# Accesibilidad de Puentes Peatonales en Lima Metropolitana y Callao

Carlos Iván Atarama Ticerán, Ingeniero Civil[1], Edward Santa María Dávila, Master of Science[2],
Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, *ivan.atarama@gmail.com*, *esantamariad@gmail.com*

***Abstract: In Lima - Peru there are many traffic accidents that involve pedestrians despite having pedestrian bridges; Observations and analysis were made to 3600 people in 6 bridges of different geometrical configurations to determine improvements in the geometry of the Pedestrian Bridge. The ascent and descent speeds on the bridges were taken as the main observation parameters. To eliminate values that fall outside of normal speed ranges, the Chauvenet criterion was used, and Kolmorogof Smirnof was used to determine the reliability of these values. An appropriate counter-level size was determined and complies with the regulations (but has NEVER been used). It was also observed a configuration of pedestrian bridge preferred by pedestrians and that is cheaper to build.***

***Palabras Clave: accesibilidad peatonal, puentes peatonales, peatón, psicología del peaton, comportamiento peatonal.***

## I. INTRODUCCIÓN

*En Lima - Perú muchos accidentes de tránsito que involucran a peatones a pesar de existir puentes peatonales.*

*362 342 personas en Perú que tienen problemas de movilidad tampoco pueden acceder a los puentes peatonales [1].*

***¿Cómo incrementar el uso de los puentes peatonales existentes?***

***Objetivo****: Diagnosticar los parámetros de comportamiento para el uso de puentes peatonales y proponer mejoras en la configuración geométrica.*

## II. ANTECEDENTES

Se tiene un estudio en la ciudad de Arequipa-Perú donde los principales motivos para no usar el puente peatonal son la pereza (26,27%) y falta de tiempo (30,83%) [2] véase Tabla 1.

Tabla 1 Uso de Puentes Peatonales en Arequipa

| **Motivo** | Hombres | | Mujeres | | Total | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | No. | % | No. | % | No. | % |
| Pereza | 63 | 17.5 | 33 | 9.17 | 99 | **26.27** |
| Falta de tiempo | 66 | 18.33 | 45 | 12.5 | 111 | **30.83** |
| Temor de robo | 66 | 18.33 | 9 | 2.5 | 75 | 20.83 |
| No es necesario | 75 | 20.84 | 3 | 0.83 | 78 | 21.67 |
| **Total** | 270 | 75 | 90 | 25 | 360 | 100 |

Un estudio de México con una muestra de 788 personas de las cuales 218 no usaron el puente y mencionaron que el principal motivo de no usarlo era la flojera [3], véase Tabla 2.

Tabla 2 Uso de Puentes Peatonales en México D.F.

| **Variable** | Hombre | | Mujer | | TOTAL | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Razones de no uso | n | % | n | % | n | % |
| Son inseguros | 23 | 22.5 | 31 | 26.7 | 54 | 24.8 |
| Puedo cruzar por la calle | 31 | 30.4 | 25 | 21.5 | 56 | 25.7 |
| Flojera | 32 | 31.4 | 35 | 30.2 | 67 | **30.7** |
| No puedo hacerlo | 8 | 7.8 | 22 | 19 | 30 | 13.8 |
| Otra razón | 8 | 7.8 | 3 | 2.6 | 11 | 5 |
| **Total** | 102 | 100 | 116 | 100 | 218 | 100 |

El estudio mexicano también determino que el **79.8%** de personas que usaban el puente vivía o trabajaba cerca. La cantidad de muertes peatonales cerca de un puente no depende de si existen los puentes o no, depende de la utilización de estos o de la educación vial de la persona [4].

## III. ANÁLISIS

Se midió la altura de grada a 89 puentes de un universo de 250 puentes para determinar entre que valores estaban las alturas de contrapaso y así poder escoger los puentes con diferentes alturas de grada (Tabla 3)

Tabla 3 Alturas de contrapaso en Puentes Peatonales en Lima

| **Altura Grada** | **Puentes** | **%** |
|---|---|---|
| 22,5 | 1 | 1.12% |
| 19,5 | 1 | 1.12% |
| 19 | 7 | 7.87% |
| 18,5 | 2 | 2.25% |
| 18 | 33 | 37.08% |
| 17,5 | 4 | 4.49% |
| 17 | 20 | 22.47% |
| 16,5 | 1 | 1.12% |
| 16 | 19 | 21.35% |
| 15 | 1 | 1.12% |
| | 89 | 100.0% |

Se estudiaron 6 puentes de diferente configuración geométrica (población total, 250 puentes en Lima Metropolitana y Callao), de los cuales: En 4 puentes con alturas de contrapaso diferentes se hizo análisis de velocidades (400 peatones por puente) y en 2 puentes se observó las preferencias de uso (1000 peatones por puente) [5], véase Tabla 4.

Las alturas de contrapaso actuales varían entre 16 cm a 18 cm, pero el reglamento de puentes peruano permite gradas de 12 cm [6].

Tabla 4 Puentes evaluados (06 de 250)

| **Primera Medición** | Puente | Contrapaso cm | Pendiente % | Peat. |
|---|---|---|---|---|
| PN 27 | Real Plaza | | 7,5 | 400 |
| PN 38 | Purina | 16 | | 400 |
| PN 42 | Celima-Trébol | 18 | | 400 |
| PN 39 | Temp. Naranjal | 22,5 | | 400 |
| **Segunda Medición** | **Puente** | **Escalera** | **Rampa** | **Peat.** |
| PN 41 | Megaplaza | Si | Si | 1000 |
| EV 9 | Ancash | Si | Si | 1000 |

## IV. Métodos

El principal parámetro observado para el diagnóstico, fue la **Velocidad de Tránsito Peatonal**. Se usó el criterio de Chauvenet (eliminar valores atípicos de la muestra) y de Kolmogorov-Smirnof (grado de confiabilidad de la muestra) para evaluar los datos obtenidos.

*Criterio de Chauvenet*:

$$R_c = \frac{|x_i - \bar{x}|}{s(x)} \qquad (1)$$

$R_c = Valor\ permitido$

$x_i = Valor\ evaluado$

$\bar{x} = Media$

$s(x) = Desviación$

## V. Resultados

Las funciones de distribución normal de velocidades de cada puente nos hizo ver cuáles eran las velocidades en cada puente, véase Figura 1 y Tabla 5.

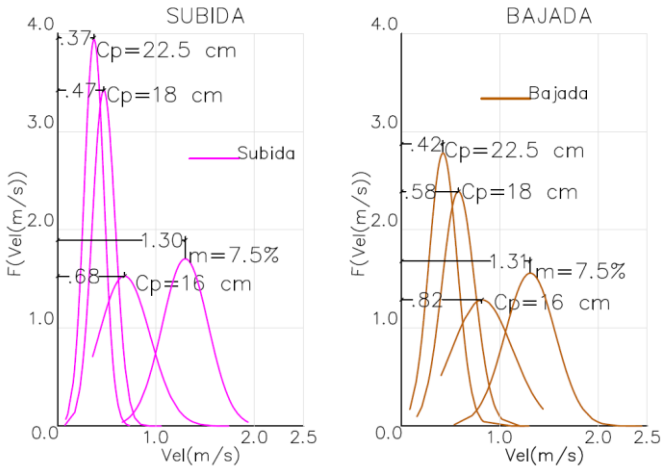


Figura 1 Distribución normal de velocidades de Subida y de Bajada en los puentes estudiados.

Tabla 5 Resumen datos obtenidos

| **Puentes** | **PN 39** | **PN 42** | **PN 38** | **PN 27** |
|---|---|---|---|---|
| Pendiente m (%) | 112.50 | 0.63 | 0.53 | 0.08 |
| Contrapaso Cp (cm) | 22.5* | 18 | 16 | 2** |
| Velocidad Sub. (m/s) | 0.37 | 0.47 | 0.68 | 1.3 |
| Velocidad Baj. (m/s) | 0.42 | 0.58 | 0.82 | 1.31 |

(*) Altura de grada de puente temporal.
(**) Se está considerando una rampa de 8% como si fuera un contrapaso de 2 cm.

Cuando se hizo el conteo si los peatones preferían usar la rampa o la escalera en puentes de rampas paralelas, la mayoría trato de usar las gradas ya que usarían menos tiempo en cruzar la vía, véase Tabla 6 y en la Figura 2 se observa las orientaciones del puente con respecto al paradero, cuando los peatones llegaban al puente ya sea caminando o en vehículo preferían usar las escaleras. En el tipo de puente donde la escalera estaba orientada al paradero, se notó la preferencia del peatón al usar el 98.6% las escaleras, personas discapacitadas o que no tenían apuro en llegar usaron la rampa 1.4%.

Tabla 6 Preferencia de Uso de Escaleras o Rampas

| | **Caso 1** | | **Caso 2** | |
|---|---|---|---|---|
| | Escalera | Rampa | Escalera | Rampa |
| Bajan | 485 | 39 | 574 | 2 |
| Suben | 401 | 75 | 412 | 12 |
| N° de peatones | 886 | 114 | 986 | 14 |
| % de peatones | 88.6% | **11.4%** | 98.6% | **1.4%** |

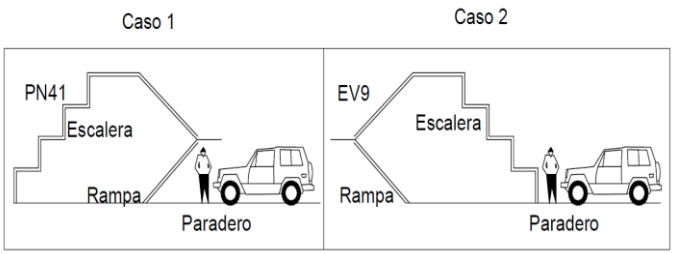


Figura 2 Geometría de 2 puentes con escalera y rampa

Las zonas donde se construyen los puentes peatonales por lo general son lugares donde ha habido accidentes y/o es una zona con alto volumen peatonal, lo cual implica que es una zona urbanizada donde existen servicios públicos en el suelo y aéreos.

Estos pueden ser:
- Canales de regadío, superficiales o enterrados
- Servicios de agua
- Servicios de alcantarillado
- Servicios de telefonía
- Servicios de electricidad
- Servicios de gas natural
- Cámaras de vigilancia

Lo cual hace que se requiera un puente de pequeñas dimensiones pero que sea útil, un puente con las gradas orientadas al paradero y de rampas paralelas ocupa mucho menos espacio que otros tipos de puente que tengan rampa y escalera, además al utilizarse menos las rampas están pueden tener anchos mínimos, y la cimentación es mucho más pequeña en este tipo de puentes en comparación a un puente con un solo tramo de rampa. Véase figura 3.

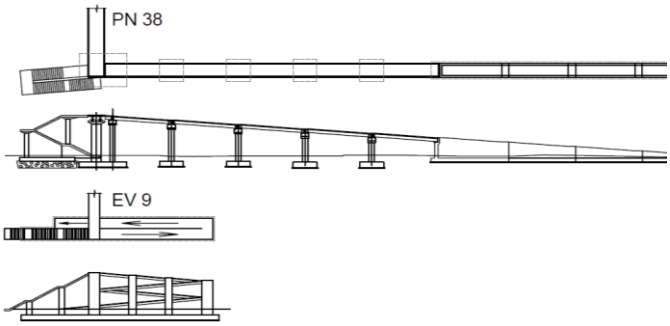


Figura 3 Puente con rampa de un solo tramo y puente con rampa compuesta.

En la figura 4 se muestra 2 curvas de interpolación de velocidades en Puentes Peatonales**.**

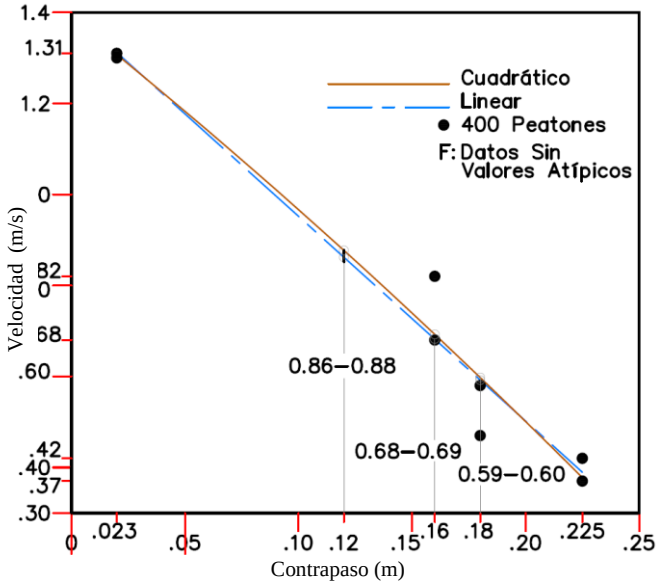


Figura 4 Interpolación de Velocidades de Desplazamiento en Puentes Peatonales

$$Lineal:$$

$$V(m) = 1.402 - 4.5Cp \qquad (2)$$

$$Cuadrático:$$

$$V(Cp) = 1.388 - 3.992Cp - 2.219Cp^2 \qquad (3)$$

Cuando se construye un Puente Peatonal con rampa y escaleras se espera que una persona que tenga poca movilidad pueda llegar al Puente y usar las rampas, sin embargo si la ruta a transitar por un peatón con escasa movilidad no tiene rampas, es muy difícil o imposible que este pueda llegar al Puente, véase Fig. 5 las direcciones de la ruta de salida del Puentes Peatonal, y en la Tabla 7 las longitudes de las rutas donde existe rampa al salir de los puentes peatonales estudiados. Donde se colocó Ø quiere decir que solo existen gradas para salir del puente.

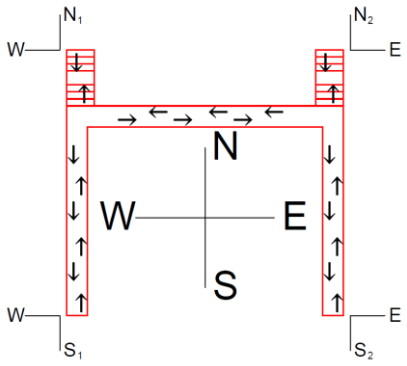


Figura 5 Orientacion de rutas de salida del PP

Tabla 7 Longitud de ruta peatonal con rampa

| | PN 27 | PN 38 | PN 42 | EV 9 |
|---|---|---|---|---|
| N | N.E. | N.E. | N.E. | N.E. |
| NE | N.E. | 12 | 93 | N.E. |
| E | N.E. | N.E. | N.E. | 10 |
| SE | N.E. | 100 | 130 | 200 |
| S | N.E. | N.E./300 | 220/220 | 300/340 |
| SO | 84 | N.E. | N.E. | N.E. |
| O | N.E. | 64 | 12 | N.E. |
| NO | 143 | 220 | N.E. | N.E. |

N.E. : No Existe rampa.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede notar la preferencia de los peatones de usar las escaleras antes que la rampa en el conteo realizado, por ser un camino más corto.

Si se utilizaran gradas muy pequeñas en los Puentes Peatonales su uso sería más cómodo y más peatones usarían los puentes.

Se recomienda cambiar a gradas más pequeñas en los puentes peatonales y en todo lugar público.

El comportamiento del peatón siempre tratara de ser el de mínimo esfuerzo.

Como se puede ver en la figura 2 con una grada de 12 cm se espera una velocidad más rápida en el Puente Peatonal.

Las velocidades de subida y bajada observadas en el presente estudio para diferentes alturas de contrapaso fueron de: (0.37 m/s, 0.42 m/s, .225 m), (0.47 m/s, 0.58 m/s, .18 m), (0.68 m/s, 0.82 m/s, .16 m), (1.3 m/s, 1.31 m/s, .02 m).

Cuando se construye un Puente Peatonal se debe construir rampas en varias direcciones saliendo del puente para que un peatón con movilidad muy reducida lo pueda usar y construir una ruta donde el peatón pueda desplazarse sin subir alguna grada, la mayoría de usuarios del puente [3] vive o trabaja cerca del puente.

La variación de las velocidades según la pendiente se puede tomar como una medida del esfuerzo realizado al subir o bajar una pendiente, una persona muy anciana hace mucho esfuerzo al subir gradas altas.

Las personas muy ancianas y que viven en edificios donde solo hay escaleras, algunas veces se aíslan al no poder subir o bajar al lugar donde viven, se recomienda estudiar cuál es el comportamiento de una persona de la tercera edad al subir o bajar escaleras a medida que envejecen. Se ha encontrado que las gradas para viviendas son altas por lo que sería necesario adaptar la normativa de gradas en viviendas.

Durante la investigación se observó en centros comerciales que si una escalera normal y una escalera eléctrica estaban juntas, las personas muy mayores preferían usar una escalera normal y evitaban usar las escaleras eléctricas, ya que estas tenían una velocidad mayor a la de la persona y tenían miedo caer, por lo que se recomienda estudiar los efectos de la velocidad ideal para una escalera eléctrica.

## REFERENCIAS


[1] Instituto Nacional de Estadística e Informática, "Primera encuesta nacional especializada sobre discapacidad", INEI, Av. General Garzón N° 658, Jesús María, Lima, 2014.

[2] Arias Gallegos Walter, "Motivos del Desuso de Puentes Peatonales en Arequipa", ISSN: 0864-3466, 1ra Edición, Universidad Católica San Pablo, Arequipa, Perú, 2012.

[3] Hidalgo-Solórzano E, Campuzano-Rincón J,Rodríguez-Hernández JM, Chias-Becerril L, Reséndiz-López H, Sánchez-Restrepo H, Baranda-Sepúlveda B, Franco-Arias C, Híjar M., "Motivos de Uso y no Uso de Puentes Peatonales en la Ciudad de Mexico: La Perspectiva de los Peatones", ISSN: 0036-3634, 1ra Edición, Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, México, 2010.

[4] Dextre Quijandria Juan Carlos - Avellaneda Pau, "Movilidad en Zonas Urbanas", 1ra Edición, Fondo Editorial PUCP, Perú, 2014.

[5] Hernández Sampieri Roberto, Fernandez Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar, "Metodología de la Investigación", 6ta Edición, Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, México D.F., México, 2014.

[6] DGCF, "Manual de Puentes", Actualización Enero 2016, MTC, Lima, Perú, 2016.

[7] Dextre Quijandria Juan Carlos - Avellaneda Pau, "Movilidad en Zonas Urbanas", 1ra Edición, Fondo Editorial PUCP, Perú, 2014.