sobrecargas en los horarios de máxima demanda. Por esto se hace necesaria la implementación de soluciones funcionales y constructivas que sean capaces de brindar la seguridad requerida y el confort deseado al peatón.

Desde los más rústicos hasta aquellos que son una verdadera obra maestra de Ingeniería e Infraestructura, la esencia de los puentes está en subsanar y solucionar el acceso a zonas que se ven de otro modo imposibilitadas de acceder (Tapias Salamanca and Pinzón Moreno, 2014), o en otro caso salvar un cruce que se dificulte para el peatón debido al intenso flujo vehicular que pueda existir en la vía, o sea un paso de peatones: zona de intersección entre circulación rodada y el tránsito peatonal; parte del movimiento peatonal que cruza la calzada de circulación de vehículos.

La sede "Camilo Cienfuegos" de la Universidad de Matanzas está ubicada en la Autopista Matanzas – Varadero, esta Casa de Altos Estudios actualmente posee una tendencia al incremento de su matrícula debido a los nuevos cambios que implementa la Educación

Superior, así como al crecimiento poblacional que cada vez se hace más evidente y notorio en la provincia. Para llegar a ella, la mayoría de los estudiantes, profesores y trabajadores en general deben usar obligatoriamente la Vía Rápida. Este campo universitario también es usado por los moradores de los poblados cercanos para llegar a su destino, ya que acorta la distancia a recorrer por carretera, al no tener una cerca perimetral en la zona de los edificios de becas; de ahí que en horarios como las primeras horas de la mañana o en la tarde principalmente se hace intenso el cruce de peatones, así como el flujo vehicular en la vía, provocando la acumulación de personas a ambos lados, esperando el momento idóneo para realizar el cruce de manera segura.

Lo antes expuesto evidencia como **situación problemática** la necesidad de estudiar las distintas soluciones de infraestructura de cruce peatonal en el campo universitario, para alcanzar la adecuada seguridad y movilidad de los peatones y al mismo tiempo calidad y mejora de los flujos vehiculares del corredor turístico de Habana-Varadero, con la tecnología disponible en el país.

Problema Científico: ¿Cómo solucionar el déficit de infraestructura peatonal mediante pasarelas, necesaria para alcanzar la adecuada seguridad y movilidad peatonal y al mismo tiempo calidad y mejora de los flujos vehiculares del corredor turístico de Habana-Varadero en el cruce existente en el campo universitario con la tecnología disponible en el país?

Objeto de estudio: Infraestructura peatonal.

Campo de acción: Solución Conceptual de pasarela peatonal para el cruce existente en el campo universitario.

Hipótesis: Si se lograra la Solución Conceptual del modelo de pasarela peatonal, se alcanzaría la adecuada seguridad y mejora en la movilidad peatonal, en el cruce existente en el campo universitario con la tecnología disponible en el país.

Objetivo general: Elaborar la Solución Conceptual del modelo de pasarela peatonal adecuada en el campo universitario con la tecnología disponible en el país.

Operacionalización de las variables relevantes

Variables Independientes:

- Solución Conceptual de Pasarela Peatonal para el campo universitario
- Parámetros de Pasarelas Peatonales

- Características técnicas de la infraestructura vial

Variable Dependiente:

- Modelo de pasarela y seguridad del cruce peatonal en el campo universitario

Objetivos específicos:

- Analizar el estado del arte y la práctica de las normativas para el prediseño de los modelos de pasarelas peatonales, de la caracterización de los flujos peatonales, del estado y desarrollo de la técnica y la tecnología a nivel nacional e internacional
- Determinar los parámetros característicos para el prediseño de los modelos de pasarelas peatonales, el comportamiento de los flujos peatonales, y la tecnología disponible en el país para la construcción de pasarelas
- Elaborar en fase de Solución Conceptual un modelo de pasarela peatonal, para el cruce existente en el campo universitario, con la tecnología disponible en el país

Tareas principales de la investigación:

- Análisis del estado del arte y la práctica del prediseño de los modelos de pasarelas peatonales y de las caracterizaciones de los flujos peatonales a nivel nacional e internacional
- Determinación de los parámetros característicos para el prediseño de los modelos de pasarelas peatonales, el comportamiento de los flujos peatonales, así como el estado de la infraestructura peatonal existente en el cruce del campo universitario en el corredor turístico de Varadero
- Elaboración en fase de Solución Conceptual de un modelo de pasarela peatonal, para el cruce existente en el campo universitario, con la tecnología disponible en el país

Métodos Científicos:

Para desarrollar la presente investigación se emplearon diferentes **métodos teóricos**, entre los que figuran:

- **Análisis-síntesis:** Una vez definidos el objetivo general y los específicos, se recopilará la información necesaria referente al tema, estableciendo puntos de contacto lógicos entre las mismas. Se realizará el fichaje de los datos bibliográficos para su procesamiento a la par

que se realiza una revisión minuciosa de los mismos de forma que contribuya al cumplimiento de los objetivos previstos

- **Histórico-lógico:** Como parte de la caracterización del objeto de estudio, y como resultado de la revisión bibliográfica, se elaborará una reseña con la descripción de los antecedentes de los estudios de circulación peatonal, tanto en el ámbito nacional como en el internacional
- **Inducción-deducción:** Tomando como referente los resultados de investigaciones basadas en el procesamiento de datos provenientes de aforos peatonales se inducirá el comportamiento de parámetros inherentes al flujo peatonal, utilizando un procesamiento matemático y probabilístico que permitirá identificar patrones de variaciones a corto, mediano y largo plazo, así como la caracterización de estos flujos
- **Inferencia de datos:** Partiendo de datos ofrecidos por las autoridades del transporte de la Ciudad de Matanzas se inferirán valores representativos que permitan la construcción de escenarios bajo las pautas previstas a corto, mediano y largo plazo

Por otra parte, se emplearon **métodos empíricos** entre los que se encuentran:

- **Observación:** La observación será externa y directa. La recogida de información se efectuará por observadores entrenados pertenecientes al quinto año de la carrera Ingeniería Civil, que percibirán las manifestaciones externas del objeto de estudio mediante el contacto inmediato. Será además una observación de equipo y estructurada. Se elaborará previamente un modelo con la información que debe ser registrada
- **Medición:** Se reflejará la demanda mediante la cuantificación de los peatones que se intercambian en las paradas de transporte público. Por otra parte, los elementos básicos de la infraestructura peatonal serán registrados a través de mediciones directas en puntos de esta, que pudieran establecer comparación ente la oferta y la demanda peatonal en la zona de estudio

Los **valores** que destacan de la investigación son:

- **Económico:** El tramo de la Vía Blanca Km 3 ½, Autopista Matanzas – Varadero, donde se encuentra el campo universitario, es una de las arterias que nutre de trabajadores y recursos tanto a la propia ciudad como a Varadero, el polo turístico más importante de Cuba. La detención reiterada del tráfico en horarios picos como las primeras horas de la mañana hace evidente la repercusión desde el punto de vista económico en cuanto al valor

innegable de tiempo, para cualquier economía. Con este trabajo se propone una solución que eliminaría este problema, que además tendría un impacto positivo en la accidentalidad y la consiguiente repercusión económica que esto representa

- **Social:** El trabajo de diploma posee valor social en cuanto está destinado a resolver un problema social, la seguridad y confort para los peatones que cruzan la Vía Rápida entre los que se incluyen alumnos, trabajadores de servicios, personas que atraviesan dicha Universidad para llegar a sus destinos y profesores
- **Práctico:** El presente trabajo incluye una propuesta de solución a un problema existente, y durante su desarrollo se realizan labores como un aforo peatonal que brindan valores actuales y relevantes sobre el fenómeno peatonal
- **Metodológico:** El presente trabajo de diploma incluye la realización de un aforo peatonal y el posterior análisis de los valores obtenidos. Este procedimiento no ha sido realizado en la zona de estudio anteriormente por lo que sentará las bases para futuras investigaciones y estudios afines al tema peatonal

El Trabajo de Diploma se estructura de la siguiente forma:

- Resumen / Abstract
- Índice
- Introducción

Se formula el protocolo de la investigación, definiéndose la situación problemática, problema científico, hipótesis, objetivo general y los objetivos específicos, así como los métodos utilizados en la investigación.

- Capítulo I: Revisión Bibliográfica

A fin con las investigaciones presedentes acerca del tema en cuestión se realiza, el análisis del estado del arte y la práctica del diseño de pasarelas peatonales a nivel nacional e internacional, se explica la influencia de los estudios de Ingeniería de Tránsito sobre este, lo que permite revisar las características de la infraestructura peatonal que forman parte de la trama urbana. De esta forma, se analiza la necesidad de la implementación de una Pasarela Peatonal, para mejorar las condiciones de circulación, seguridad y confort en el área.

- Capítulo II: Materiales y métodos

Se determinan los parámetros característicos para el prediseño de las pasarelas peatonales, se caracteriza el comportamiento de los flujos peatonales, su proyección futura basada en el

crecimiento poblacional, así como el estado de la infraestructura peatonal existente en el campo universitario, se caracteriza y describe el fenómeno peatonal.

- Capítulo III: Análisis de los resultados

A partir de la determinación de los parámetros característicos de una pasarela peatonal se elaboran propuestas que den respuesta a la demanda de flujos peatonales para el campo universitario mediante el análisis de los datos del aforo peatonal y estudios realizados en la zona, teniendo en cuenta la tecnología disponible en el país para su ejecución.

- Conclusiones

A partir de la situación problemática, se arriba a conclusiones en función de los objetivos específicos formulados por la autora, tras haberse aplicado los métodos de investigación y de haber sido arrojados los resultados de la investigación.

- Recomendaciones

Se sugiere a las entidades rectoras del desarrollo de las infraestructuras urbanas de la ciudad y del campo universitario, la continuación de estudios relacionados con el presente Trabajo de Diploma.

- Bibliografía
- Anexos

CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

En el presente capítulo se realiza un análisis de la bibliografía existente acerca del tema investigación, con el propósito de analizar el estado del arte y la práctica a nivel nacional e internacional del prediseño de pasarelas peatonales.

1.1- Infraestructura peatonal. Términos y definiciones.

La infraestructura peatonal está destinada a brindar los canales de movilidad para un tránsito peatonal seguro y confortable, (Ortega García, 2018), puesto que los peatones son un componente de suma importancia tanto en el tránsito y la seguridad vial; así como también representan los elementos más vulnerables en esta situación. (Guillén Zambrano, 2014), también debe permitir el acceso a los espacios públicos destinados a las personas y a trasladarse entre ellos con la menor necesidad de transporte automotor (Ortega García, 2018), comprende el área reservada a peatones y solo en caso de emergencia o para la realización de saneamientos será abierta a tráfico vehicular.

La integración modal es necesaria en un sistema de transporte urbano, la infraestructura peatonal proporciona accesibilidad a los demás sistemas de transporte. Una inadecuada red peatonal puede generar pérdidas de tiempo considerables, o inducir riesgo de accidentes por invasión de calzada o cruces a mitad de cuadra (Guio Burgo, 2009), por tanto es necesario una correcta accesibilidad y movilidad que les permita a todo tipo de peatón transitar por ella sin inconvenientes. La accesibilidad es un conjunto de condiciones del sistema para proporcionar comodidad, seguridad y autonomía a todas las personas, incluso a aquellas con movilidad limitada o capacidades motrices diferentes los cuales pueden constar por ejemplo con rampas que constituyen planos inclinados en la acera que hace parte de esta y permite salvar el desnivel acera-calzada. (Alfonso Alvarez, 2018)

1.2- Tipos de infraestructura peatonal.

A partir del estudio de criterios aportados por investigadores la autora destaca los elementos o componentes que coinciden con respecto a los tipos de infraestructura peatonal (Tabla 1.1).

Tabla 1.1: Elementos o componentes de la infraestructura peatonal.

Elementos o componentes.	(López Pereda and Neves Móuriz, 2000)	(Guío Burgos, 2010)	(Olivas Ochoa, 2001)
Aceras.	X	X	X
Pasos Peatonales			X
Cruces Semaforizados	X	X	
Pasos de Cebra		X	X
Escaleras		X	X
Rampas		X	X
Banda libre peatonal	X		
Calles Peatonales		X	X
Plataforma Unica peatonal	X		
Diferencias de Nivel	X		
Puentes Peatonales	X		X
Senderos Peatonales		X	
Cruces a desnivel	X		X
Esquinas		X	

Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis de la tabla anterior la autora define que los elementos de la infraestructura peatonal son las aceras, los cruces semaforizados, los pasos de cebras, escaleras, rampas, calles peatonales y los cruces a desnivel.

1.2.1- Clasificación funcional y categorización técnica.

Una de las principales funciones de las facilidades peatonales es brindar al transeúnte la seguridad necesaria a la hora de realizar el cruce de una calle, sea de alto tráfico vehicular o no, proporcionando el confort que requiere para su estancia o movilidad, evitando que se produzcan accidentes o se creen aglomeraciones de personas esperando el momento de realizar el cruce de forma segura.

La clasificación vial más comúnmente aceptada identifica un sistema primario o principal formado por autopistas urbanas y arterias, y un sistema vial secundario, integrado por las calles colectoras, las calles locales y la vialidad peatonal. (Olivas Ochoa, 2001)

- Primarias: tienden a movilizar un volumen alto de vehículos a velocidades superiores a los 40 km/h, se recomienda segregarlas para garantizar la seguridad del peatón
- Secundarias: se recomienda que se diseñen con elementos para calmar el tráfico, moderando la velocidad permisible y facilitando la convivencia con otros modos de transporte
- Calles locales: dependiendo de los volúmenes vehiculares y peatonales, pueden diseñarse como calles de tráfico calmado o calles compartidas



Figura 1.1: Distribución del espacio público.
Fuente:(Instituto Municipal de Planeación Saltillo, 2017).

De acuerdo a la categorización técnica se identifican:

- Vías peatonales expresas: casos excepcionales (demanda peatonal excesiva)
- Vías peatonales arteriales: presentes en diversos puentes de la ciudad, (zonas de comercio y servicios, adyacentes a vías vehiculares de tipo arterial)
- Vía peatonal colectora: su objetivo es alimentar a las vías arteriales, integrando con ellas el flujo peatonal de las vías locales
- Vías peatonales locales: caso más común (muchas veces el peatón es quien condiciona y asume el dominio de estas vías)

1.2.2- Parámetros que caracterizan a la infraestructura peatonal.

Según autores como (López Pereda and Neves Móuriz, 2000) y (Muñoz Cortés, 2016) son varias las características que presentan los diferentes elementos componentes de la infraestructura vial, regulados por aspectos comunes para algunos casos. (Tabla 1.2)

Tabla 1.2 Parámetros que caracterizan algunos elementos de la infraestructura peatonal.

Elementos componentes.	(López Pereda and Neves Móuriz, 2000)	(Muñoz Cortés, 2016)
Franjas señalizadoras	Ancho, longitud, textura, colocación de escalones o rampas, geometría de las franjas.	Ancho, color, longitud, visibilidad.
Vados peatonales	Pendiente longitudinal, transversal, anchura, resalte máximo.	Desnivel, pendientes, ancho, uso.
Puentes peatonales	Colocación, ancho mínimo, nivel, longitud.	Ubicación, uso, ancho, longitud.
Isletas	Ancho mínimo, fondo mínimo, resalte máximo, ubicación.	Ancho mínimo, profundidad mínima, señalización, visibilidad.

Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis de la tabla anterior la autora define que los parámetros más comunes que caracterizan la infraestructura vial son ancho, longitud, pendiente, rampas, uso y profundidad.

1.2.3- Normas cubanas y extranjeras.

El diseño de infraestructura peatonal se rige por normas tanto a nivel nacional como internacional, existen diversos manuales que recogen valores y características con las dimensiones o requisitos mínimos para cada tipo de infraestructura (López Pereda and Neves Móuriz, 2000, Comunicaciones, 2003, Olivas Ochoa, 2001) y a pesar de no existir normativas cubanas propias para el diseño de pasarelas peatonales, si existen otras normas, las cuales se toman en cuenta para las regulaciones urbanísticas, de movilidad, accesibilidad, normas relacionadas con el escurrimiento y drenaje de las aguas pluviales, regulaciones para las cargas actuantes en la estructura, como lo son: NC 46:1999, NC 219:2002, NC 733:2009, NC 391-

1:2010, NC 583:2012, NC 391-2:2013a, NC 391-3:2013b, NC 391-4:2013c. También existen regulaciones extranjeras que se utilizan en Cuba y que tienen participación más directa en la ejecución de pasarelas como: (AASTHO, 2001, MOPU, 1986, IC, MOPU, 1986, IIC) donde se exponen elementos concernientes al dimensionamiento de los elementos conformantes de la infraestructura peatonal tanto para el diseño como revisión de la misma.

1.2.4- Planeamiento de infraestructura peatonal.

El planeamiento de la infraestructura peatonal se basa en definir emplazamiento, características técnico-funcionales, parámetros, elementos, estudios de oferta y demanda y estudios de capacidad y niveles de servicios, por lo que es necesario para cualquier ciudad, debido a que de esta forma se sientan las bases para realizar un correcto diseño de la misma, desarrollando una ciudad con una adecuada movilidad y accesibilidad (Alfonso Alvarez, 2018), está encaminado a mejorar la movilidad y cobertura de las redes de transporte público, identificar los problemas de accesibilidad y movilidad de peatones, regular la circulación de vehículos pesados y de carga y descarga.

1.3- Elementos que conforman la infraestructura peatonal.

Varios son los elementos que conforman la infraestructura peatonal, diversos investigadores han llegado a las siguientes consideraciones:

- Acera: Su ancho varía dependiendo del uso del suelo, el mínimo aceptable para la circulación de peatones es de 2.4 m. En zonas residenciales, se recomienda un mínimo de 3.5 m (Olivas Ochoa, 2001)
- Calles Peatonales: Facilitan la circulación de peatones y su acceso a las instalaciones colindantes, brindando en su consecuencia seguridad. (Olivas Ochoa, 2001). Se producen cuando toda la plataforma vial se dedica exclusivamente al quehacer peatonal. Sólo se permite su uso por parte de vehículos de emergencia o de carga espacial (mudanzas, basura, dinero)
- Puentes Peatonales: infraestructura elevada, diseñada para que los peatones y ciclistas puedan pasar la vía de un lado a otro, de forma segura y sin interferir con el tráfico (Muñoz Cortés, 2016)

- Túneles Peatonales: infraestructura soterrada, diseñada para que los peatones puedan pasar la vía de un lado a otro, de forma segura y sin interferir con el tráfico (Muñoz Cortés, 2016)
- Vados: Son las modificaciones de las zonas de un itinerario peatonal, mediante planos inclinados que comunican niveles diferentes, que facilitan a los peatones el cruce de las calzadas destinadas a la circulación de vehículos (López Pereda and Neves Móuriz, 2000)
- Franjas señalizadoras: Son tramos de un itinerario peatonal, con pavimento de textura y color diferente al del resto del itinerario, cuya función es avisar, orientar y dirigir a las personas ciegas, con deficiencias visuales o con graves problemas de orientación (López Pereda and Neves Móuriz, 2000)

1.4- Relación oferta-demanda de infraestructura peatonal.

Se llama demanda a la magnitud del flujo presente o previsto circulando a una velocidad determinada que viene dada por el motivo del viaje y la corriente peatonal, mientras que la oferta es la capacidad del sistema vial para admitir un determinado flujo peatonal y depende la capacidad que pueda brindar, según las condiciones de explotación que presenta.

Según los estudios sobre flujos peatonales, determinan la relación entre la oferta y la demanda del espacio asignado y de esa forma poder proponer recomendaciones para maximizar la utilización de los espacios disponibles y/o planificar nuevas áreas, que podrían utilizarse para la creación de infraestructuras peatonales, para que la misma no llegue al máximo nivel de capacidad y servicio. (Alfonso Alvarez, 2018)

1.4.1- Oferta de infraestructura peatonal.

La oferta está estrechamente relacionada con la capacidad peatonal que es el flujo de personas que razonablemente puede esperarse que atraviese por un punto, sección uniforme o vía, durante un período de tiempo dado y en ciertas condiciones prevalecientes (Olivas Ochoa, 2001), a su vez esto se traduce en diferentes niveles de servicios que indican los distintos grados de comodidad de la circulación peatonal y se define de manera subjetiva con base en la realización de una serie de factores.

Cualquier infraestructura peatonal debe estar libre de peligros, minimizar conflictos con factores externos como el tráfico vehicular u obstáculos arquitectónicos, para favorecer un entorno más tranquilo y seguro, reduciendo así el riesgo de accidentes, también debe tener características que la hagan práctica e imprescindible para mejorar el sistema urbanístico, promover todo tipo de actividades económicas, sociales y culturales. De ahí que una infraestructura peatonal deba ofrecer funcionalidad y seguridad como principales características.

1.4.2- Demanda de accesibilidad y movilidad peatonal.

La base de una ciudad, son sus “procesos conectivos” entre nodos. Dichos nodos se insertan dentro de una variedad de escalas, y están compuestos tanto por los espacios físicos e infraestructura de las ciudades, así como por el espacio construido por procesos más abstractos. De ahí que se dé una conexión nodal entre distintas escalas de alcance, y es esta articulación entre nodos, redes y escalas la que determina el funcionamiento óptimo de una ciudad.

Los desplazamientos, como aspecto del funcionamiento urbano y de la calidad de vida, responden a sujetos con caracteres propios, que se mueven por distintos motivos, mediante recorridos diversos, (Santuario Torres, 2016), de ahí que la demanda sea la magnitud del flujo presente o previsto circulando a una determinada velocidad.

Para intersecciones con demanda peatonal superior a las 1.000 personas por hora es recomendable brindar oportunidad de cruce seguro en todos los accesos, con el fin de disminuir las probabilidades de accidentes y reducir los tiempos de demora de los viajes, evaluar el impacto económico y la disponibilidad de la sociedad de asumir los sobrecostos al ampliar las fases peatonales, dar tiempo a peatones consistentes con la demanda peatonal, buscando categoría de nivel de servicio peatonal igual al vehicular.

A partir de esto la demanda de accesibilidad y movilidad peatonal es la necesidad de desplazarse de un lugar a otro circulando a una determinada velocidad sin necesidad de emplear transporte alguno.

1.5- Estudios de infraestructura peatonal.

El ingeniero de tránsito suele determinar las variables de flujo peatonal mediante la realización de toma de información primaria o estudios de campo (Guio Burgo, 2009), para conocer la

situación en la que se encuentra la infraestructura peatonal y la mejor forma de hacerlo es directamente sobre el terreno.

1.5.1- Estudios de oferta y demanda de infraestructura peatonal

Existe una estrecha relación entre la oferta y la demanda. Para el caso de la infraestructura peatonal, la oferta viene dada por los espacios que surgen a partir de la vialidad y que se unen a otras zonas comunes de una ciudad para configurar un escenario principal de la vida pública, ofrecen un medio para el desplazamiento de las personas, mientras que la demanda se da por la necesidad que tienen las personas de moverse, por lo que según (Guio Burgo, 2009) se hace necesario la realización de estudios que determinen la oferta y la demanda:

Dentro de los estudios de oferta se encuentran:

Estudios de inventario: Su objetivo es determinar las características geométricas de la infraestructura peatonal y otras condiciones físicas como su estado, la localización de obstáculos, riesgos y condiciones que puedan afectar el movimiento de las personas. Como resultado de estos estudios, el ingeniero de tránsito determina las características de la oferta y puede detectar falencias de la misma.

Estudios de densidad peatonal: Se realizan con el fin de encontrar condiciones operativas, especialmente cuando se trata de evaluar atributos como la comodidad. Existen dos condiciones que deben considerarse en los estudios de densidad: peatones en movimiento y peatones en áreas de espera.

Dentro de los estudios de demanda se encuentran:

Volumen de tránsito peatonal: También denominado aforo o conteo, es un estudio realizado comúnmente en ingeniería de tránsito, su objetivo es cuantificar la demanda de infraestructura peatonal, especialmente su variación (espacial y temporal), distribución (por sentidos o cruces en accesos de intersecciones) y composición (de acuerdo con los atributos de los peatones, como género, edad y ocupación).

Velocidad de Caminata: El objetivo de realizar un estudio de velocidades de caminata es llegar a determinar los parámetros adecuados para realizar diseño de infraestructura peatonal.

Cada diseño está asociado a parámetros distintos, por ejemplo en un cruce peatonal podría ser necesario utilizar el percentil 15 de las velocidades de caminata, mientras que para calcular el tiempo de viaje se utilizaría la velocidad media de caminata.

Estudios de observación: Permiten detectar posibles falencias del sistema peatonal, ya sean debidas al peatón, a la infraestructura, a la interacción con otros sistemas o al entorno, se enfocan hacia identificar características del comportamiento de los peatones, especialmente los conflictos con los vehículos, el acatamiento de las normas de tránsito y el llamado “comportamiento exhibido”, principalmente en los cruces.

Estudios origen destino: Con este tipo de estudio se puede conocer los lugares de donde vienen las personas y hacia dónde se dirigen y es posible determinar las trayectorias ideales que desean seguir. Ello tiene por objeto determinar específicamente la orientación de los viajes de la actividad humana y se llega por medio de los mismos a saber dónde se deben mejorar las vías y colocar una infraestructura peatonal.

1.5.2- Estudios de capacidad y niveles de servicio en infraestructuras peatonales.

La Capacidad peatonal sirve para evaluar el nivel de servicio que presta una infraestructura peatonal, según los flujos existentes y proyectados, las variables que se deben tener en cuenta para el análisis de los flujos peatonales definidas como variables macroscópicas son: velocidad, densidad y volumen. En muchos casos la capacidad peatonal es superada y por tanto la infraestructura peatonal se encuentra en un nivel de servicio en la cual puede colapsar. Es por ello, que se realizan estudios de capacidad y niveles de servicios para que corresponda uno con otro y la infraestructura puede explotarse en buenas condiciones y con comodidad.

Los niveles de servicio son generalmente catalogados como un parámetro para estimar la calidad de una infraestructura peatonal, es un indicador de los distintos grados de comodidad de la circulación peatonal y se define de manera subjetiva, sobre la base de la realización de factores como son: la facultad de circular a la velocidad deseada, sortear a otros peatones más lentos y evitar situaciones de conflicto con otros caminantes. La ((AASTHO), 2001) clasifica el nivel de servicio con las letras A, B, C, D, E y F siendo A el indicador de mejor calidad y F la peor calidad. (Ver anexo 1)

1.5.3- Estudios de volúmenes peatonales en infraestructuras urbanas.

Tienen como objetivo cuantificar la demanda de infraestructura peatonal, especialmente su variación espacial y temporal, distribución por sentidos o cruces en accesos de intersecciones y composición (de acuerdo con los atributos de los peatones, como género, edad y ocupación), también son denominados como aforos o conteos. Se realizan en la actualidad mediante sensores que el peatón generalmente no detecta como cámaras de video, aunque ello implica la utilización de un software especializado. En ocasiones donde los flujos son altos se realizan en forma mecánica o mediante sensores electromagnéticos u ópticos. En otras ocasiones en que se requieren datos más precisos como la edad del peatón es necesario recurrir al conteo manual, el cual también es ventajoso desde el punto de vista económico por la mano de obra y que no se requiere capacitación técnica.

1.5.4- Estudios de origen y destino. Objetivos. Tipos.

Son estudios de campo que se utilizan para conocer información actualizada del movimiento peatonal. Hay diferentes tipos de estudios Origen-Destino, según la precisión y objetivos que quieran alcanzarse; pero todos se basan en el registro de las características de una muestra de viajes peatonales, cuyos resultados se expanden apropiadamente. Entre las características a recopilar están: origen y destino del viaje, hora del día en que se realiza, duración del mismo, ruta realizada, propósito. (Ortega García, 2018)

Con este tipo de estudio se puede conocer los lugares de donde vienen las personas y hacia dónde se dirigen y es posible determinar las trayectorias ideales que desean seguir. Ello tiene por objeto determinar específicamente la orientación de los viajes de la actividad humana y se llega por medio de los mismos a saber dónde se deben mejorar las vías y colocar una infraestructura peatonal. Además, tienen gran importancia en la determinación de ciertas condiciones y características de los peatones, así como para estudios de planeamiento general y de carácter económico. Generalmente este tipo de estudio permite obtener las trayectorias más deseables y las causas que originan los viajes. Existen otros estudios que son más específicos y no menos importantes, entre ellos se pueden mencionar los estudios de gabinete, estudios demográficos, estudios de previsión de la ciudad, estudios de asignación de rutas, estudios de distribución, entre otros. (Alfonso Alvarez, 2018)

1.6- Criterios generales para la localización y elección del tipo de paso de peatones.

La localización de un paso peatonal debe servir a la necesidad de realizar el cruce de la vía de forma segura, pero que sea funcional para el peatón, evitando recorridos innecesarios, por lo que los Proyectos de Urbanización deberán estudiar la conveniencia de formalizar pasos de peatones, en sitios como los puntos en que una calzada interrumpe la continuidad lineal de las aceras o itinerarios peatonales: bulevares, calles peatonales, sendas, en las proximidades de edificios generadores de tráfico peatonal intenso como: escuelas, hospitales, centros administrativos, centros de empleo.

En relación a la intensidad de tráfico, se recomienda formalizar pasos de peatones:

- En vías con intensidades horarias de tráfico automóvil superior a 300 vehículos y de cruce peatonal superiores a 300 personas, en una distancia de 100 m en torno al punto de cruce
- En vías con intensidades superiores a los 1.000 vehículos hora, con intensidades peatonales de 100 personas por hora

En cuanto a la elección del tipo de paso es necesario tener en cuenta: (López Pereda and Neves Mouriz, 2000)

- Las intensidades de vehículos y peatones
- El rango jerárquico de la vía y la importancia del itinerario peatonal
- El carácter del área y los objetivos ambientales

En general se recomienda:

- Resolver mediante pasos de cebra las situaciones con tráfico vehicular bajo e intensidades peatonales bajas o medias y no hacerlo en casos de intensidades peatonales altas, ya que penalizan excesivamente al tráfico rodado
- Resolver mediante pasos semaforizados las situaciones con tráfico de vehículos medio e intensidad peatonal media o alta
- Resolver con pasos a distinto nivel la travesía de autovías o autopistas urbanas, con intensidades peatonales medias o, incluso, bajas

- Utilizar pasos sobre reductores de velocidad en calles y recintos con templado de tráfico

Por lo que se decide como solución al caso de estudio el emplazamiento de un paso peatonal a desnivel, para este caso: elevado, o sea una pasarela peatonal.

1.7- Pasarelas Peatonales.

Las Pasarelas Peatonales se utilizan cuando es necesario salvar obstáculos en el trazado de un Camino Natural, como cruces con carreteras, cauces, etc., y no es posible realizar otro tipo de obra de fábrica. Estas deben integrarse en el entorno que las rodea y, en lo posible, poseerán características agradables al usuario, o sea buena estética. Para que sean durables la vida útil en el caso de las que son para Caminos Naturales se establecerá como mínimo en 50 años, salvo justificación expresa.

1.7.1- Justificación del empleo de pasarelas peatonales.

Desde el punto de vista de la seguridad del peatón y de la capacidad de las vías, la solución ideal es la separación de distintos niveles de peatones y vehículos, bien sea mediante pasos elevados sobre la calzada o subterráneos. Según plantea (Olivas Ochoa, 2001) la construcción de un paso a desnivel para peatones, requiere, para su justificación, la observancia de los siguientes criterios:

- Se puede pensar en una estructura de este tipo cuando se considera que existen rutas escolares, cruzando un Boulevard, una autopista, una vía rápida; o cuando los volúmenes peatonales en general son sensiblemente altos, en un determinado punto de las vías antes citadas
- Es conveniente considerar algunas características físicas del lugar; como pueden ser: la sección por cruzar, la existencia de servicios públicos (como postes de luz, líneas de drenaje y agua potable, cableado telefónico, etc.), las características mecánicas del suelo y otras más
- La economía es también uno de los aspectos más importantes a considerar; por lo que es conveniente evaluar las diferentes alternativas, seleccionando aquellas que económicamente se justifiquen a largo plazo

1.7.1.1- Pasarelas Peatonales elevadas. Ventajas y desventajas.

Según varios autores como (Tapias Salamanca and Pinzón Moreno, 2014, Olivas Ochoa, 2001, Ortega García, 2018) son diversas las ventajas y deventajas que traen consigo la implementación de pasarelas elevadas.

Ventajas:

- Son más económicos que los inferiores
- Su construcción es muy sencilla, pues no requiere el cierre de la vía o parte de ella por tiempo prolongado
- No necesitan equipos que requieran mantenimiento y sólo debe cuidarse su aspecto exterior

Desventajas:

- Irrumpen brusca y totalmente en el medio urbano donde se sitúen, por lo que deben ser diseñados en armonía con el medio que los rodea
- Requieren un gran desarrollo de los accesos para salvar los obstáculos, pues el peatón tiene que subir el gálibo de la vía (que frecuentemente rebasa los 5.0 m.), más el peralte del elemento
- No es fácil obtener la combinación rampa - escalera y que armonice adecuadamente con el entorno circundante
- Al peatón le desagrada subir primero y bajar después

1.7.1.2- Pasarelas Peatonales subterráneas. Ventajas y desventajas.

Así como las pasarelas elevadas presentan ventajas y desventajas, las subterráneas no están exentas a ello, así lo han demostrado diversos autores como (Olivas Ochoa, 2001, Ortega García, 2018).

Ventajas:

- Poco desarrollo de los accesos para salvar una luz determinada. El peatón debe bajar y subir menos que en los superiores (3.0 m aproximadamente)
- El peatón prefiere bajar primero, aunque después esté obligado a subir

- Se combinan adecuadamente rampas y escaleras, lo que permite el uso simultáneo de peatones, sillas de ruedas, etc
- Su ubicación dentro del mobiliario urbano, no interfiere en la arquitectura del lugar
- Ofrecen grandes posibilidades para la construcción de la obra que atraen a los peatones como: tiendas subterráneas, cafeterías, etc
- Pueden combinarse adecuadamente con las líneas del metro para facilitar el acceso de los peatones a las estaciones

Desventajas:

- Construir los pasos peatonales inferiores, requiere de la construcción de otras obras inducidas, necesarias para mantener la circulación vial, tales como desviaciones
- Son más costosos que los superiores, pues requieren técnicas constructivas y materiales más complejos; así como el movimiento de grandes volúmenes de materiales, con el consecuente costo de equipo
- En el caso de un manto freático alto, la impermeabilización crea nuevas dificultades
- Requieren equipos para el bombeo del agua de lluvia y de ventilación. En el caso de que superen determinada longitud, estos equipos obviamente requieren de un mantenimiento periódico y adecuado

1.7.2- Análisis necesarios para el diseño de pasarelas peatonales.

Son diversos los parámetros necesarios a medir para el diseño de una pasarelas, sea subterránea o elevada, varios autores como (Olivas Ochoa, 2001, Ortega García, 2018) han destacado entre otros la estética, la durabilidad, la funcionabilidad, la constructibilidad, la economía y el medio ambiente:

- Estéticos: Las pasarelas deben de integrarse en el entorno que las rodea y, en lo posible, poseerán características agradables al usuario
- Durabilidad: La vida útil de las pasarelas para Caminos Naturales se establecerá como mínimo en 50 años, salvo justificación expresa. El proyecto debe considerar que ésta ha de alcanzarse minimizando los costes de conservación con una adecuada elección del tipo estructural, materiales, diseño, protección y plan de mantenimiento

- **Constructivos:** Gran parte de los elementos utilizados en la construcción de pasarelas metálicas y de madera son, o pueden ser, prefabricados. El empleo de este tipo de elementos implica una disminución de los costes asociados a estas estructuras, disminuyendo también el plazo de ejecución de las mismas. Se tendrá en cuenta cualquier otra circunstancia que pueda afectar a la ejecución de la estructura y, por tanto, limitar la solución elegida
- **Funcionales:** En primer lugar, se deben definir cuáles serán las características esenciales de la pasarela, es decir, cuál será su función. En este sentido, será necesario especificar qué tipo de tránsito debe soportar: peatones, peatones y ciclistas, vehículos ocasionales (mantenimiento, emergencias, etc.) o vehículos con servidumbre de paso. Para todas las tipologías habrá que especificar el número considerando su simultaneidad en el tiempo. En general, las pasarelas están destinadas al uso de peatones y de ciclistas; sin embargo, en algunas ocasiones, es necesario el paso de vehículos de emergencias o de mantenimiento, debiendo considerarse este factor en el diseño de la sección tipo de la pasarela
- **Económicos:** En relación a los criterios económicos, no solo hay que considerar el coste de la estructura, sino que también hay que tener en cuenta el mantenimiento necesario y su frecuencia, así como la posibilidad real de su realización, resultando normalmente más rentable un mayor coste de ejecución y menos mantenimiento, que lo contrario
- **Medioambientales:** Durante la fase de diseño de la infraestructura se preverá la minimización del impacto (final y de ejecución) y la naturalidad de los elementos constituyentes de la estructura, utilizando materiales de la zona siempre que sea técnica y económicamente posible. Queda abierta la posibilidad de utilizar materiales provenientes de reciclado, siempre que cumplan los requerimientos propios de su función, o que puedan ser reutilizables en un futuro, al terminar su utilidad en la pasarela

1.7.2.1- Requisitos mínimos para Pasarelas Peatonales Elevadas en Cuba.

En vista de que no hay normativas cubanas vigentes para la ejecución de pasarelas, en Cuba algunos de los valores son establecidos por la **NC 733 del 2009** que define los valores de cálculo y diseño que deberán emplearse, entre ellos se encuentran:

- La pendiente máxima longitudinal deberá ser de un 8%, excepto en los accesos
- El ancho mínimo entre barandas deberá ser de 2,25 m
- En pasarelas peatonales habrá de adoptarse carga característica accidental distribuida de 4,50 kN/m²
- Las barandas de los pasos peatonales tendrán una altura mínima de 0,75 m y serán diseñadas para una carga transversal y vertical uniformemente distribuida de 0,75kN/m aplicada en el borde superior de la baranda
- En la construcción de puentes de carretera se deberá asegurar un adecuado drenaje, tanto en el sentido longitudinal como transversal, como se especifica en la NC 53-02, en correspondencia con el tipo de terreno de la vía donde se construya el puente; pero, además se garantizará transversalmente una pendiente a la superficie del pavimento cuyos valores fluctuarán entre 1,5% y 2%

La NC **853:2012** propone los valores mínimos para los gálibos establecidos en Cuba:

- Gálibo vertical mínimo: 5.00m
- Gálibo horizontal mínimo: 1.50m (a cada lado de la calzada)
- Gálibo dinámico vertical: (gálibo vertical) + 0.30 m
- Gálibo dinámico horizontal: (suma de los anchos de los carriles y las bandas de reforzamiento del pavimento) + 2 x 1.50m

Otros países como Colombia y México han fijado valores que cumplen con el criterio de accesibilidad universal:

- Ancho libre del tablero 2,40 m
- Gálibo vertical mínimo 5,20 m
- Gálibo horizontal 1,60 m a calzadas adyacentes
- Gálibo horizontal entre 5,00 y 10,00 m a fachadas de edificaciones
- Piso en material antideslizante
- Pendiente máxima de las rampas de acceso continuas 12% y en caso de utilizar rampa caballera (escalonada) ésta debe tener una pendiente del 15% con huella no menor a 1,0 m

- Sistema de Alumbrado que garantiza la seguridad del usuario dentro y debajo del puente peatonal
- Baranda con altura de 0,98 m sobre el nivel de la placa de caminado. La protección en barandas debe generar una barrera física pero manteniendo una transparencia visual
- El puente es aterrizado en los extremos mediante polos a tierra

1.7.2.2- Requisitos mínimos de los accesos.

Según la **NC 391-2: 2013, 2013a**, las escaleras de los pasos peatonales elevados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Las escaleras también deben estar dotadas con una doble barandilla a una altura de 950 mm y 700 mm respectivamente situada longitudinalmente al menos en uno de sus laterales, siendo conveniente su instalación en ambos lados e incluso en su parte central cuando exista un ancho superior a 200 mm, debiendo prolongarse en todos los casos 300 mm más sobre el comienzo y al final de los escalones aconsejándose que la altura de cada escalón no supere los 170 mm y el ancho o huella no sea inferior a 290 mm, debiendo ser todos iguales
- Los materiales a emplear han de ser antirresbalantes, por tanto, debe descartarse las superficies pulimentadas o esmaltadas

Requisitos para impedidos físicos:

- La pendiente máxima de las rampas para el desarrollo de 15 m máximos; longitudinalmente, en el plano horizontal no excederá del 10%
- Cuando la longitud horizontal de las rampas (según diseño) exceda 15 m, se colocará un descanso al final de esta longitud
- En las rampas de ascenso y descenso se deberán considerar descansos de 2.00 a 2.50 m de longitud a lo largo de los tramos horizontales (en planta) a un máximo de 15 m
- Las rampas de ascenso y descenso deberán tener un ancho suficiente para que circulen dos sillas de ruedas a la vez y en sentido distinto

- Para facilitar la ubicación de los pasamanos a las personas con dificultad visual, la pintura de estos debe ser de color contrastante a los colores de la estructura del puente

1.7.3- Tipologías y materiales empleados en la ejecución.

Los materiales más usados en la construcción de pasarelas son el hormigón: armado, ligero o prefabricado (pretensado o postensado), el acero, las maderas: de coníferas o frondosas.

Para evidenciar la tipología de las pasarelas peatonales, la autora ha escogido una muestra de pasarelas construidas de diversos materiales en varios países.

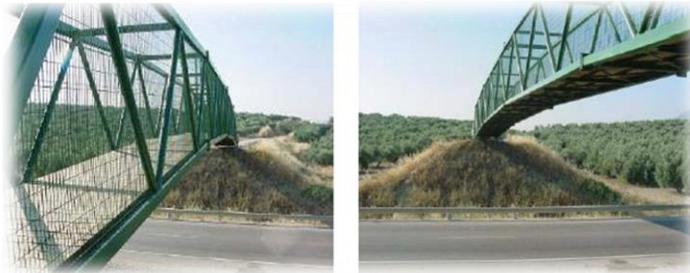


Figura 1.2: Pasarela sobre La carretera. A-316, PK 85+000, Recta del Chinche, Alcaudete (Jaén), España

Fuente: (Postigo, 2017).

- Longitud (Luz libre): 44,10 m
- Material: Tubo estructural de acero y piso de madera
- Características: Pasarela en arco en un solo vano, biapoyada en los extremos resuelta mediante doble celosía. La pasarela se rediseñó para salvar una mayor luz, cumplir las deformaciones máximas admisibles en el centro del vano y dejar un gálibo libre mayor que el proyectado



Figura 1.3: Pasarela Sobre el Riu D'or en el Camí Natural de la Sèquia de Manresa (Barcelona), España.

Fuente: (Postigo, 2017).

- Longitud (Luz libre): 39 m (30 m)
- Material: Perfil armado de acero y piso de madera
- Características: Pasarela atirantada en 9 vanos diseñada para poder realizar su montaje mediante el lanzamiento desde una orilla sin necesidad de grúa de gran tonelaje. Se buscó una solución constructiva y de montaje que resolviera los problemas derivados de la dificultad de acceso y trabajo de la ubicación de la obra: un barranco de 15 metros de profundidad en una zona sin accesos. Se realizó el estudio de inundabilidad de la cuenca donde se ubica la pasarela



Figura 1.4: Pasarela peatonal mixta en Slussen, Estocolmo, Suecia.
Fuente: (Gallardo Garduño, 2010).

- Longitud (Luz libre): 50.5 m
- Material: Tipología mixta de hormigón y acero mediante el uso de vigas armadas híbridas en forma de doble T y canto constante
- Características: Esta tipología de estructuras, se define mediante el uso de una sección dividida en dos partes claramente diferenciadas, que trabajan conjuntamente gracias a la disposición de pernos o conectores



Figura 1.5: Pasarela emplazada en la estación de trenes de San Bernardo, Santiago, Chile.
Fuente: (Riviera Bravo, 2010).

- Longitud: 26,2 m
- Material: Hormigón armado post-tensado y hormigón armado
- Características: Esta estructura cuenta con 13 columnas de hormigón armado de altura variable según su ubicación, sobre las que se apoyan vigas de hormigón armado post-tensado. Está ubicada a una altura promedio de 8.1 m



Figura 1.6: Puente peatonal en Santiago de Cali, Colombia.
Fuente: (Jhon et al., 2012).

- Longitud: 19.7 m
- Materiales: Estructura de concreto prerreforzado
- Características: Estructura de concreto prerreforzado con viga T como viga principal, que a la vez cumple la función de losa. La viga T está simplemente apoyada sobre columnas de sección circular y posee un voladizo en uno de sus extremos



Figura 1.7: Pasarela peatonal sobre Barranco Poyo en Paiporta (Valencia), España.
Fuente: (Postigo, 2017).

- Longitud (Luz libre): 57,5 m (50 m)
- Material: tubo estructural de acero y piso de hormigón impreso
- Características: Pasarela de un único vano y estructura en arco soportada por costillas. Actualmente en construcción

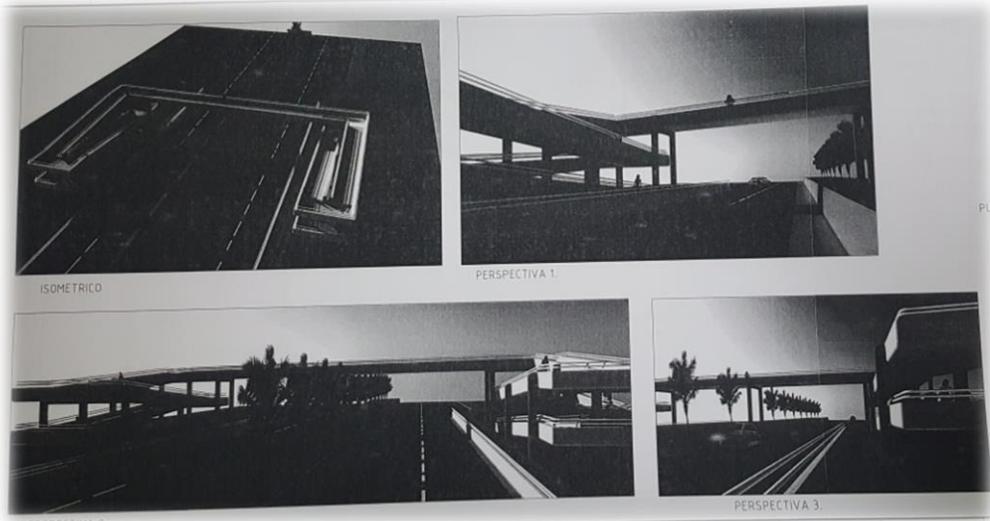


Figura 1.8: Propuesta para la ejecución de un Paso Elevado en la Vía Rápida Boca de Camarioca, Matanzas, Cuba.

Fuente: Archivo. Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería (EMPAI).

- Estructura de hormigón. Este modelo requiere pilas en el centro de su luz, lo que podría ser evitado empujando otras tecnologías constructivas para el tablero de losas aligeradas en combinación con vigas postensadas

1.7.4- Tendencias internacionales y nacionales en el diseño.

A nivel internacional hay una clara tendencia a convertir las pasarelas peatonales en verdaderas obras de arte. Los puentes urbanos de luces pequeñas o medias permiten explorar nuevas posibilidades formales o constructivas ya que el coste de construcción de las estructuras depende básicamente de la luz libre y de los materiales elegidos siempre que la construcción pueda llevarse a cabo con procedimientos convencionales. (Ortega García, 2018)

A nivel nacional no existe gran desarrollo en la construcción y utilización de pasarelas peatonales debido al impacto económico que representa, por lo que se hace necesaria la búsqueda de opciones económicas que resuelva el problema existente.

Para los casos en que se desarrollan proyectos de pasarelas peatonales se tiende a la prefabricación con el empleo de modelos reutilizables esencialmente de hormigón armado y estructuras metálicas, por lo que las soluciones se basan principalmente en la economía y la funcionalidad y por último en la estética o valor cultural.

1.7.5- Impacto de las pasarelas peatonales en la accesibilidad y movilidad.

Las pasarelas peatonales constituyen un elemento de alto impacto en la accesibilidad y la movilidad peatonal y de la circulación en general (Olivas Ochoa, 2001). Brindan acceso por los paisajes urbanos modernos donde las ciudades se desarrollan en diferentes niveles conectando no solo la infraestructura peatonal sino zonas comerciales o culturales, a tiempo que se logra un paso seguro para los peatones sobre un obstáculo donde otras soluciones no garantizan la ecuanimidad entre seguridad y compatibilidad con el tránsito motorizado. Si bien es complejo lograr diseños que se adecuen a los entornos y accesos cómodos para los peatones con mayor necesidad de facilidades las pasarelas peatonales bien diseñadas y colocadas son una garantía de seguridad vial así como de accesibilidad y movilidad para los peatones.

1.8. Soporte jurídico de la legalidad socialista. Análisis del Decreto 327.

Según el Decreto No. 327 El Proceso Inversionista fue regulado por el Decreto No. 5 "Reglamento del proceso inversionista" en 1977 y posteriormente mediante el Decreto No. 105 en 1982 se puso en vigor "El reglamento para la evaluación y aprobación de las propuestas de inversión y de las tareas de inversión".

Los proyectos se elaboran en la fase de pre-inversión según programa/tarea de proyección presentada por el inversionista, en el siguiente orden e independientemente del tipo de contrato con que se considere ejecutarlos:

- 1) Ideas Preliminares, que se podrán realizar en base a índices de proyectos similares, utilizándose solo en los estudios de oportunidad;
- 2) Soluciones Conceptuales o Proyecto Técnico, para inversiones de construcción y montaje, que deberán considerar la especialidad de arquitectura conciliada con las soluciones tecnológicas de todas las ingenierías y por los cuales se elaborarán los estudios de pre-factibilidad;

- 3) Ingeniería Básica o Proyecto de Ingeniería Básica, por los cuales se elaborarán los estudios de factibilidad; y
- 4) Proyecto Ejecutivo o Ingeniería de Detalle, por los cuales se acometerá la ejecución de la inversión.

El desarrollo de "Las Soluciones Conceptuales o Proyecto Técnico parte del programa/tarea de proyección y otras informaciones iniciales entregadas por el inversionista, constituye la primera respuesta a la solicitud del inversionista para las alternativas de la inversión" (artículo 142, página 50).

Según el artículo 143 y 144.1 (página 50) como parte de las Soluciones Conceptuales o proyecto técnico se incluyen el desarrollo del planeamiento, zonificación, funcionalidad, tecnología, energía y completamiento de la programación técnica de necesidades, de acuerdo con el alcance de la solicitud y la información entregada por el inversionista. La documentación escrita y gráfica de las soluciones conceptuales o proyecto técnico, se expone de forma esquemática o muy elemental, pero clara y precisa, mediante croquis o dibujos a escala y cálculos que fundamenten las soluciones de ingeniería adoptadas y formuladas. Permite la evaluación técnica preliminar de las soluciones fundamentales de la inversión. Constituye un primer nivel de aproximación y de precisión del presupuesto estimado en el programa/tarea de proyección.

Conclusiones Parciales

A partir del análisis del estado del arte y la práctica de las normativas para el prediseño de los modelos de pasarelas peatonales, de la caracterización de los flujos peatonales, del estado y desarrollo de la técnica y la tecnología a nivel nacional e internacional; se concluye que:

1. Los modelos de pasarelas peatonales, los flujos peatonales y los requisitos de diseño son aspectos necesarios para la ubicación y construcción de una pasarela peatonal.
2. El estado y desarrollo de la técnica disponible son suficientes para la construcción de una pasarela peatonal.

3. No existen normativas cubanas para la proyección de pasarelas peatonales, por lo que se hace necesario utilizar otras normativas para el prediseño de la misma.

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1- Emplazamiento de la Pasarela Peatonal.

La pasarela objeto de la presente investigación se situará sobre la Autopista Matanzas – Varadero a su paso por la Universidad de Matanzas Sede “Camilo Cienfuegos”.

La posible ubicación se debe a la necesidad de conexión de ambos márgenes de la vía con la Universidad para evitar posibles accidentes, así como brindar seguridad a los transeúntes en el cruce. Por ello se propone el mejor emplazamiento, en base a distintos criterios, para el cometido de la pasarela.



Figura 2.1: Emplazamiento de la Pasarela Peatonal.

Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros que se tienen en cuenta para la valoración son: longitud de la pasarela, accesibilidad (a partir de los itinerarios actuales, para permitir su construcción) y funcionalidad (conectividad y posición respecto a la población y al resto de los itinerarios peatonales).

2.2- Análisis de los estudios necesarios para el diseño de pasarelas peatonales.

Antes de poder hacer cualquier intento racional para evitar el conflicto entre el peatón y los vehículos, es necesario conocer primero los hechos que permiten establecer con precisión la ubicación y la magnitud del problema. Estos hechos se obtienen mediante un adecuado programa, ejecución y análisis de los estudios previos apropiados. (Olivas Ochoa, 2001), estos son necesarios desde el punto de vista de la economía, la funcionalidad y sobre todo de la seguridad, se realizan para obtener los datos necesarios de los anteproyectos y proyectos de la obra a ejecutar, varían en dependencia de la magnitud y alcance del trabajo a realizar en cuanto a su construcción.

2.2.1- Ejecución del aforo vehicular.

Los estudios de volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas, dentro de un sistema de carreteras o calles. Dichos datos se expresan en relación al tiempo y su conocimiento hace posible el desarrollo de una estimación razonable de la calidad del servicio prestado a los usuarios.

La clase de información recopilada y tabulada también varía. En algunos casos es necesario únicamente aforar vehículos durante un período corto, para otros casos, el período puede ser un día, una semana, un mes e inclusive un año.

Algunos estudios requieren detalles como la composición del tránsito en una corriente vehicular, mientras que otros requieren datos específicos sobre los movimientos de frente y de vueltas.

Existen dos métodos para realizar los aforos: (Olivas Ochoa, 2001)

- Método manual: Se utiliza para obtener datos de volúmenes de tránsito a través del ojo del personal de campo; hombres conocidos como "aforadores". Se utiliza cuando se requiere la clasificación vehicular, el factor direccional o la utilización de carriles
- Método automático: Para hacerlo existen diferentes tipos de contadores. Éstos pueden ser neumáticos, (el detector es una manguera); magnéticos, (el detector es una espiral

de alambre). Éstos detectores se colocan sobre el pavimento. Estos aparatos permiten captar el volumen de tránsito durante un período largo de tiempo

Para el caso de la pasarela peatonal a emplazar frente a la Universidad, es importante tener en cuenta el tráfico proveniente de Peñas Altas, así como el que viene de Varadero y Cárdenas, para ello se tomarán datos ya procesados en estudios anteriores a través de aforos realizados.

2.2.2- Ejecución del aforo peatonal.

Los aforos se toman para registrar el número de peatones que pasan por un punto, cruzan una vía o usan una acera.

Existen dos métodos básicos de aforo: (Olivas Ochoa, 2001) el mecánico (registro automático) y el manual.

- Aforo mecánico.- Consiste en un tapete de interruptores energizados por medio de batería, adherido a la acera y conectado a un contador de tránsito
- Aforo manual.- En estos aforos se puede recopilar información como: la dirección de los peatones, las edades y los tiempos de cruce

Tanto a nivel nacional como internacional se emplean ambos métodos, pero son estos últimos los más comunes ya que resultan económicos con respecto a los otros y hay mejor disponibilidad en el mercado.

Hay que tener en cuenta varios aspectos a la hora de la ejecución de un aforo peatonal para asegurar resultados lo más próximos a la realidad, de ahí que sea primordial tener en cuenta los posibles puntos críticos donde se espera el mayor flujo de peatones para decidir el número de puntos de conteo a colocar, así como la cantidad de personas necesarias en cada punto y las facilidades que se les garantizarán en función de la disponibilidad. Tener en cuenta los horarios picos, así como el día de la semana que más flujo de peatones concurre a la Universidad y los intervalos de tiempo en que se tomarán los datos.

Es necesario diseñar un modelo de planilla que se ajuste a los valores que se desea obtener para utilizar en el conteo en cuanto a edades (haciendo énfasis en las personas mayores de 50 años), dirección (cruzan o no la carretera), horarios de entrada o salida u otros y la

capacitación del personal que apoyará en la realización del estudio, en cuanto a las características y el contenido del modelo.

2.2.2.1- Análisis y procesamiento de los resultados del aforo peatonal.

La información recogida a través del aforo, será tabulada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, a través de la cual se confeccionarán flujogramas y gráficos que permitan determinar los horarios picos, las variaciones en el tiempo así como la determinación de los porcentos de peatones según la edad o la dirección en que viajan.

2.2.2.2- Determinación del flujo pico y promedio de peatones.

Para determinar el flujo crítico de peatones en períodos de quince minutos es necesario tabular los valores obtenidos en el aforo, separados por períodos de quince minutos y contabilizados como el total de personas que cruzan en ese período, independientemente del rango de edad. (Ortega García, 2018)

Para la construcción de un paso nuevo, donde el número de cruces está disperso en un área, se utilizará el valor total ya que el objetivo es que el flujo de personas se mueva por la pasarela. Cuando se desea revisar un puente o paso peatonal (ya construido), se contabilizará el total, independiente de su dirección debido a que las personas ocupan el mismo espacio físico sin tener en cuenta el sentido del recorrido.

Para determinar el flujo promedio de patones es necesario separar los valores por periodos de quince minutos luego realizar la sumatoria de todos los datos y dividirlos entre en número de periodos de quince minutos. (Ortega García, 2018)

Para el cálculo de cualquier valor promedio es posible, no obligatorio, eliminar el mayor y el menor valor de la muestra a consideración de los investigadores, para este tipo de análisis es recomendable emplear solo los horarios picos previamente determinados y períodos de aproximadamente dos horas.

2.2.2.3- Caracterización y descripción del fenómeno peatonal.

Teniendo en cuenta los resultados del aforo peatonal ya procesados en un modelo digital, donde se puede observar con mayor precisión y seguridad los valores obtenidos a partir de los gráficos construidos de "flujo peatonal-tiempo" del estudio realizado, se podrá caracterizar el fenómeno peatonal que se muestra en la zona para describir los movimientos más comunes de los peatones, se podrán describir las zonas de interés que atraen o generan el flujo peatonal, así como los lugares donde se produce el cruce o conflicto para poder entender el fenómeno como vía inicial a la solución de cualquier problema.

2.2.2.4- Determinación del ancho efectivo necesario para los valores presentes.

El método de Ancho Efectivo (A_e) para pasarelas peatonales toma en cuenta la elipse corporal de los peatones como valor para definir la capacidad de un sistema. (Ortega García, 2018)

$$A_e = \left(\frac{Q_{15}}{q * 4} \right) = \left(\frac{Q_{15}}{\frac{\Sigma 15}{4} * 4} \right) = \left(\frac{Q_{15}}{\Sigma 15} \right) \quad (2.1)$$

Donde:

- Q_{15} = Flujo pico de peatones en un periodo de 15 minutos
- q = flujo promedio de peatones (Peatones/min/m)
- $\Sigma 15$ = Peatones que pasan en una hora
- A_e = Ancho efectivo de la losa del puente

Una de las ventajas de este método es que permite determinar el ancho necesario de la losa del puente independientemente de su tecnología constructiva. Los valores finales obtenidos en metros no deben ser menores al mínimo establecido por las normas vigentes en correspondencia al lugar de emplazamiento, (Ortega García, 2018) que en Cuba es de 2.25 m.

2.2.2.5- Determinación del nivel de servicio para el ancho efectivo calculado.

Los criterios de niveles de servicio están basados en la hipótesis de que los peatones se distribuyen uniformemente sobre la anchura efectiva de una vía peatonal, de ahí que para la determinación del nivel de servicio de una vía deben tenerse en cuenta algunos criterios:

- Espacio ($m^2/\text{peatón}$): Es la superficie media de que dispone cada peatón en una zona peatonal o zona de colas (Olivas Ochoa, 2001)
- Volumen peatonal (flujo promedio de peatones (q) (Peatones/min/m): Número de peatones pasando por un punto en una unidad de tiempo, es la característica más importante del tránsito, ya que determina el ancho del camino peatonal
- Velocidad de caminata: La velocidad de caminata depende de la proporción de peatones de la tercera edad (de 65 años en adelante) dentro de la población caminante. Si esta proporción se encuentra entre (0-20) %, el valor definido por (Highway Capacity Manual, 2000) es de 1,2 m/s como velocidad recomendada en aceras y pasos exclusivamente peatonales. En caso de que la proporción antes mencionada rebase el 20 %, se recomienda considerar 1,0 m/s como velocidad de caminata. Por otra parte, una pendiente ascendente de 10 % o mayor reduce la velocidad de caminata a 0,1 m/s (AASTHO, 2001)
- Relación velocidad-capacidad (v/c) es el cociente de ambos valores): Es la relación que existe entre la velocidad del peatón al desplazarse y el flujo de personas que razonablemente puede esperarse que atravesase por un punto, sección uniforme o vía, durante un período de tiempo dado y en ciertas condiciones prevalecientes

La velocidad es uno de los aspectos más importantes a la hora de definir el nivel de servicio peatonal de una vía, tanto como lo son también la superficie disponible y la capacidad para mantener la intensidad peatonal en el sentido más cargado. Estos factores son de interés, sobre todo porque describen bien la sensación de calidad de superficie percibida por los peatones.

2.2.2.6- Proyección futura basada en el crecimiento poblacional.

Los valores de crecimiento poblacional están directamente relacionados con el volumen de personas que se transportan por diferentes motivos, de ahí que para las infraestructuras peatonales en concreto los pasos elevados sea más conveniente emplear los valores de crecimiento poblacional ya que mientras más personas habiten un determinado espacio, mayor será el traslado de los peatones en este, para así determinar el período de diseño para el cual se proyectará la estructura según las normativas vigentes, para determinar qué tiempo en el futuro se desea mantener un determinado nivel de servicio.

2.2.2.7- Determinación del nivel de servicio para los valores futuros.

A partir de la proyección futura de los flujos peatonales, se calculará el nivel de servicio en el que estará funcionando la estructura. Se valorarán los mismos parámetros antes señalados pero para valores futuros ya que esta forma se podrá evaluar si puede o no cumplir con el ciclo de vida útil esperado antes de estar en el nivel de servicio crítico. Estos niveles de servicio son basados en el área disponible por persona. (Ver anexo 1)

2.2.3- Análisis de otros estudios necesarios para el diseño de Pasarelas Peatonales.

2.2.3.1- Estudios Topográficos.

La topografía del lugar propuesto debe ser tal que se minimicen los altos cambios de nivel para los usuarios de los pasos a desnivel, así como para disminuir los costos en la construcción. Hay que tener en cuenta que estos cambios también afectan la conveniencia de usar los pasos por los peatones.

Será necesario establecer puntos de referencia para el replanteo durante la construcción de la obra, posibilitar la definición precisa de la ubicación de los elementos estructurales, definir la topografía de la zona de ubicación de la pasarela y sus accesos, indicarse con claridad la vegetación existente.

La instrumentación y el grado de precisión a emplear en los trabajos de campo y el procesamiento de datos deberán ser consistentes en la dimensión de la pasarela y sus accesos y con la magnitud del área estudiada. (Comunicaciones, 2003)

2.2.3.2- Estudios Geológicos y Geotécnicos.

Se realizan con el objetivo de establecer las características geológicas, tanto local como general de las diferentes formaciones geológicas que se encuentran, identificando tanto su distribución como sus características geotécnicas correspondientes. (Comunicaciones, 2003)

Esos consideran las exploraciones de campo, la revisión de la información existente, la zonificación morfológica de la zona, la definición de las propiedades mecánicas y físicas de los suelos y/o rocas, entre otras acciones.

Para el diseño de los elementos de la subestructura se tendrán en cuenta los aspectos de ingeniería estructural así como geotécnica. El nivel de ubicación de la cimentación depende del tipo de cimentación sea superficial o profunda, e irá apoyada sobre roca o suelo.

2.2.3.3- Estudios de Riesgo Sísmico.

Los sismos son temblores producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la tierra que se transmite a la superficie en forma de ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones.

Los estudios de riesgo sísmico tendrán como finalidad la determinación de espectros de diseño que definan las componentes horizontal y vertical del sismo a nivel de la cota de cimentación. (Comunicaciones, 2003)

El alcance de los estudios de riesgo sísmicos dependerá de la zona sísmica (Figura 2.2) donde se ubicará la pasarela, el tipo de pasarela y su longitud, así como las características del suelo, por tanto se hace necesaria la recopilación y clasificación de la información sobre los sismos observados en el pasado, con particular referencia a los daños reportados y a las posibles magnitudes y epicentros de los eventos, antecedentes geológicos, tectónica y sismotectónica de la zona de influencia. De ahí que las estructuras se proyecten para: resistir sismos leves sin daños, resistir sismos moderados, sin daños estructurales pero con daños económicamente reparables en elementos no estructurales y para resistir sismos intensos sin colapsar ni causar daños a las vidas humanas aunque con la posibilidad de daños estructurales importantes.

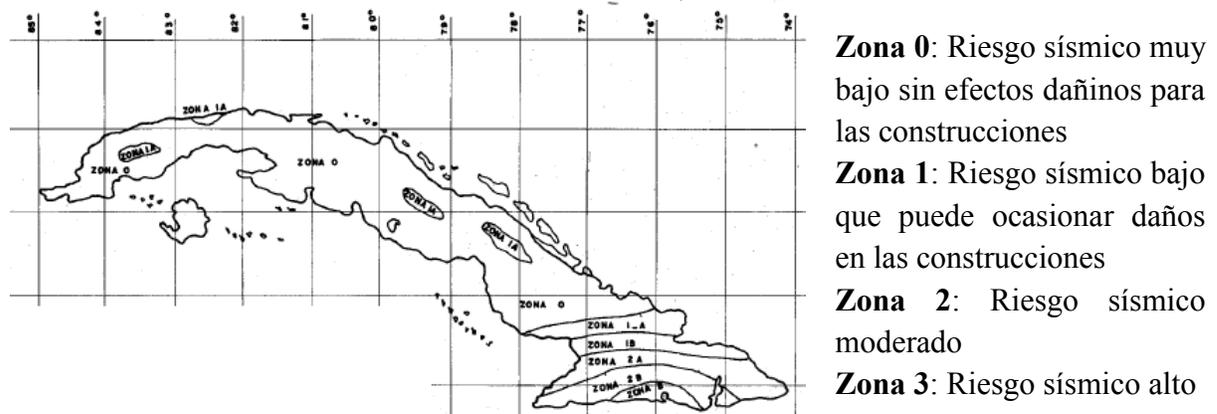


Figura 2.2: Mapa de zonificación sísmica con fines de Ingeniería.

Fuente: NC: 46:1999 Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción.

La provincia de Matanzas se encuentra ubicada en la Zona 0: Riesgo sísmico muy bajo sin efectos dañinos para las construcciones.

2.3- Análisis de las alternativas de pasarelas peatonales existentes.

Observar las distintas tipologías existentes de una misma infraestructura en un determinado contexto ayudará a comprender el estado de la técnica en cualquier lugar que se encuentre, las posibilidades que existen y las particularidades de carácter cultural y tradicional que pueden justificar la elección de una u otra. (Alvarez Pinedo, 2009)

Es necesario tener en cuenta la mayor cantidad de soluciones posibles, para ello se debe apreciar la estética por el elevado impacto visual que estas suelen tener, al ser un elemento notable en el paisaje que debe enriquecer el patrimonio construido a la par que se adapta a él, la disponibilidad ya que deben ser objetivas y acordes a la realidad económica y técnica con que se cuenta, sobre todo previendo que la tecnología esté a su alcance, valorar conscientemente la economía debido a que en países como Cuba donde es planificada y emergente es un factor que resulta fundamental pues por lo general se limitan los recursos y es necesario ajustarse a estas limitaciones y la durabilidad que tendrá ya que se debe garantizar un tiempo de vida útil adecuado en el que se garantice el mayor nivel de servicio posible con el menor costo de inversión en reparaciones posible. También se hace necesario tomar en consideración las afectaciones que se puedan provocar en la infraestructura vial a causa de su ejecución, así como los cambios que se puedan manifestar en un futuro y que esta debe ser capaz de resistirlos.

Son diversas las tipologías existentes, variando desde su forma: en arcos, atirantados, colgantes, puentes vigas, en ménsulas, combinaciones entre ellas u otras formas derivadas de las anteriores, hasta la utilización de los materiales que se emplean en su construcción como: los metálicos, entre ellos: perfiles armados, laminados, tubos estructurales, celosías metálicas, etc. con tableros de madera, hormigón, acero, etc., el acero puede ser usado en varias formas: acero corten, acero galvanizado, acero inoxidable y de secciones igualmente variables: de cajón, vigas T. Las de madera aunque no muy utilizada en estos tiempos, aun se emplean principalmente cuando se requiere conservar un ambiente natural, o sea en parques naturales o zonas ecológicas debido a la armonía que estas brindan con ese entorno, lo cual

no indica que se hayan dejado de usar para otros fines. Las de hormigón armado que son muy utilizadas en la actualidad y al igual que las otras pueden combinarse con acero, madera u otro material. Las de hormigón prefabricado donde gracias a la combinación del concreto y el acero de refuerzo es posible producir un elemento estructural, esfuerzos y deformaciones que contrarresten total o parcialmente a los producidos por las cargas gravitacionales que actúan en un elemento, lográndose así diseños más eficientes.

Las pasarelas peatonales de prefabricado son una tipología que presenta gran ventaja para su utilización en Cuba ya que se logra el ahorro de materiales, la disminución de peraltos, grandes claros, producción rápida e industrializada, control de calidad, ahorro en tiempo. (Rodríguez Díaz, 2018) Teniendo en cuenta que es una tecnología que ha sido utilizada anteriormente en la construcción de puentes en la Ciudad de Matanzas, un ejemplo que lo demuestra es la reparación del Puente Guanímar, donde las vigas empleadas se construyeron en la planta de Prefabricado existente en la provincia, se podría utilizar dicha experiencia en este tipo de tecnología nuevamente para la ejecución de la pasarela peatonal.

Otra tipología que resultaría ventajosa para su ejecución en la provincia es la metálica, donde se puede combinar con otro tipo de material, sea hormigón, madera o prefabricado, o hacerla completamente de metal, ya que se cuenta con vasta experiencia en la construcción de puentes metálicos, así como con la tecnología necesaria para su construcción.

Por tanto las pasarelas de prefabricado y las metálicas serían de las tipologías más ventajosas en cuanto a materiales a emplear en la provincia de Matanzas. Desde el punto de vista estético pueden ser varias las formas que se empleen para la pasarela, pero teniendo en cuenta las características económicas, limitaciones del país y la provincia en particular y la experiencia adquirida en la construcción de puentes a lo largo de la historia de la Ciudad de Matanzas, la autora propone las siguientes formas para la pasarela: en arco, con cerchas o una combinación entre arco y cerchas, que a su vez podrán ser con el tablero por encima, por debajo o intermedio, la opción más aceptable dependerá del prediseño que se realizará posteriormente.

2.4- Determinación de las cargas de diseño para puentes peatonales.

Según el Manual de Diseño de Puentes, (Comunicaciones, 2003) los puentes peatonales se proyectan considerando las siguientes cargas y fuerzas cuando existan:

- Carga Muerta
- Carga por publicidad, se deberá considerar cargas para las condiciones más críticas de estructuras publicitarias que pudieran ser instaladas en cada puente peatonal
- Carga Viva
- Impacto o Esfuerzo dinámico sobre la carga viva
- Cargas por Viento
- Otras Fuerzas cuando existan tales como: Fuerzas longitudinales, fuerzas centrífugas, fuerzas por cambio de temperatura, empuje de tierra, sub presión, esfuerzos por contracción de concreto, acortamiento por contracción del acero, esfuerzos durante el montaje, esfuerzos por sismo, entre otras

2.5- Análisis de la tecnología disponible en Cuba para el diseño de Pasarelas Peatonales.

No se puede plantear una obra civil en un país en vías de desarrollo de igual forma como se plantea en un país desarrollado dado que: los medios, materiales, maquinaria, etc. que aquí se usan, o bien no están disponibles, o son carísimos o sencillamente, no pueden acceder a la zona de la obra. (Alvarez Pinedo, 2009)

La construcción de pasarelas requiere la utilización de maquinaria. Es imprescindible conocer las posibilidades con que se cuenta en la zona de trabajo y el alcance de los contratistas locales. En el mejor de los casos hacerse la idea de que no se cuenta con la facilidad de tener maquinaria especializada, por lo cual la utilización de una mano de obra excesiva podrá contrarrestar el efecto de la falta de maquinaria.

La utilización de materiales locales es una prioridad, siempre y cuando se puedan alcanzar las durabilidades de diseño. La combinación de materiales locales con otros materiales (hormigón, cables de acero, estructuras metálicas u otros), será una buena solución.

La mano de obra se requiere para su montaje y puesta en marcha. Esta por su impacto puede ser calificada: cuyo personal de obra deberá tener un perfil profesional calificado para el trabajo a realizar y no calificada: cuyo personal de obra no dependerá de una capacitación especializada para realizar dicho trabajo.

En cuanto a la maquinaria a emplear todos los vehículos de movimiento de tierras y de manipulación de materiales deberían ser de buen diseño y construcción, habida cuenta, en la medida de lo posible, de los principios de la ergonomía, especialmente en lo que concierne a los asientos; y mantenerse en buen estado.

Cuba cuenta con una amplia gama de equipos para la construcción. La provincia de Matanzas cuenta con empresas que poseen su propio catálogo de equipos a utilizar en distintas obras, dentro de los que se pueden citar: (ARVI. Movimiento de Tierras, 2015) (Ver anexo 2)

- Camiones de Volteo: marca KAMAZ, de 7 m³ de capacidad, largo 6.7 m, ancho 2.50 m, altura 2.73 m, peso 10 t
- Camiones de Volteo: marca MAZ, de 6 m³ de capacidad, largo 6.7 m, ancho 2.50 m, altura 2.73 m, peso 10 t
- Camión de volteo: marca FIAT, de 11 m³ de capacidad, largo 4.25 m, ancho 1.65 m, altura 1.90 m, peso 3 t
- Camión Pipa de Agua: marca MAZ, largo 6.2 m, ancho 2.50 m, altura 2.20 m, peso 6t
- Camión Plataforma: marca ZIL, largo 6.2 m, ancho 2.50 m, altura 3.30 m, peso 6 t
- Camión Plataforma: marca KAMAZ, largo 14.25 m, ancho 2.50 m, altura 3.30 m, peso 12 t
- Camión Planta Engrase: marca ZIL, largo 6.25 m, ancho 2.50 m, altura 3.30 m, peso 6 t
- Camión Plataforma: marca FIAT, largo 10.25 m, ancho 2.50 m, altura 3.30 m, peso 30 t
- Camión Taller Móvil: marca IFA, largo 6.28 m, ancho 2.50 m, altura 3.30 m, peso 6 t
- Camión Taller Móvil: marca FIAT, largo 4.25 m, ancho 1.65 m, altura 1.90 m, peso 3t
- Cuñas Tractoras: marca FIAT, largo 4.25 m, ancho 1.65 m, altura 1.90 m, peso 3 t

- Tanques de agua sobre camión: marca ZIL, capacidad 1500 lts, largo 4.25 m, ancho 1.65 m, altura 1.90 m, peso 3 t
- Bulldozers sobre esteras hidráulico: marca FIAT, largo 5.25 m, ancho 2.50 m, altura 2.30 m, peso 30 t
- Cargador sobre neumáticos: marca UNC, de 2 m³ de capacidad largo 6.20 m, ancho 2.50 m, altura 3.30 m, peso 20 t
- Cargador sobre neumáticos: marca VOLVO, de 1.5 m³ de capacidad, largo 5.20 m, ancho 2.50 m, altura 2.00 m, peso 20 t
- Grúa sobre esteras retroexcavadora: marca FIATALLIS, de 1 m³ de capacidad, largo 6.50 m, ancho 2.50 m, altura 3.30 m, peso 25 t
- Compresor de combustible semirremolque: marca BETICO, largo 3.25 m, ancho 1.50 m, altura 2.30 m, peso 4 t
- Motovolqueta de combustión: marca GUAMA, de 0.75 m³ de capacidad, largo 3.25 m, ancho 1.50 m, altura 1.30 m, peso 2 t
- Bomba de agua de combustión: marca VARISCO, de 2500 lts/seg de capacidad, largo 2.25 m, ancho 1.00 m, altura 1.20 m, peso 1 t

Conclusiones Parciales

A partir de la determinación de los parámetros característicos para el prediseño de los modelos de pasarelas peatonales, el comportamiento de los flujos peatonales, y la tecnología disponible en el país para la construcción de pasarelas; se concluye que:

1. El comportamiento de los flujos peatonales y las condiciones de emplazamiento de la pasarela peatonal son estudios necesarios para obtener los parámetros característicos de la misma y realizar su prediseño en el campo universitario.
2. Se determinaron las posibles técnicas y tecnologías para el prediseño de la pasarela peatonal debido a las condiciones de emplazamiento de la misma.
3. Se empleará para el prediseño de la pasarela peatonal la normativa extranjera vigente AASTHO, apoyada por otras normativas cubanas para complementar dicho prediseño.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

En este capítulo se analizarán los datos obtenidos a partir de los estudios de campos realizados y consultados. Se valorarán las posibles opciones de emplazamiento de las alternativas de pasarelas peatonales elevada para el campo universitario con la tecnología disponible en el país, así como el diseño geométrico de la pasarela y los accesos.

3.1- Ubicación de la Pasarela Peatonal.

Teniendo en cuenta el espacio disponible a ambos lados de la vía y que el terreno es predominantemente llano en esta zona (ver figura 3.2 a) y b), el posible emplazamiento de la pasarela puede ser al Este de la entrada que actualmente utilizan los peatones para acceder a la Universidad, o sea en la dirección Varadero-Matanzas antes de la parada existente al norte de la vía (hacia Matanzas) y lo que actualmente se utiliza como parada al sur de la vía (hacia Varadero), con un esviaje de cero grados como se muestra en la figura 3.1. Por esta razón será necesario mover la entrada a la Universidad de donde actualmente está. Se decidió emplazarla en este lugar por la disponibilidad de área que se puede usar para este fin, ya que hacia el oeste de la entrada a la Universidad, se encuentran viviendas (cerca de la parada actual hacia Matanzas) y el campo de tiro.



Figura 3.1: Área de ubicación de la Pasarela Peatonal.
Fuente: Elaboración propia.



a)



b)

Figura 3.2: Espacios disponibles en el área de ubicación: a) En la dirección Varadero-Matanzas. b) En la dirección Matanzas-Varadero.

Fuente: Elaboración propia.

Hay que tener en cuenta los obstáculos que se presentan en la zona, tales como los postes de tendido eléctrico y las luminarias presentes a lo largo de la vía lo que podría dificultar el emplazamiento de la misma pues también la cruzan de un lado a otro, las señales de tránsito que a pesar de estar enclavadas a las distancias recomendadas de la vía pueden obstaculizar la ubicación de los accesos, el cable de fibra óptica soterrado que pasa cercano a la vía según planos consultados. (Ver anexo 3)

3.2- Desarrollo del aforo vehicular.

Con el objetivo de distinguir los flujos de tráfico que atraviesan la Vía Blanca en el Km 3 ½, se consultaron estudios realizados por autores como (Rodríguez Rodríguez, 2016) y (Arencibia Fundora, 2016) los cuales dieron soluciones al nudo vial de Peñas Altas tanto a nivel como a desnivel, coincidiendo en los valores de flujo vehicular para el año 2016, como se muestra en la figura 3.3.

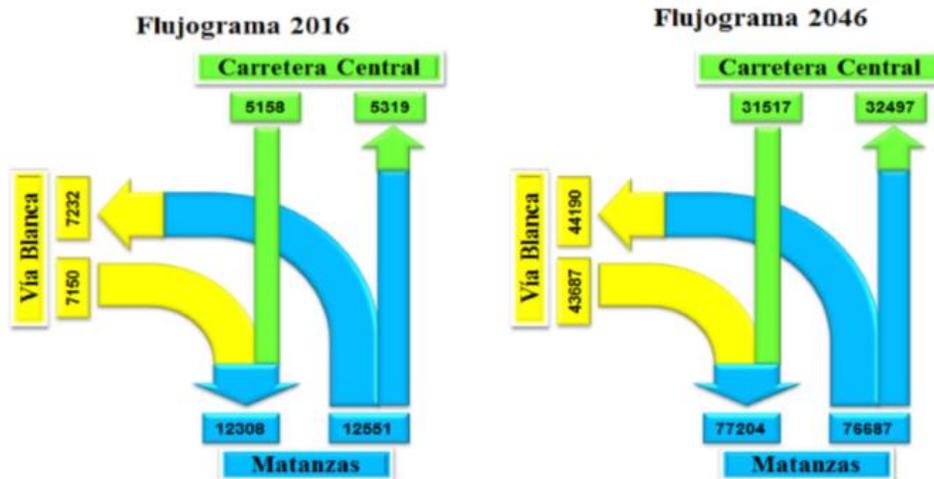


Figura 3.3: *Fujograma de las Corrientes vehiculares del nudo de Peñas Altas.*
Fuente: (Rodríguez Rodríguez, 2016)

Conociendo estos flujogramas se puede estimar el flujo actual (para el año 2019) y para el futuro en un período de 21 años (para el 2040), como se muestra en la figura 3.4.

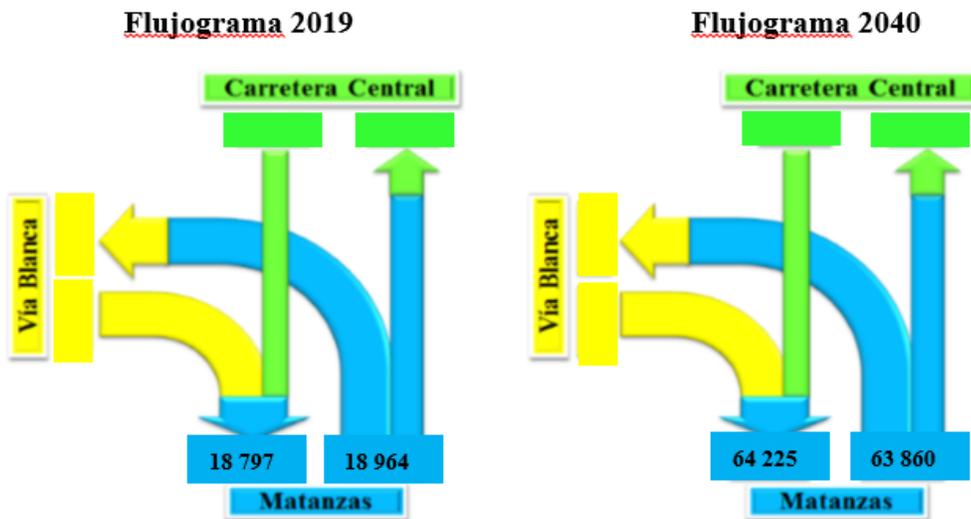


Figura 3.4: *Fujograma de las Corrientes vehiculares del nudo de Peñas Altas actual y para un período de 21 años.*
Fuente: *Elaboración propia en aproximación a (Rodríguez Rodríguez, 2016).*

A partir de los resultados obtenidos tanto en el aforo vehicular como en el peatonal queda justificado el empleo de una pasarela peatonal, en lugar de otro tipo de cruce a nivel, pues el volumen peatonal debe ser mayor de 100 peatones durante los períodos horarios más altos, la velocidad de los vehículos mayor a 60 km/h (en el caso de la zona de la Universidad está restringida a 70 Km/h) y el volumen vehicular debe ser mayor de 10.000 vehículos.

3.3- Desarrollo del aforo peatonal.

El lunes 25 de marzo del 2019 se realizó un aforo peatonal, de forma manual con los objetivos de determinar los flujos peatonales en la zona del Km 3 ½ de la Vía Blanca y caracterizar este fenómeno para brindar una solución al problema que se crea en los horarios picos de la mañana y la tarde cuando los peatones necesitan realizar el cruce de dicha vía, debido al alto flujo vehicular que posee. Para ello se tuvieron en cuenta un grupo de características:

- Se ubicaron dos puntos de conteo, con dos personas en cada uno. El primer punto fue ubicado al Norte de la Vía Blanca aproximadamente frente a la parada de ómnibus existente en la Universidad y el segundo punto fue ubicado al Sur de la misma cerca del Puente de entrada a la Universidad
- Como personal de apoyo se utilizó estudiantes de quinto año de Ingeniería Civil, supervisados por la Ing. Sandra Alfonso Alvarez y la capacitación previa del Ing. Homero Morciego Esquivel
- Se seleccionó un día lunes por coincidir con la llegada al Centro de los estudiantes becados, que generalmente no viajan entre semana
- Los conteos se realizaron en dos momentos, en períodos de quince minutos comenzando a las 7:30 am y concluyendo a las 9:30 am el primer tiempo y de 12:30 pm a 2:30 pm el segundo tiempo. Estos intervalos fueron escogidos por coincidir con los horarios picos en la mañana y la tarde respectivamente, basándose en estudios previos sobre flujos vehiculares, así como la experiencia de los propios trabajadores, estudiantes del centro y los habitantes de la zona
- Se realizó el conteo en dos direcciones principales: las personas que salen y las personas que entran en el centro, subdividiendo estas a su vez en las que cruzan y las que no cruzan la vía. Con el fin de poder caracterizar mejor el flujo obtenido y estudiar valores como la Velocidad de Caminata y la necesidad o no de emplear facilidades especiales para personas con determinado grado de discapacidad se separó a los peatones mayores de 50 años del resto de los patones

3.3.1- Análisis de los datos del aforo peatonal y descripción de la zona.

Los datos obtenidos en el aforo peatonal de manera manual fueron tabulados posteriormente en trabajo de gabinete, para ello se utilizó una hoja de cálculo de Microsoft Excel, para facilitar el análisis de los datos matemáticos y probabilísticos.

Luego del análisis y procesamiento de los datos en ambos puntos se destacan los siguientes valores en la tabla 3.1 reflejando cuantas personas cruzan o no la vía al entrar o salir de la Universidad.

Tabla 3.1-Valores del aforo peatonal

Puntos			Flujo Total (Incluyendo las personas mayores de 50 años)	Promedio de peatones en intervalo de 15 min.	Valores máximos en intervalos de 15 min.	Valores mínimos en intervalos de 15 min.
Mañana	Entran (Punto. 1)	Cruzan	378	48	106	13
		No cruzan	519	65	127	36
	Salen (Punto. 2)	Cruzan	94	12	19	7
		No cruzan	46	6	10	1
Tarde	Entran (Punto. 1)	Cruzan	46	6	17	0
		No cruzan	87	11	20	2
	Salen (Punto. 2)	Cruzan	243	31	57	10
		No cruzan	224	28	56	9

Fuente: Elaboración propia.

Para facilitar el análisis y la caracterización del comportamiento del fenómeno peatonal, la autora decide dividir en dos puntos la zona a estudiar, como se muestra en la figura 3.5.



Figura 3.5: Fugograma del comportamiento peatonal.

Fuente: Elaboración propia.

Zona 1: Comprende el territorio hacia el interior del municipio de Matanzas y los municipios que se sirven de esta vía para acceder a la Universidad.

Zona 2: Comprende el territorio hacia Santa Marta, Varadero, Cárdenas y los municipios que se sirven de esta vía para acceder a la Universidad.

Estos dos puntos sirvieron para subdividir a las personas que cruzan la vía y la que no la cruzan tanto para entrar como para salir del Centro. Obteniéndose en la mañana durante un período de dos horas que abarcó desde las 7:30 am hasta las 9:30 am un total de 472 peatones que Cruzan la vía, del cual los adultos mayores de 50 años representan un 8.26%, y 565 peatones que no Cruzan la vía con un 10.08% de adultos mayores de 50 años. En la tarde para un período de dos horas igual que la mañana, que abarcó desde las 12:30 pm hasta las 2:30 pm, se contó un total de 289 peatones que Cruzan la vía, de los cuales un 11.07% fueron adultos mayores de 50 años y un total de 311 peatones que no Cruzan la vía, con un 6.75% de adultos mayores de 50 años; para un total en la mañana entre los peatones que no cruzan y que Cruzan la vía de 1037 peatones, de los que un 9.25% representan personas mayores de 50 años y en la tarde 600 peatones de ellos un 8.83% de peatones mayores de 50 años.

3.3.2- Determinación del flujo pico de peatones.

Se determina el flujo pico de peatones o flujo máximo Q_{15} en intervalos de 15 minutos a partir de los datos analizados en el aforo y de una comparación realizada de estos valores, obteniéndose como máxima cantidad de personas un valor de 127, se utilizará este valor debido a que sobresale de la media de valores máximos en intervalos de 15 minutos por lo que podrá aumentar considerablemente el valor pico de peatones en vista que lo que se desea es unir ambas corrientes peatonales hacia un mismo punto.

Números de peatones que pasan en una hora: ($\sum 15$)

- $Q_{15} \times 4 = 508$ peatones (3.1)

- $\sum 15_{\max} = 359$ peatones (3.2)

- $\sum 15_{\text{prom}} \times 4 = 192$ peatones (3.3)

Para los cálculos se empleará 359 como valor de los peatones en una hora ($\sum 15$) por ser un dato real más lógico y fiable estadísticamente porque fue tomado directamente del aforo peatonal.

3.3.3- Determinación del flujo promedio de peatones.

El flujo promedio de peatones "q" se calcula como la sumatoria del total de valores entre la cantidad de periodos de quince minutos en que se divide el tiempo de ejecución del aforo. Se calculará solamente para los peatones que cruzan la vía, en este caso como el tiempo es de dos horas tanto para la mañana como para la tarde, el número de intervalos "n" será 8. Para los cálculos se tomará el valor más crítico.

Mañana. (Entran al Centro)

$$\Sigma 15_{\text{total}} = 378 \quad \text{Períodos} = 8 \quad \text{Promedio} = \mathbf{48 \text{ peatones}} \quad (3.4)$$

Mañana. (Salen del Centro)

$$\Sigma 15_{\text{total}} = 94 \quad \text{Períodos} = 8 \quad \text{Promedio} = 12 \text{ peatones} \quad (3.5)$$

Tarde. (Entran al centro)

$$\Sigma 15_{\text{total}} = 46 \quad \text{Períodos} = 8 \quad \text{Promedio} = 6 \text{ peatones} \quad (3.6)$$

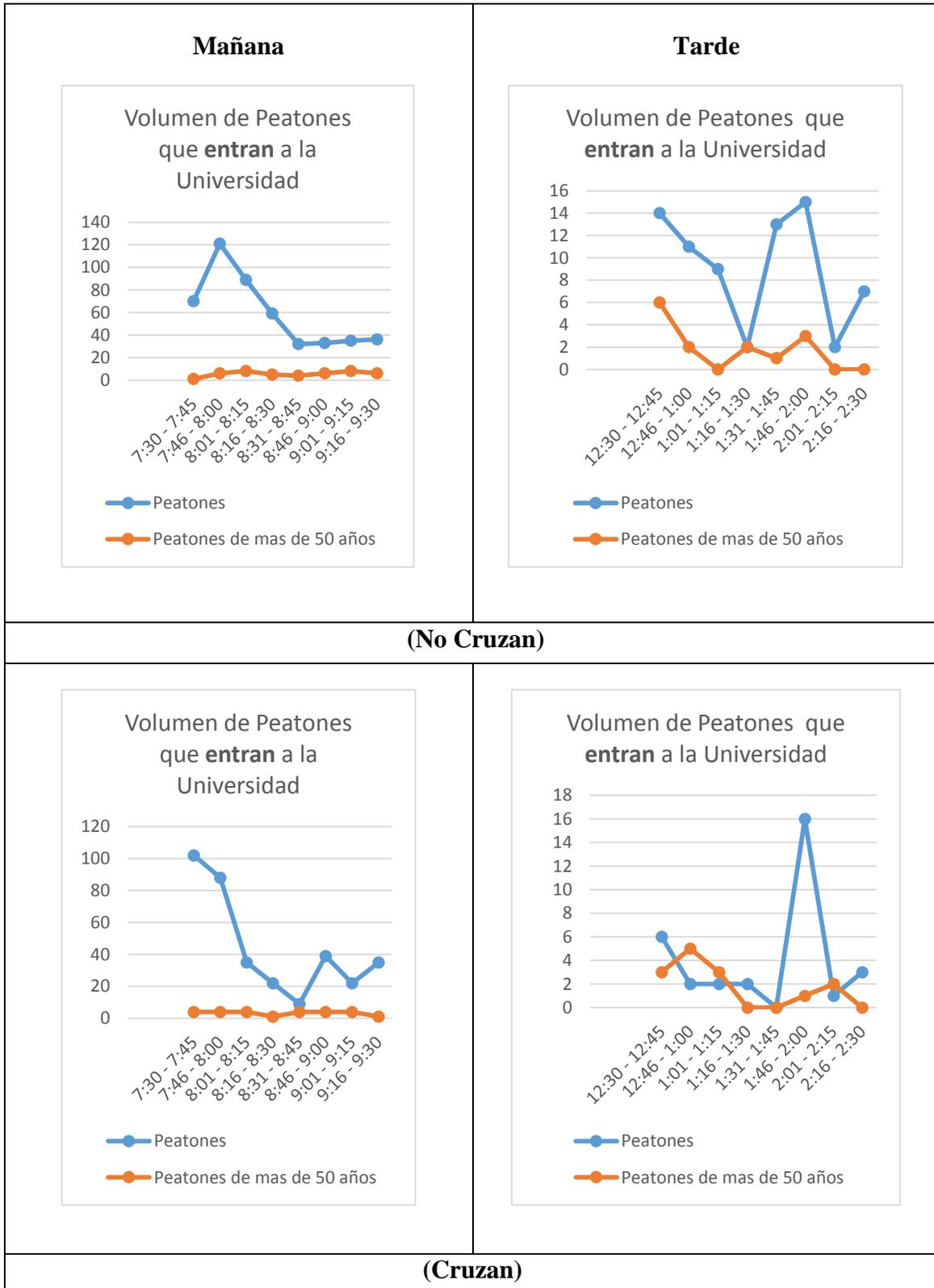
Tarde. (Salen del Centro)

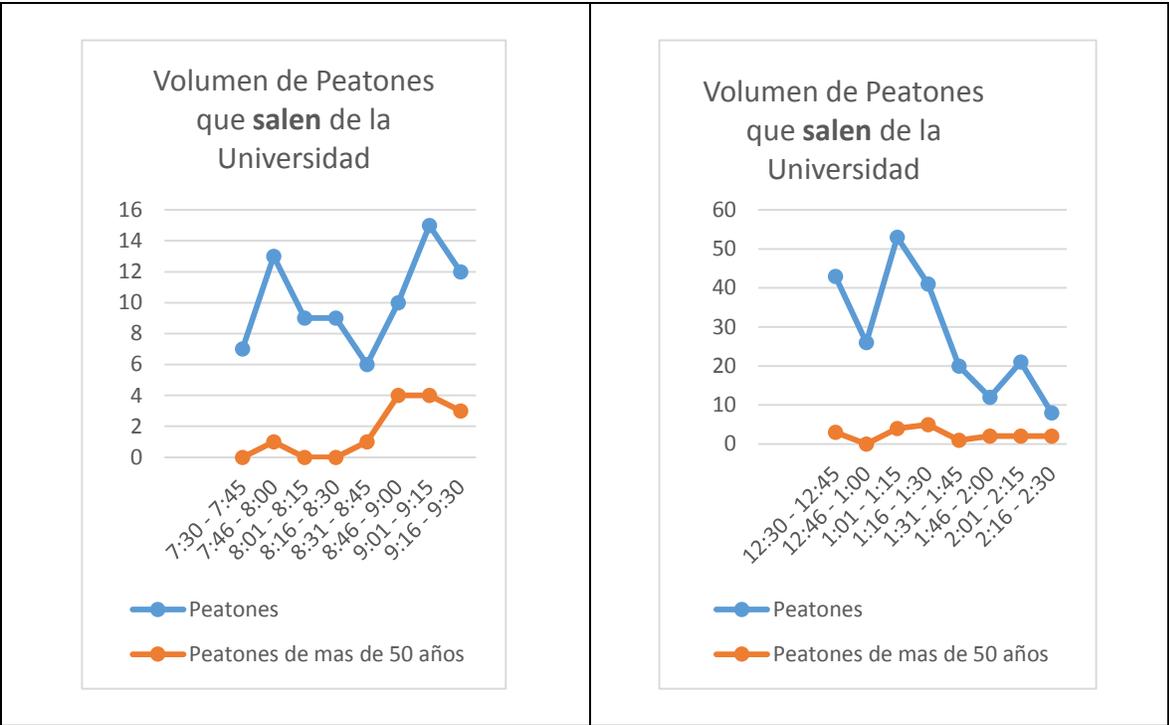
$$\Sigma 15_{\text{total}} = 243 \quad \text{Períodos} = 8 \quad \text{Promedio} = 31 \text{ peatones.} \quad (3.7)$$

3.3.4- Caracterización y descripción del fenómeno peatonal.

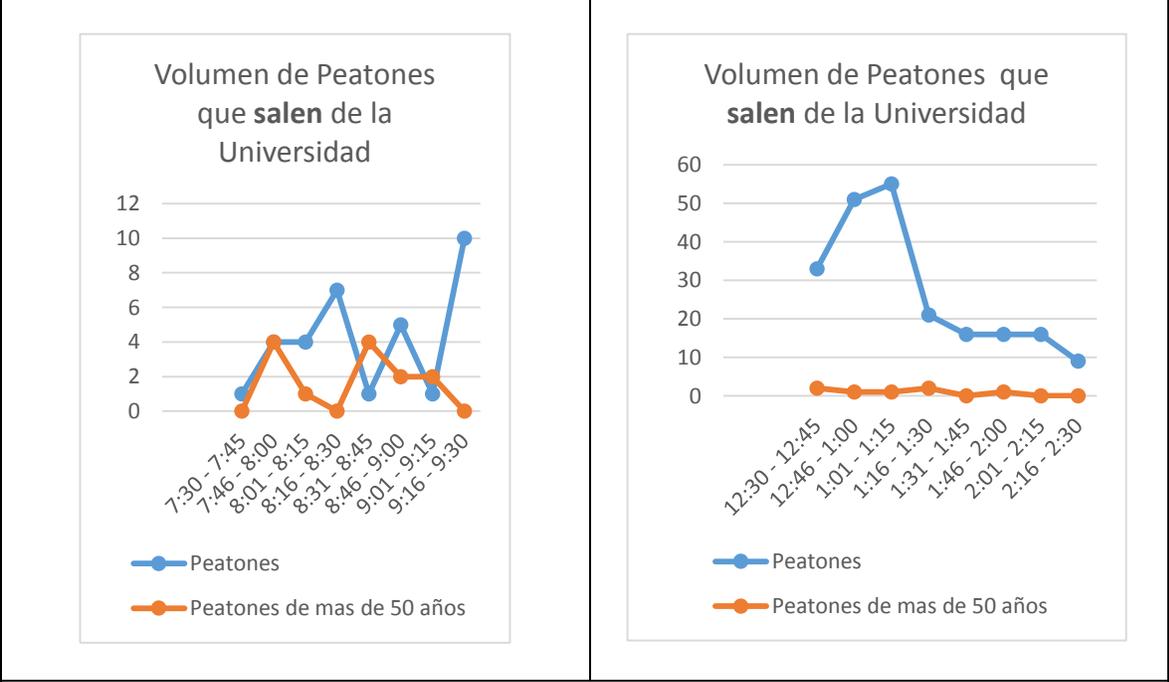
El fenómeno peatonal y su comportamiento en esta zona están determinado por la necesidad de los peatones de moverse entre Matanzas – Varadero –Cárdenas y Santa Marta hasta la Sede Camilo Cienfuegos de la Universidad de Matanzas. Los mayores volúmenes de peatones se desplazan en la mañana entre las 7:30 am y las 9:30 am y en las tarde entre las 12:30 pm y 2:30 pm. Este desarrollo se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2- Desarrollo del movimiento peatonal





(Cruzan)



(No Cruzan)

Fuente: elaboración propia.

Este comportamiento coincide con el horario de servicio del transporte público hacia las ciudades de Matanzas, Cárdenas y Varadero, la entrada de los estudiantes y profesores a la Sede Camilo Cienfuegos de la Universidad de Matanzas y el traslado de los trabajadores que residen en los pueblos adyacentes hacia sus empleos.

En la Zona 1 (hacia el interior del municipio de Matanzas) uno de los movimientos principales es el cruce de la vía para acceder a la Universidad por parte de las personas que vienen de Varadero, Cárdenas y los municipios que se sirven de la vía para llegar a esta, ya que son muy pocas las personas que por algún motivo en particular hacen parada en ese lugar y no cruzan la vía. El otro movimiento que con frecuencia ocurre es a la salida del centro ya que los moradores del municipio cruzan la vía para dirigirse a la parada de ómnibus. La figura 3.6 muestra los movimientos antes mencionados de los peatones en la vía.



Figura 3.6: *Cruce peatonal de la vía.*
Fuente: *Elaboración propia.*

En la Zona 2 (hacia Varadero, Cárdenas, etc.) los movimientos principales no incluyen el cruce de la calzada, ya que estos solo se dan para la entrada al centro de las personas que vienen del interior del municipio de Matanzas y para las personas que salen del centro y se dirigen hacia Varadero, Cárdenas o los municipios que utilizan dicha vía para comunicarse. La figura 3.7 muestra los movimientos antes mencionados de los peatones.



Figura 3.7: *Peatones que no cruzan la vía.*
Fuente: *Elaboración propia.*

3.4- Determinación del ancho efectivo necesario para los valores presentes.

En la determinación del ancho efectivo necesario se utilizarán los siguientes valores como resultado de la combinación de los datos obtenidos en los aforos realizados.

- Q15 (Flujo pico de peatones en un período de 15 minutos) = 127 peatones
- q flujo promedio de peatones = 48 peatones
- $\Sigma 15$ Peatones que pasan en una hora = 359 peatones
- Ae Ancho efectivo de la losa del puente (Cálculo) = 0.35 m

$$Ae = \left(\frac{Q15}{q * 4} \right) = \left(\frac{Q15}{\frac{\Sigma 15}{4} * 4} \right) = \left(\frac{Q15}{\Sigma 15} \right) = \left(\frac{127}{359} \right) = (0.35 \text{ m}) \quad (3.8)$$

Tabla 3.3 - Ancho mínimo por países.

País	Ancho mínimo (m)	Cumple	No cumple
Cuba	2.25		X
España	1.8		X
México	2.3		X
Valor Universal	2.4		X

Fuente: Elaboración propia.

Comparando el valor obtenido en cálculos con los establecidos por normas en varios países (tabla 3.3), se llega a la conclusión de que no cumple para estos, por lo que la autora decide establecer como valor de ancho efectivo inicial recomendable 2.4 m. Este valor cumple para el mínimo recomendado en Cuba, así como para los establecidos por normas en otros países.

3.4.1- Determinación del nivel de servicio para el ancho efectivo calculado.

Para determinar el nivel de servicio que actualmente presentaría la pasarela es necesario analizar varios valores:

- Espacio (m²/peatón) = 1,0m*2,4m = 2.4 m² (3.9)

- Volumen peatonal (p/min) = 48 peatones/ 2.4 m = 20 p/m/min (3.10)

- Velocidad de Caminata (m/s) = 1,2 m/s (3.11)

- Relación (v/c) = 20/123 = 0.17 (3.12)

Las normas americanas AASTHO asumen como velocidad de caminata para peatones valores entre 0.8 y 1.8 m/s, utilizando como valor de velocidad media de peatones 1.2 m/s (se asume que las personas mayores tienen una velocidad menor a esta) y respetando una elipse corporal de 75 cm² para 3 peatones a lo ancho de la pasarela y 41 a lo largo de la misma se estima una capacidad de 123 peatones/metro/min.

Con un ancho efectivo de 2.4 m la estructura se comporta entre los niveles de servicio A, B, C y D (Tabla 3.4) para los valores presentes bajo el criterio del (Highway Capacity Manual, 2000) cuyo nivel de exigencia es elevado y cumple con el valor universal de movilidad estándar.

Tabla 3.4: Criterios para establecer los niveles de servicio de la infraestructura peatonal.

Nivel de servicio	Espacio (m ² /p)	Volumen peatonal (p/min/m)	Velocidad de caminata (m/s)	Relación (v/c)
A	> 5,60	≤ 16	> 1,30	≤ 0,21
B	> 3,70-5,60	> 16-23	> 1,27-1,30	> 0,21-0,31
C	> 2,20-3,70	> 23-33	> 1,22-1,27	> 0,31-0,44
D	> 1,40-2,20	> 33-49	> 1,14-1,22	> 0,44-0,65
E	> 0,75-1,40	> 49-75	> 0,75-1,14	> 0,65-1,00
F	≤ 0,75	variable	≤ 0,75	Variable

Fuente: Elaboración propia en aproximación al (Highway Capacity Manual, 2000)

3.4.2- Proyección futura basada en el crecimiento poblacional.

En la tabla 3.5 se muestran los datos obtenidos por el Centro de Estudios de Población y Desarrollo CEPDE, de la Oficina Nacional de Estadística e Información ONEI, los que se utilizarán para proyectar los valores futuros de crecimiento poblacional y emplearlos como razón de crecimiento para el cálculo del valor estimado de flujo en un periodo de diseño de 21 años, o sea para el 2040.

Tabla 3.5: Relación Población de Matanzas-Tasa de crecimiento.

Año	Poblacion (Matanzas)	Tasa de crecimiento (%)
2019	721200	0.42
2020	724598	0.46
2025	737838	1.71
2030	742762	0.66
2035	739707	0.66
2040	731316	0.66

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos ofrecidos por la ONEI de la población proyectada para el futuro se determinó la razón de crecimiento de un año con respecto al anterior, al proyectarse un decrecimiento en la población matancera a partir del año 2030, se asume una tasa de crecimiento constante de 0.66 % hasta el año 2040.

Teniendo en cuenta estos valores de crecimiento poblacional y las estadísticas de la Universidad encuaneto a las matrículas del centro desde el curso 2009-2010 hasta el actual curso 2018-2019 (Tabla 3.6) se estableció una relación para hallar los valores de las matrículas de la Universidad y del flujo peatonal estimados hasta el año 2040 (Tabla 3.7).

Tabla 3.6: Matrícula Universidad

<i>Curso Escolar</i>	<i>Matrículas Universidad Sede "Camilo Cienfuegos"</i>
2009-2010	20688
2010-2011	17791
2011-2012	12759
2012-2013	9029
2013-2014	6021
2014-2015	5357
2015-2016	4875
2016-2017	7689
2017-2018	7736
2018-2019	8864

Fuente: Departamento de Estadísticas. Universidad de Matanzas.

Tabla 3.7: Determinación de las Matrículas de la Universidad y los flujos peatonales futuros.

Año	Razón de Crecimiento (%)	Matrícula Inicial	Matrícula Futura	Flujo Peatonal Inicial	Flujo Peatonal Futuro
2020	0.46	8864	8964	1037	1042
2025	1.79	8964	9624	1042	1119
2030	0.66	9624	9881	1119	1149
2035	0.66	9624	9881	1119	1149
2040	0.66	9624	9881	1119	1149

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3- Determinación de los niveles de servicio futuros para 2.4 m.

A través del empleo de la tabla de criterios para establecer los niveles de servicio de la infraestructura peatonal que propone el Highway Capacity Manual, 2000 cuyos parámetros de calidad son elevados y están basados en el índice de masa corporal de EUA, se determinarán los niveles de servicio para los años futuros (hasta el 2030, debido a que se asume un comportamiento estable para los años 2035 y 2040 en consideración a las estadísticas de proyección futuras para esos años) para el ancho efectivo calculado de 2.4 m.

Tabla 3.8 Niveles de servicio para años futuros.

Año	Flujo	Q ₁₅	q	V	V/c	Nivel
2020	1042	128	49	21	0.17	C
2025	1119	138	53	23	0.18	C
2030	1149	142	55	23	0.18	C
2035	1149	142	55	23	0.18	C
2040	1149	142	55	23	0.18	C

Fuente: Elaboración propia

3.4.4- Determinación de los niveles de servicio futuros para 3.0 m.

Se determinarán los niveles de servicios futuros para un valor final de 3.0m

- Espacio (m²/peatón) = 1,0m*3.0 m = 3 m² (3.13)

- Volumen peatonal (p/min) = 48 peatones/ 3.0 m= 16 p/m/min (3.14)

- Velocidad de Caminata (m/s) = 1,2 m/s (3.15)

- Relación (v/c) = 16/164 = 0.09 (3.16)

Teniendo en cuenta la elipse corporal con que se mueve el peatón de 75 cm², para 4 peatones a lo ancho y 41 a lo largo de la pasarela se estima una capacidad de 164 peatones.

Tabla 3.9 Niveles de servicio para años futuros.

Nivel de servicio	Espacio (m ² /p)	Volumen peatonal (p/min/m)	Velocidad de caminata (m/s)	Relación (v/c)
A	> 5,60	≤ 16	> 1,30	≤ 0,21
B	> 3,70-5,60	> 16-23	> 1,27-1,30	> 0,21-0,31
C	> 2,20-3,70	> 23-33	> 1,22-1,27	> 0,31-0,44
D	> 1,40-2,20	> 33-49	> 1,14-1,22	> 0,44-0,65
E	> 0,75-1,40	> 49-75	> 0,75-1,14	> 0,65-1,00
F	≤ 0,75	variable	≤ 0,75	Variable

Fuente: Elaboración propia en aproximación al (Highway Capacity Manual, 2000)

Con un ancho efectivo de 3 m la estructura se comporta entre los niveles de servicio A, C y D (Tabla 3.9) para los valores presentes bajo el criterio del (Highway Capacity Manual, 2000) cuyo nivel de exigencia es elevado y cumple con el valor universal de movilidad estándar.

Teniendo en cuenta que para los valores actuales el nuevo ancho efectivo calculado de 3m cumple con los requisitos del HCM se calculan los niveles de servicio hasta el año 2040.

Tabla 3.10 Niveles de servicio para años futuros.

Año	Flujo	Q ₁₅	q	V	V/c	Nivel
2020	1042	128	49	17	0.10	C
2025	1119	138	53	18	0.11	C
2030	1149	142	55	19	0.12	C
2035	1149	142	55	19	0.12	C
2040	1149	142	55	19	0.12	C

Fuente: Elaboración propia.

El valor de diseño de 3.0 m puede considerarse definitivo pues cumple con las normas nacionales e internacionales de diseño, el valor de accesibilidad Universal y más específicamente con el establecido por norma para Cuba.

3.5- Análisis de los estudios de suelos realizados en la zona de emplazamiento de la Pasarela Peatonal.

La zona donde se encuentra localizada la Sede "Camilo Cienfuegos" de la Universidad de Matanzas, ha sido estudiada anteriormente por la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA), para proyectos que ya han sido ejecutados. En el Archivo de la Empresa se consultaron los estudios realizados en varias zonas del lugar:

- Estudio realizado sobre el comportamiento del terreno en cuanto a permeabilidad de los Campos Deportivos del Centro Universitario entre 1982-1983 para realizar el proyecto de drenaje de dichos campos
- Estudio geotécnico para la cimentación del Centro de Información de la Universidad en 1979
- Estudio geotécnico para la cimentación de un Almacén que se determinó ubicar en un terreno aledaño al centro, aproximadamente al este de las edificaciones existentes en esa época y cercana a la carretera que va desde la Central a la Vía Blanca en 1977
- Estudio realizado para la determinación de la geología existente en la zona para la construcción de dos edificios que se unirían al conjunto de edificios ya existentes en 1984
- Estudio Ingeniero-Geológico del área que ocuparía la zona del Teatro "Julio Antonio Mella" en 1986

- Estudio de riesgo y vulnerabilidad sísmica en los viales de interés nacional de la provincia de Matanzas, en el 2012

3.5.1- Análisis de estudios Sísmicos.

Luego de consultar el Estudio de riesgo y vulnerabilidad sísmica realizado por la ((ENIA), 2012) se concluye que a pesar de que la NC 46:1999 ubica a toda la provincia de Matanzas en la Zona 0, de acuerdo al esquema de zonas sísmicas del sector de la construcción, la Defensa Civil tiene identificadas 25 zonas sísmicas que determinan peligro sísmico para el territorio, en la provincia se reporta la ocurrencia de terremotos en todos los meses del año con cierta concentración hacia marzo-abril, septiembre, octubre y diciembre.

Se analizó el estado constructivo de los puentes y obras de fábricas en cuanto a resistencia sísmica, en el tramo Peñas Altas – Boca de Camarioca, arrojando como resultado que presentan regular o buen estado constructivo, ejemplo el puente Buey-Vaca (nuevo) presenta un estado técnico bueno, según las intensidades máximas reportadas entre 1502 y 2000 han sido de 5 grados según la escala MSK, para un peligro de 2 y vulnerabilidad de 1, para un riesgo normalizado de 0.2; otro ejemplo es el puente Canímar (Antonio Guiteras) presenta un estado técnico regular, según las intensidades máximas reportadas entre 1502 y 2000 han sido de 5 grados según la escala MSK, para un peligro de 2 y vulnerabilidad de 2, para un riesgo normalizado de 0.4.

Por tanto siguiendo el criterio de zonación del territorio de acuerdo a las intensidades máximas reportadas, la zona donde se emplazará la pasarela está ubicada dentro de las intensidades máximas reportadas de 5 grados en la escala MSK, o sea un nivel de peligro medio (2) de los tres niveles existentes (bajo: menos de 5°, medio: 5 ° y alto: 6°).

3.5.2- Análisis de estudios Ingeniero-Geológicos, Geotécnicos y Topográficos.

Luego de consultar los estudios Ingeniero-Geológicos, Geotécnicos y Topográficos realizados por ((ENIA), 1977, (ENIA), 1979, (ENIA), 1982-1983, (ENIA), 1984, (ENIA), 1986) de la zona donde se encuentra emplazada la Sede “Camilo Cienfuegos” de La Universidad de Matanzas, se concluyó que el terreno es bastante llano y se encuentra cubierto por una vegetación herbácea pequeña, posee fácil acceso, el área queda comprendida en una

llanura Costera Marina, abrasiva diseccionada con una altura de 30 a 35 m que presenta una ligera inclinación al mar. Es una zona carsificada. Según el estudio realizado para conocer la permeabilidad en los Campos Deportivos del Centro concluyeron que las aguas subterráneas yacen profundamente, que las condiciones hidrogeológicas en esta parte de la provincia se caracteriza por la presencia de un manto acuífero en la calizas y con un nivel de agua un poco por encima de la cota 0+00. El agua pluvial después de que pasa por la arcillas, escurre rápidamente por las calizas hacia el nivel de agua. Para conocer el coeficiente de filtración de la capa superior de las calizas se realizaron pruebas y se calculó de manera diferente según donde estaban ubicadas las calas de acuerdo a los diferentes métodos de cálculo, adoptándose como coeficiente promedio de filtración un valor de 70 m/día.

En el estudio realizado para la ejecución del Teatro se consultaron los antecedentes existentes en cuanto a estudios de suelos realizados en las zonas aledañas, algunos de los cuales fueron consultados por la autora, a partir de este estudio Ingeniero-Geológico se determina que la geología encontrada en la zona es:

- Capa A: Relleno Calizo que alcanza hasta 1.00m de espesor
- Capa B: Arcilla Roja, con fragmentos húmedos. Se presenta rellenando las discontinuidades del terreno (diente de perro)
- Capa C: Roca caliza. Caliza orgánica, coralina, de dureza media muy carsificada, de color blanco-rosado, presenta intervalos alterdos

Dentro de las características físico-mecánicas: la densidad (γ) es de 1.9 t/m³ y la resistencia a la compresión (δ_c) máxima: 254 kg/cm², mínima: 34 kg/cm², promedio: 79 kg/cm².

Las terrazas y superficies que bordean la Bahía de Matanzas se encuentran surcadas de grietas tanto longitudinales como transversales, debidas a movimientos tectónicos. Dichas grietas cuando se cruzan crean zonas de debilidad que son propicias para la formación del carso, también se presentan otras formas del mismo, como cavernas pequeñas rellenas o vacías y embudos cárnicos. Se puede decir que el RQDG (Índice de calidad de la roca general) clasifica como muy malo, por ser su valor menor de 25. Su IKR (índice de carsificación de la roca) es alto de 0.2, siendo entonces el GKC (grado de complejidad carsica) de 3. ((ENIA), 1986)

A partir del análisis de estos estudios y teniendo en cuenta las recomendaciones y conclusiones a las que llegan los ingenieros responsables de la ejecución de dichas obras, la autora plantea realizar la cimentación sobre el estrato calizo, adoptando las cargas respectivas de acuerdo al estado de descomposición (granular, compacta o en forma de roca), si la cimentación descansa sobre la roca se debe realizar un barreno en el fondo de la excavación y a 1 ½ el ancho del mismo con la finalidad de detectar posibles cavernas o zonas descompuestas que puedan afectar la estabilidad de la estructura; se recomienda realizar la cimentación sobre una misma litología con el fin de evitar los asentamientos diferenciales y de encontrarse las cavernosidades mencionadas anteriormente se deberán limpiar y rellenar hasta la cota deseada.

3.6- Propuestas de Solución Conceptual para la Pasarela Peatonal.

Luego de realizado el análisis de los estudios de suelos que se consultaron, y que arrojaron información sobre el tipo de suelo que se puede presentar en la zona de emplazamiento de la pasarela, así como la topografía del terreno y su geomorfología, el levantamiento topográfico realizado donde se evidenciaron los obstáculos existentes en el terreno que pueden interferir en la colocación de los accesos y el cumplimiento de las distintas normativas y regulaciones, incluida la (NC 733:2009 y NC 853:2012) y el criterio de accesibilidad universal se muestran las siguientes propuestas de pasarelas:

- Propuesta I

La tabla 3.11 recoge los parámetros principales para el diseño de la Propuesta I de la pasarela peatonal a emplazar en la Universidad de Matanzas, a la cual se accede mediante rampas y las figuras 3.8 y 3.9 muestran un esquema en planta y elevación de la idea en Solución Conceptual que se propone.

Tabla 3.11 Parámetros de diseño para la propuesta I.

Gálbo vertical	6.00 m
Pasamanos	
- Rampas	0.70m
- Pasarela	1.00m
Rampas	
- Pendientes	10%

- Tramos	15m
- Descansos	3
Esviaje	0°
Longitud entre apoyos (con apoyo intermedio)	15.5m
Ancho libre	3m
Pendiente vertical	2%

Fuente: elaboracion propia.

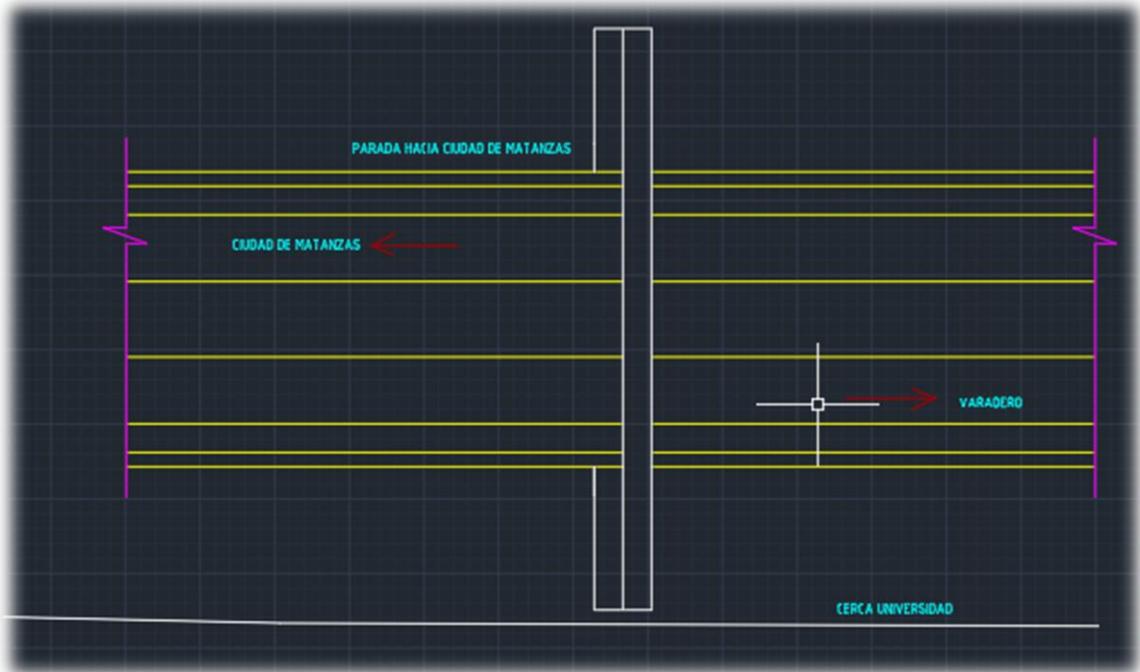


Figura 3.8 Vista en planta de la Propuesta I de la Pasarela Peatonal (Accesos perpendiculares al eje de la vía)

Fuente: Elaboracion propia.



Figura 3.9 Elevación de la Propuesta I de la Pasarela Peatonal. (Accesos perpendiculares al eje de la vía.)

Fuente: Elaboracion propia.

- Propuesta II

La tabla 3.12 recoge los parámetros principales para el diseño de la Propuesta II de la pasarela peatonal a emplazar en la Universidad de Matanzas, la cual constará de accesos mediante escaleras y rampas. Los parámetros de diseño de la escalera se recogen en la tabla 3.13 y las figuras 3.10 y 3.11 muestran un esquema en planta y elevación de la idea en Solución Conceptual que se propone.

Tabla 3.12 Parámetros de diseño para la propuesta II.

Gálibo vertical	6.00m
Pasamanos	
- Rampas y escaleras	0.70m
- Pasarela	1.00m
Rampas	
- Pendientes	10%
- Tramos	15m
- Descansos	3
Esviaje	0°
Longitud entre apoyos (sin apoyo intermedio)	31m
Ancho libre	3m
Pendiente vertical	2%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.13 Diseño de los parámetros de las escaleras.

Altura	Descansos	Huella	ContraHuella	# Escalones	Longitud
1.50m	3	1.50m	0.15 m	10	15m

Fuente: Elaboracion propia.

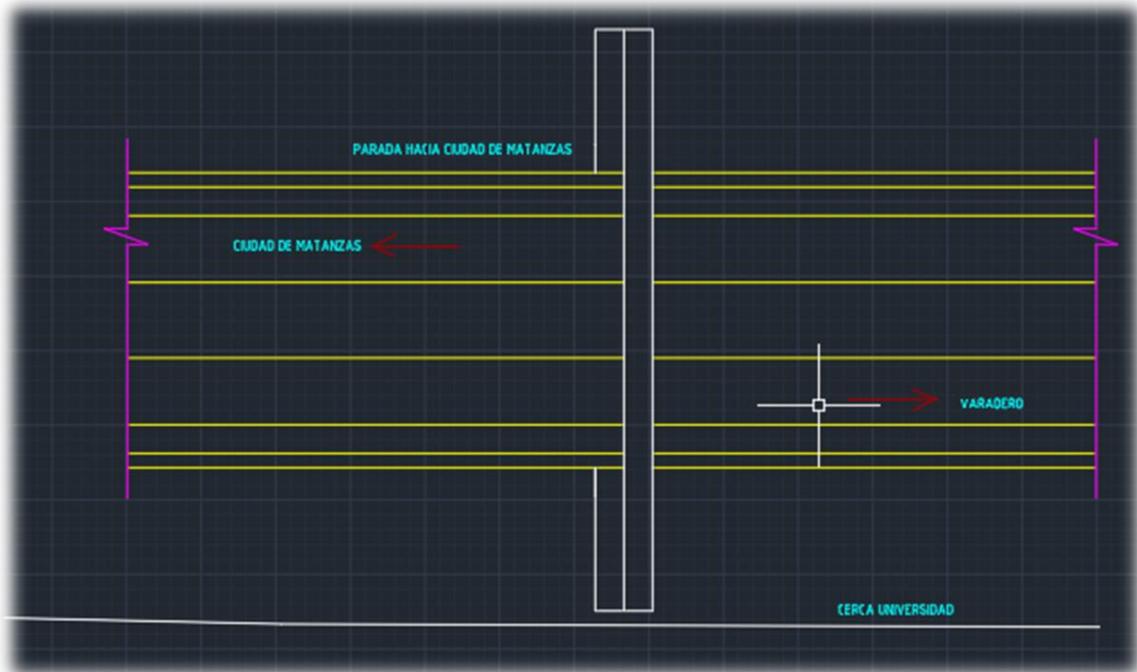


Figura 3.10 Vista en planta de la Propuesta II de la Pasarela Peatonal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3.11 Elevación de la Propuesta II de la Pasarela Peatonal.
Fuente: Elaboración propia.

Ambas propuestas de pasarelas deben contar con iluminación por debajo y sobre ellas, para las rampas se debe emplear material antideslizante y colores contrastantes que sirvan de guía para las personas débiles visuales o con alguna limitación físicomotora. Sería necesaria la recolocación del tendido eléctrico, así como las señales de tránsito que sean necesario mover.

Las vistas que se muestran como ejemplo poseen los accesos perpendiculares a la vía, otra opción de colocación puede ser paralelos a la misma en vista a que existe capacidad suficiente tanto longitudinal como transversal para su ubicación, teniendo en cuenta que la propuesta perpendicular al eje de la vía sería la más crítica por ocupar mayor espacio transversal de ahí que la ubicación paralela no presentaría dificultades.

3.6.1. Ventajas y desventajas de las posibles soluciones de pasarela peatonal.

Propuesta I

Ventajas

- Al contar con un apoyo intermedio se puede lograr mejor estética y combinación con el medio en que se emplazará
- No interfiere con ambas paradas de ómnibus
- Se producirá una mejora en la seguridad y movilidad del peatón

Desventajas

- Al contar solo con rampas para el acceso a la pasarela el peatón está obligado a utilizar las misma sea o no discapacitado
- Al ser necesario emplear parte de las cunetas para la colocación de los accesos, hay que buscar otras opciones para no interferir en el correcto funcionamiento del drenaje de la vía

Propuesta II

Ventajas

- Al contar con rampas y escaleras para acceder a la pasarela el peatón que no posee ninguna limitación físicomotora puede elegir la opción que desee usar
- No interfiere con ambas paradas de ómnibus
- Se producirá una mejora en la seguridad y movilidad del peatón

Desventajas

- Al ser necesario salvar una luz de 31m sin apoyos intermedios, sería necesaria la búsqueda de opciones para la fabricación de las vigas postensadas ya que su traslado resultaría difícil por sus dimensiones en cuanto a longitud y a peralte
- Al emplearse parte de las cunetas para la colocación de los accesos, hay que buscar otras opciones para no interferir en el correcto funcionamiento del drenaje de la vía

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada propuesta la autora recomienda como opción definitiva la propuesta II, ya que el peatón podrá elegir siempre que alguna limitación propia no se lo impida el acceso a la pasarela mediante las rampas o las escaleras, para esta opción se puede conseguir una buena estética y combinación con el entorno en que se encuentra la vía.

3.6.2. Recomendaciones de la estructura.

En cuanto a la tecnología constructiva luego de analizarse las tipologías de pasarelas construidas tanto en Cuba como en el resto del mundo y teniendo en cuenta la disponibilidad de tecnología que posee el país y más específicamente la provincia se recomienda una estructura mixta: para **las columnas** el uso del hormigón armado teniendo en cuenta las normativas existentes para el dimensionamiento de las mismas, deben garantizar la correcta unión entre ellas y los perfiles de acero que soportan el tablero, **el tablero** podría ser de paneles de prefabricado unidos a las vigas por perfiles metálicos previamente preparados con el objetivo de evitar su corrosión debido al ambiente agresivo que presenta esa zona, estas conectarán el tablero a las columnas, las características geométricas y mecánicas serán calculadas según las normas cubanas correspondientes a tal efecto; para **los pasamanos** de 1 m y 0.70 m respectivamente de altura se utilizará acero galvanizado.

CONCLUSIONES

1. A partir de la necesidad del emplazamiento de una pasarela peatonal en el campo universitario se analizaron los parámetros necesarios para el prediseño de las pasarelas y su influencia a partir de las características de los flujos peatonales; utilizando normativas extranjeras apoyadas en normativas cubanas e investigaciones precedentes, en vista de que no existe una norma cubana propia para el diseño de pasarelas peatonales; además del análisis de la técnica y tecnología disponible a nivel nacional e internacional para la ejecución de la misma.
2. Se determinaron los parámetros para la localización y el prediseño de pasarelas, los requisitos necesarios de la vía y el comportamiento de los flujos peatonales como resultado del análisis del estado de la infraestructura peatonal existente, así como la tecnología que existe en el país para su inversión.
3. Se elaboraron en fase de Solución Conceptual dos propuestas de modelos de pasarelas peatonales con los parámetros característicos que la rigen en la actualidad y para un período futuro de 21 años en el cruce del campo universitario, realizables tecnológicamente y de facilidad constructiva para el país donde se analiza y se escoge la propuesta II.

RECOMENDACIONES

1. A las entidades correspondientes realizar nuevos estudios de suelos y topográficos en la zona de emplazamiento de la pasarela peatonal, que verifiquen los resultados preliminares a los que se arribó mediante el análisis de los estudios consultados.
2. A la Universidad de Matanzas su contribución y control como principal entidad interesada para que este proyecto sea ejecutado respetando las siguientes fases del proyecto.
3. A la Universidad de Matanzas proponer un nuevo corredor peatonal de entrada que modifique la fachada, teniendo en cuenta que la entrada lateral se propone moverla 45 m hacia el oeste, previendo una posible conexión con la escalinata frontal.
4. A la entidad encargada del diseño final considerar la especialidad de arquitectura, en aras de lograr una estructura con estética y que sea a fin al lugar de emplazamiento.
5. A la Universidad de Matanzas y a la entidad encargada de la ejecución de la pasarela peatonal considerar un conjunto de medidas contempladas en un proyecto de señalización horizontal y vertical, como es la colocación de un sistema de barreras, que impidan el cruce de los peatones por la vía y se vean obligados a utilizar la pasarela, con el objetivo de garantizar la seguridad y mejora en la movilidad peatonal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

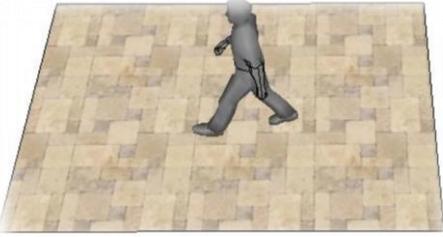
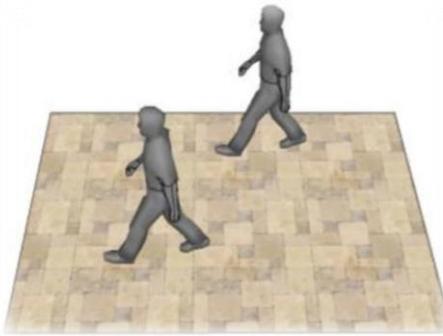
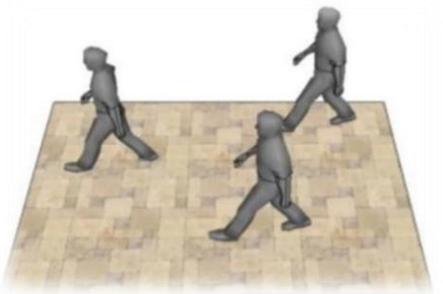
- AASHTO, A. A. O. S. H. A. T. O. 2000. Highway Capacity Manual.
- AASHTO, A. A. O. S. H. A. T. O. 2001. A policy on geometric design of Higways and Streets.
- ALFONSO ALVAREZ, S. 2018. *PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA INFRAESTRUCTURA PEATONAL EN LA ZONA PRIORIZADA PARA LA CONSERVACIÓN DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE MATANZAS*. Trabajo de diploma en Ingenieria Civil. Universidad de Matanzas
- ALVAREZ PINEDO, J. 2009. *PUENTES DE BAJO COSTE PARA LOS PAISES EN VIA DE DESARROLLO. ESTADO ACTUAL DE LA TÉCNICA.*, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- ARENCIBIA FUNDORA, A. 2016. *PROPUESTA DE SOLUCIÓN VIAL A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE PEÑAS ALTAS.* . Universidad de Matanzas.
- ARVI, M. D. T., REDES Y ÁREAS VERDES. 2015. Catálogo tecnologico de equipos. Empresa ECOI 28. *In: HICACOS, C. (ed.)*.
- CAL Y MAYOR REYES ESPÍNDOLA, R. & CARDENAS GRISALES, J. 2010. *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones.*
- CEPDE , C. D. E. D. P. Y. D. 2015. Proyecciones de la Población CUBANA 2015 - 2050. CUBA Y PROVINCIAS.
- COMUNICACIONES, D. G. D. C. Y. F. D. M. D. T. Y. 2003. *Manual de diseño de puentes.*
- CUBA, M. D. J. D. L. R. D. 2015. Decreto No. 327.
- ENIA, E. N. D. I. A. 1977. Estudio geotécnico para la cimentación de un Almacén para el Centro Universitario.
- ENIA, E. N. D. I. A. 1979. Estudio geotécnico para la cimentación del Centro de Información de la Universidad.
- ENIA, E. N. D. I. A. 1982-1983. Estudio sobre el comportamiento del terreno en cuanto a permeabilidad de los Campos Deportivos del Centro Universitario.
- ENIA, E. N. D. I. A. 1984. Estudio geológico para la construcción de dos edificios en el Centro Universitario.
- ENIA, E. N. D. I. A. 1986. Estudio Ingeniero-Geológico de la zona del Teatro "Julio Antonio Mella"
- ENIA, E. N. D. I. A. 2012. Estudio de riesgo y vulnerabilidad sísmica. Viales de interés nacional. Provincia de Matanzas.
- GALLARDO GARDUÑO, L. 2010. *OPTIMIZACIÓN DE PASARELAS PEATONALES DE TIPOLOGÍA MIXTA HORMIGÓN-ACERO ULUTILIZANDO VIGAS ARMADAS HÍBRIDAS*
- GARCÍA IDÁRRAGA, A. J. & SUÁREZ IDÁRRAGA, L. M. 2002. *ESTUDIO DEL USO DE LOS PUENTES PEATONALES AVENIDA DEL FERROCARRIL, AVENIDA 30 DE AGOSTO Y AVENIDA LAS AMÉRICAS MUNICIPIO DE PEREIRA (RISARALDA).* UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

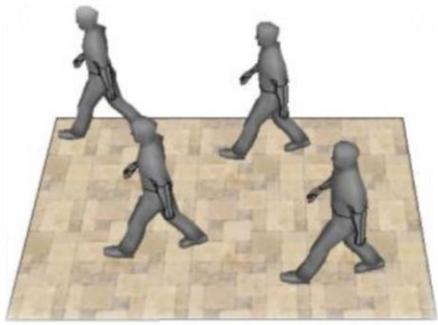
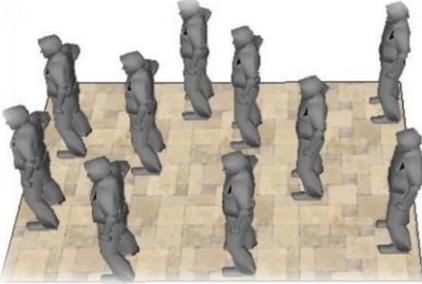
- GUILLÉN ZAMBRANO, D. A. 2014. *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO PEATONAL EN LOS CANTONES: PASAJE Y SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO*. UNIVERSIDAD DE CUENCA
- GUIO BURGO, F. A. 2009. Pedestrian Flows in Continuous Infrastructures: Conceptual Framework and Representative Models. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*
- JHON;, A. S., GOMEZ, D. & THOMSON, P. 2012. ANALYSIS OF HUMAN-STRUCTURE INTERACTION IN FOOTBRIDGES IN SANTIAGO DE CALI
- LÓPEZ PEREDA, P. & NEVES MÓURIZ, E. 2000. MANUAL DE VADOS Y PASOS PEATONALES
- MOPU, M. D. O. P. Y. U. D. E. 1986, IC. Coleccion de puentes de vigas pretensadas IC. Obras de pasos de carreteras.
- MOPU, M. D. O. P. Y. U. D. E. 1986, IIC. Coleccion de puentes de vigas pretensadas IIC. Obras de pasos de carreteras.
- MUÑOZ CORTEZ, M. A. 2016. *Metodología para establecer las variables que influyen en la selección de los cruces peatonales en Bogotá, caso de estudio localidad de Engativá*. Universidad Nacional de Colombia
- NC, O. N. D. N. 1999. NC 46:1999, Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción. .
- NC, O. N. D. N. 2002. NC 219: 2002, Urbanismo.— parte 1: Elementos generales. .
- NC, O. N. D. N. 2009. NC 733. 2009, Carreteras.Puentes y alcantarillas.Requissitos de diseño y métodos de cálculo. .
- NC, O. N. D. N. 2010. NC 391-1: 2010, Accesibilidad y utilización del entorno construido por las personas — parte 1: Elementos generales. Vol. .
- NC, O. N. D. N. 2012. NC 583: 2012, Carreteras rurales. Categorización técnica y características geométricas del trazado directo.
- NC, O. N. D. N. 2013a. NC 391-2: 2013; 2013a, Accesibilidad y utilización del entorno construido por las personas — parte 2: Urbanismo. Vol.
- NC, O. N. D. N. 2013b. NC 391-3: 2013; 2013b, Accesibilidad y utilización del entorno construido por las personas — parte 4: Puentes. Vol. .
- NC, O. N. D. N. 2013c. NC 391- 4: 2013; 2013c, Accesibilidad y utilización del entorno construido por las personas — parte 4: Comunicaciones, señalización e información. Vol. .
- OLIVAS OCHOA, A. 2001. *PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA PARA JUSTIFICAR PASOS PEATONALES A DESNIVEL UTILIZANDO LA DISTRIBUCION PROBABILISTICA DE POISSON*. Universidad de Nuevo Leon.
- ONEI, O. N. D. E. E. I. 2017. POBLACIÓN POR ASENTAMIENTOS HUMANOS PARA LOS AÑOS 2002, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.
- ONEI, O. N. D. E. E. I. 2018. Interfase provincia y municipios de Matanzas.
- ORTEGA GARCÍA, O. J. 2018. *SOLUCIÓN CONCEPTUAL DE PASARELA PEATONAL EN EL NUDO DE ENTRADA A VARADERO*. Universidad de Matanzas.
- OTTOBRINO CAPDEVILA, B. 2014. *Proyecto básico para el concurso de pasarela sobre el río Segura en Blanca (Murcia). Solución A. Diseño estructural de la superestructura.*, Universidad Politécnica de Valencia.
- PÉREZ;, H. A., PILOTO;, E. G. & ARMAS, N. D. 2006. Análisis Estructural de un Puente en la Autopista Matanzas - Varadero. Modelación y Análisis de su Capacidad *Revista de Arquitectura e Ingeniería*.

- POSTIGO, G. 2017. Pasarelas Peatonales. *Grupo Postigo*.
- RIVIERA BRAVO, M. A. 2010 *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CALIBRACIÓN DE UN GENERADOR DE VIBRACIONES Y SU APLICACIÓN EN UNA PASARELA PEATONAL* UNIVERSIDAD DE CHILE.
- RODRÍGUEZ DÍAZ, D. R. 2018. Empleo de los prefabricado en puentes carreteros. *Grupo Constructor SEPSA de CV*.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, J. C. 2016 *PROPUESTA DE SOLUCIÓN A NIVEL TIPO ROTONDA DE LA INTERSECCIÓN VIAL PEÑAS ALTAS*. Universidad de Matanzas.
- RUIZ, L. Estructuras de Hormigón y Mamposterías.
- SANTUARIO TORRES, A. 2016. *INFRAESTRUCTURA Y ACCESIBILIDAD PARA LA MOVILIDAD PEATONAL: FACTORES DE CAMINABILIDAD EN DOS ÁREAS HABITACIONALES DE TIJUANA*. Colegio de la Frontera Norte.
- SERNA, P., LÓPEZ, J. A., COLL, H., CAMACHO, E., NAVARRO-GREGORI, J. & GALÁN, F. 2015. Ultra high performance fibre reinforced concrete footbridge over the Ovejas Ravine (Alicante). *Hormigon y Acero*.
- TAPIAS SALAMANCA, J. & PINZÓN MORENO, A. F. 2014 *PRE DISEÑO PARA UN MODELO DE PUENTE PEATONAL EN INTERCEPCIONES VIALES APLICADAS A CALZADAS DE ALTO FLUJO VEHICULAR*. ESCUELA DE INGENIEROS MILITARES ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE OBRAS BOGOTÁ

ANEXOS

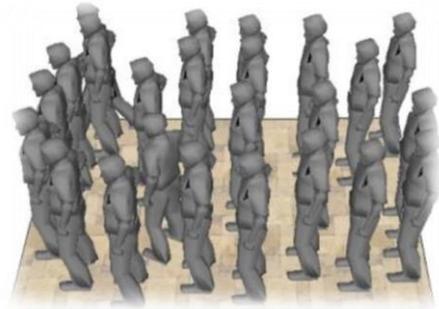
Anexo 1: Niveles de servicio.

<p style="text-align: center;"><u>Nivel de Servicio A</u></p> <p>Superficie peatonal mayor que 11.70 m²/pt., intensidad menor que 7 pt/min/m. En las vías peatonales con NS A, los peatones prácticamente caminan en las trayectorias que desean, sin verse obligados a modificarlas por la presencia de otros peatones. Se elige libremente la velocidad de marcha y los conflictos entre los viandantes son poco frecuentes.</p>	 <p><i>Le permite a cada persona escoger una velocidad ambulante deseada y evitar los conflictos con otros peatones.</i></p>
<p style="text-align: center;"><u>Nivel de servicio B</u></p> <p>Superficie peatonal no mayor que 3.6 m²/pt., intensidad menor que 23 pt/min/m. En el NS B se proporciona la superficie para permitir que los peatones elijan libremente la velocidad de marcha, se adelanten unos a otros y eviten los conflictos al entrecruzarse entre sí. En este nivel los peatones comienzan a notar la presencia del resto, hecho que se manifiesta en la selección de la trayectoria.</p>	 <p><i>Los peatones empiezan a ser consciente de otros peatones.</i></p>
<p style="text-align: center;"><u>Nivel de servicio C</u></p> <p>Superficie peatonal no mayor que 2.16m²/pt. intensidad menor que 33 pt/min/m. En el NS C existe la superficie para seleccionar una velocidad normal de marcha y permitir el adelantamiento, principalmente en corrientes de un solo sentido de circulación. En el caso que también haya movimiento en el sentido contrario o incluso entrecruzado, se producirían ligeros conflictos</p>	 <p><i>Exige ajustes menores en la aceleración y dirección de la caminata para evitar conflictos</i></p>

<p>esporádicos y las velocidades y el volumen serán un poco menores.</p>	<p><i>entre los peatones.</i></p>
<p style="text-align: center;"><u>Nivel de servicio D</u></p> <p>Superficie peatonal no mayor que 1.35m²/pL intensidad menor que 49 pt/min/m. En el NS D se restringe la libertad, individual de elegir la velocidad de marcha y el adelantamiento. En el caso de que haya movimientos de entrecruzado o en sentido contrario, existe una alta posibilidad de que se presenten conflictos, siendo preciso frecuentes cambios de velocidad y de posición para eludirlos. Este NS proporciona un flujo razonable fluido; no obstante, es probable que se produzcan entre los peatones unas fricciones e interacciones notables.</p>	 <p><i>Se restringe la libertad para seleccionar la velocidad de caminata individual y desviación a algunos peatones, se requieren cambios frecuentes en la velocidad y posición.</i></p>
<p style="text-align: center;"><u>Nivel de servicio E</u></p> <p>Superficie peatonal no mayor que 0.54m²/pt. intensidad menor que 82 pt/min/m. En el NS E prácticamente todos los peatones verán restringida su velocidad normal de marcha, lo que les exigirá con frecuencia modificar y ajustar su paso. En la zona inferior de este NS, el movimiento hacia adelante sólo es posible mediante una forma de avance denominada "arrastre de pies". No se dispone de la superficie para el adelantamiento de los peatones más lentos. Los movimientos en sentido contrario o entrecruzado sólo son posibles con extrema dificultad. La intensidad de proyecto se aproxima al límite de la capacidad de la vía peatonal, lo que origina detenciones e interrupciones en el flujo.</p>	 <p><i>La velocidad virtualmente de todos los peatones está reducida. Se mantiene la vía muy atestada, haciéndose intenso el flujo de peatones.</i></p>

Nivel de servicio F

Superficie peatonal no mayor que 0.54m²/pt. , intensidad variable. En el NS F todas las velocidades de marcha se ven frecuentemente restringidas y el avance hacia adelante sólo se puede realizar mediante el paso de "arrastre de pies". Entre los peatones se producen frecuentes e inevitables contactos. Los movimientos en sentido contrario o entrecruzado son virtualmente imposibles de efectuar. El flujo es esporádico e inestable.



Hay contacto frecuente e inevitable entre los peatones. Las personas pueden quedarse de pie, o estacionarse en un área de espera.

Fuente: *Elaboración propia en aproximación a (Highway Capacity Manual, 2000) y {Olivas Ochoa, 2001 #7}.*

Anexo 2: Ejemplos de tecnología disponible en Cuba para la construcción de Pasarelas Peatonales.



Grúa sobre Estera



Grúa sobre neumáticos



Camión de volteo



Cargador sobre neumáticos



Camión Taller Móvil



Bulldozers

Fuente: (ARVI. Movimiento de Tierras, 2015)

Anexo 3: Obstáculos presentes en la vía que pueden dificultar el emplazamiento de la Pasarela Peatonal

- Tendido Eléctrico y Luminarias



Fuente: Elaboración propia.

- Señales de tránsito



Fuente: Elaboración propia.

- Cable de fibra óptica soterrado



*Fuente: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). Mapa General de Matanzas.
Escala 1:1500*