

# I. TEMA PROBLEMA

Las normas elementales de urbanismo dictan la urgencia de separar la circulación vehicular de la circulación peatonal debido al peligro que los vehículos pueden representar para el peatón al igual que la imprudencia peatonal puede serlo para el conductor. En Guatemala es ya un problema la ausencia de vías peatonales diseñadas para una circulación fluida y segura; dentro de la vialización peatonal lo más urgente es la construcción de pasos fluidos y seguros en las intersecciones peatonal-vehicular. Dentro de las soluciones, principalmente para vías rápidas o bulevares anchos, se encuentran los puentes peatonales más conocidos como PASARELAS.

Es lamentable que en nuestro país las pasarelas adolezcan de varios problemas como estar ubicados en puntos aislados, con accesos inseguros, de poca durabilidad y sobre todo carecen de estética y calidad estructural.

Con el ánimo de colaborar en la solución de los problemas antes mencionados, se realiza la presente tesis que extracta normativas y requerimientos, tanto arquitectónicos como estructurales, del diseño de pasarelas, para que puedan ser utilizados por el sector público o empresas privadas, que usualmente construyen estas en toda Guatemala. Se busca hacer una propuesta que logre un balance entre una estructura simple pero de calidad, bajos costos, estética, seguridad peatonal y resistencia estructural ante cargas dinámicas.

Al final se presenta un diseño basado en dichas normas junto a su cálculo estructural, con el fin de que se pueda utilizar en localidades propuestas, y en cualquier área del país que así lo requiera.

Para introducir al lector en el interesante mundo de los puentes se hará una breve reseña histórica del desarrollo de los mismos.

## A. INTRODUCCIÓN

Hacia finales del siglo XX justo en el auge de la ingeniería de posguerra, los puentes fueron redescubiertos como instrumentos metafóricos. Un puente más que un cálculo frío, constituía una forma de llenar un vacío, con objeto de transportar un peso variable en unas condiciones predecibles concretas. Menciónense aquí los grandes puentes suspendidos de los años sesenta y setenta que han sido lo suficientemente audaces y atractivos como para provocar admiración. Pero ya en el siglo XXI deben ser percibidos de otro modo. Como consecuencia, lo que siempre había sido considerado como el reino del ingeniero civil, ahora también se ha convertido en un terreno para arquitectos.

La mayoría de las interrogantes que surgen al respecto del puente como reto artístico derivan de su naturaleza de variabilidad. ¿Pero un puente es un edificio, una carretera o un camino? ¿Es un mirador, una entrada o un monumento? ¿Hasta que punto resulta más funcional que ornamental? Si es más decorativo ¿De qué manera se trasmite esa idea a su estructura resistente y en que medida? Estas preguntas deben ser transmitidas a los diseñadores para su respuesta creativa.

Por ejemplo: las autoridades competentes licitan un puente, o un modelo para ser aplicado varias veces, regularmente los ingenieros presentan los diseños más elementales, aduciendo su facilidad de repetición y aplicación en cualquier lugar, pero esas estructuras se asemejan a simples pasadizos tipo portal. Sin darse cuenta que si fueran un poco más sofisticados, se daría un carácter distintivo a una determinada área de la ciudad por ende a la

misma ciudad. Lo que normalmente se espera es un bajo coste de mantenimiento, una buena estructura y una cierta esbeltez. Por otro lado, un puente debe tener una función simbólica, más allá de su uso meramente cotidiano

El reparto de diseño de las construcciones entre los ingenieros para la estructura, y los arquitectos para la forma se remonta a mucho tiempo atrás. La mayoría de los puentes están diseñados, por ingenieros; son los arquitectos quienes, después, se encargan de darle una forma más estética. La aportación del diseño arquitectónico varía de un cero a un cien por ciento. De todos modos, a lo largo del proceso, la contribución del diseño arquitectónico puede resultar crucial. Los actualmente llamados arquitectos de puentes colaboraban cada vez con mayor premura en el proceso de construcción, la tendencia actual de dividir los tramos de los puentes anchos, refleja la preocupación arquitectónica por romper la idea de la complejidad de las grandes obras, por ejemplo. Puede ser que un edificio se transforme en una ciudad de estructuras pequeñas, convirtiendo así el paisaje en diseño. Con los puentes la necesidad de equilibrio lleva a dar menos importancia a la complejidad. Aquí se refleja el hecho indudable de que, pese a los extraordinarios avances tecnológicos de los últimos años, los ingenieros y arquitectos tienen, quizás, menos libertad a la hora de construir un puente de lo que podría parecer. No se pueden obviar las leyes de la física, pero siempre se debe tratar de modificar el punto en el que un peso reposa en el suelo; transfiriendo de forma elegante mediante subestructuras, como lo hace Santiago Calatrava con sus creaciones. Pocos han conseguido hacerlo como él. Normalmente, los puentes concebidos bajo esta idea, acaban resultando demasiado complejos, si hay una norma, es la de sacrificar el diseño, razón por la cual existen tantos puentes parecidos. Es muy difícil encontrar una solución realmente original, pero a veces sucede. Si una estructura supuestamente de pura ingeniería, es mejor o peor que un proyecto en el que ha colaborado en gran parte un arquitecto, es una cuestión que todavía no se ha resuelto. En concreto, resultan interesantes casos como el de Santiago Calatrava, que es arquitecto e ingeniero, cuyas obras son resultado del diálogo entre ambas disciplinas.

Los arquitectos diseñan puentes aptos para soportar grandes demandas, pero su atención a los detalles se ha explotado mucho más en puentes peatonales, concretamente en proyectos de regeneración urbana. Tienen mucha importancia la textura de las superficies, la escala de componentes, su sensibilidad del movimiento bajo los pies, el sentimiento de seguridad, e incluso los reflejos luminosos y el sonido. Una pasarela de madera puede parecer más cálida y humana, pero cuando se moja puede resultar resbaladiza por lo tanto ¿Cómo se puede conservar el sentimiento humano utilizando elementos artificiales? Una curvatura constante de la superficie, subiendo y bajando del punto de máxima altura queda mejor pero, ¿Cómo hacerla compatible con la demanda de proporcionar superficies llanas para las personas en silla de ruedas? ¿Puede una baranda resultar única recubriéndola de un modo especial como propuso el ganador de un concurso de puentes británico?

Todos estos detalles preocupan más a los arquitectos que a los ingenieros, que en su trabajo diario, luchan por mejorar la calidad de vida. Un arquitecto creó una estructura minimalista, a simple vista, se podía considerar una obra de ingeniería pura, aunque no era el caso. Los arquitectos e ingenieros trabajan juntos por un ideal estético, y mientras artísticamente hacen referencia a modelos antiguos los medios para conseguirlo son extremadamente contemporáneos: tan modernos que requerían ideas completamente nuevas.

A menudo este tipo de reminiscencia se pueden apreciar en la arquitectura, pero no es tan frecuente en el diseño de puentes, a pesar de lo cual, contamos con algunos ejemplos. Estéticamente, los puentes también ofrecen alguna idea de los edificios, pero normalmente se presta muy poca atención a los laterales de los puentes. En los edificios, sin embargo, los tejados constituyen una parte muy importante del diseño.

Los distintos modos de construcción de puentes se refinaron durante el siglo XX, más durante las guerras, ya que la transferencia tecnológica entre las diferentes industrias, por ejemplo la naval, estaban en su punto álgido. Nuevos métodos con materiales ya viejos, la

llegada de nuevos materiales, la importancia creciente de la aerodinámica y, sobre todo, la rápida aparición de programas informáticos capaces de probar estructuras diseñadas, todo esto hizo que, desde el punto de vista de la ingeniería, los puentes pudieran aplicar nuevos conceptos a sus estructuras. Entonces fue cuando empezó lo que todavía se discute hoy en día, o sea la colaboración de ambas profesiones, arquitectura e ingeniería, para construir puentes estéticos.



**Fotografía uno:** Uno de los puentes más antiguos del mundo, construido entre 1308 y 1350, el Valentré, ubicado en la entrada de la ciudad de Cahors, Lot, Francia, sobre el río de nombre Lot. Tiene una longitud de 138 m con una losa de 6 x 16.50 metros una altura de 8.70 metros y 40 metros como altura de sus torres.

En cierto modo, lo que se debate es el análisis de la naturaleza de la construcción de puentes. Pero, debemos analizar cuáles son los requisitos que debe cumplir un puente. El hecho de que un puente no lo parezca, también sucede con los puentes de estructura tubular sin ventanas.

Estas y otras cuestiones se convirtieron en nuevos temas de análisis en los años ochenta y noventa, época en la que también se reavivó la idea de los "puentes habitados". Algunos de estos proyectos consistían en intentar cambiar la naturaleza del paisaje cubriendo el río y negando su existencia. Esa idea resultó útil para superar las dificultades de comunicación dentro de las ciudades por las que circulaban grandes arterias: las autopistas quedan cubiertas y el paisaje se conserva. Pero ¿se debería poder observar las carreteras que circulan por debajo o dejarlas cubiertas? Actualmente, algunos proyectos proponen zonas de descanso, casi miradores, en los puentes cubiertos para poder observar las vistas. Una comparación arquitectónica bastante clara se da en las largas terminales de los aeropuertos, que muy a menudo implican la construcción de puentes cubiertos. Este es otro ejemplo en el que se reflejan las nuevas tendencias, más transparentes que las anteriores. Los que piensan que los puentes habitados son todavía poco comunes deberían observar las terminales de los aeropuertos con otros ojos.

Actualmente, a principios del siglo veintiuno, los puentes se han convertido en símbolos de regeneración y orgullo cívico, ya que unen a pequeña escala, diferentes partes de nuestras redes urbanas. Pero por otro lado, también tenemos los grandes puentes que unen a gran escala países, e incluso continentes. Aunque puede parecer una paradoja, se construyen puentes cada vez más grandes y otros cada vez más pequeños, pero todos son fruto del mismo fenómeno. Actualmente se da un gran énfasis en el urbanismo, en el espacio entre edificios y distritos; y también ha quedado demostrado que un puente puede reducir los desequilibrios

económicos entre las diferentes partes de una misma ciudad, ya que facilita el movimiento de personas y dinero. Cuando se construye un puente a través de la línea divisoria, sea una carretera, un río o una vía ferroviaria, se produce un efecto casi hidráulico: el dinero empieza a circular de la parte rica a la parte pobre. Esta es la razón por la cual en muchos de los proyectos de regeneración urbana en cualquier parte del mundo, el puente se convierte en un elemento esencial.

Vea el ejemplo de la construcción de un puente nuevo, modesto, para revitalizar una parte de una ciudad cualquiera que este en el lado pobre de la misma. Este puente se puede concebir como una obra post-industrial ya que su función sería salvar los bolsillos de la deprivación económica que se ha producido con la recesión en el sector obrero, si es así, nadie puede negar que el puente, como elemento urbano, tiene no solo una función física sino también emocional.

Pero no todo son ventajas. Un puente puede unir comunidades divididas, pero también puede ser un foco de odios sectarios. Un puente de estas características puede ofrecer más de lo que proporciona uno construido entre tierras abandonadas. Como en el caso de lugares aún no desarrollados, puede crear un sentido de lugar, pero también parecer ridículo. Un puente de carretera puede elevar la contaminación del tráfico y ensuciar los edificios como cualquier carretera, los puentes generan su propio tráfico tan solo por el hecho de existir. Y un puente, como cualquier edificio puede convertirse en un artefacto de la tecnología industrial. De todos modos, un artefacto más potente, que los edificios convencionales, un icono.

Los puentes proporcionan una forma de entender y apreciar la vida de una ciudad, de un país o de una región económica. Incluso abandonados y en ruinas. Un puente implica movimiento, acción, prosperidad y poder. Los puentes normalmente forman las ruinas más evocativas. Sin embargo, el aspecto más fascinante de la situación actual en el ámbito del diseño de puentes, es la concepción de puentes, no como parte del viaje, sino como un destino en sí mismo.

## **B. JUSTIFICACIÓN**

Colaborar con el sector público y privado orientando la construcción de pasarelas en Guatemala con el fin de lograr una estructura portante estética de costo bajo. Costo bajo significa usar menor cantidad de elementos estructurales, de fácil transportación, instalación y construcción. Un proyecto arquitectónico y estructuralmente diseñado que sea factible de construirse en cualquier área de aplicación en nuestro país, de costos balanceados, de estética vanguardista y sobre todo de estructura portante no tradicional y sismorresistente. Se presentan los planos elaborados con base a los diseños arquitectónico y estructural. También se presenta la memoria de cálculo usando el programa para computadora S.A.P. que muestra todos los pasos seguidos para llegar a su culminación y que puede ser utilizada con facilidad y donde se le puedan introducir las variables que se encuentren en el campo donde se desee aplicar.

## **C. TEMA DE ESTUDIO**

El tema central de la tesis es puentes peatonales, mejor conocidos como PASARELAS. Las pasarelas constituyen un campo de experimentación formal y resistente muy amplio. Es una estructura poco comprometida desde el punto de vista de resistencia, ya que las solicitudes son pequeñas y su rigidez no tiene otra cota que la de mantener las vibraciones dentro de los valores aceptables para el peatón. Por esta razón, se quiere iniciar en Guatemala lo que en el mundo desarrollado ya es obligación diaria para las municipalidades, esperando iniciar con esta tesis

configuraciones formales que varíen desde auténticos hallazgos llenos de contenido y sentido resistente y formal, hasta planteamientos formales cuyo contenido no consiste sino en sorprendernos.

Primero se debe avanzar en el conocimiento de lo construido hasta ahora en el país, tanto tiempo limitado en sus manifestaciones por la precariedad de los medios de la tecnología. Ahora esto es posible. Determinadas configuraciones resistentes frecuentes, clásicas buenas, parecen las únicas que deben ser, porque asimilan lo habitual a lo riguroso, más aún, a lo que es. Y esto no es así. En estos tiempos terminales existe un amplio campo de experimentación que nos permite extender lo construido, sentir que el equilibrio y la resistencia de una manera más amplia que debemos investigar. Pero junto a esta manera de estar se encuentra la búsqueda del efecto, la sorpresa, sin importar si lo diseñado va a servir para dar nueva luz sobre lo construido o va a intentarlo por lo menos, o si por el contrario, no tiene otra intención que gustar. Es suficiente entonces que alguien lo calcule para que sea posible.



**Fotografía dos:**

Puente peatonal sobre la Corporation Street, en Manchester Inglaterra, construido en 1998 por el arquitecto Steven Hodder y el ingeniero Andy Foster en colaboración de la Hodder Associates.

Está formado al mismo tiempo por una hipérbola y una parábola que recuerdan a una torre refrigerada de una central energética solo que en horizontal. Su forma permite a los transeúntes caminar a través de un tubo de cristal, entre los diferentes niveles de los edificios de ambos lados de la calle.

Estos dos mundos coexisten y se mezclan más veces de las debidas. En muchas ocasiones se deja la búsqueda, deslumbrando por un hallazgo ligero. En otras ocasiones se es más riguroso y los cantos de sirena de lo atractivo no detienen una búsqueda más penetrante, aquella que descubre otras maneras de manifestar lo resistente. Y esto, como siempre, acaba siendo un problema moral sobre cuya salvaguarda, el ser consciente de esta disyuntiva, no es una garantía.

Como ya se adelantó al principio de este segmento de la tesis, la pasarela es una estructura poco comprometida. Está poco solicitada, 500 Kg./m<sup>2</sup> como carga viva, o sea el peso de los peatones como área pública, no es demasiado y además es poco exigente respecto a sus condiciones de deformación. Lo cual es más importante. Esto permite que sea un campo de experimentación resistente y formal muy interesante de cultivar.

La tipología que se utiliza en esta tesis es nueva totalmente para Guatemala y más o menos nueva para países desarrollados. Constituye un desarrollo de planteamientos estructurales clásicos como los arcos, los cables, los puntales, estructuras rectas, muros de corte, rampas, pero con una utilización nueva, variada y formando el acero y el concreto de manera de romper con la monotonía y darle vida a una estructura hasta hoy aburrida en nuestro medio y que pasa desapercibida y que hasta en muchas ocasiones dan ganas de quitarla de ahí por lo mal que hace al paisaje urbano guatemalteco. La propuesta de la tesis utiliza el concepto resistente en sí de las estructuras tradicionales, pero no sus manifestaciones formales que normalmente adoptan ingenieros estructurales y más lamentablemente, malos arquitectos.

## **D. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Para proponer soluciones y generar la adecuación de la manera actual de diseñar pasarelas en Guatemala, de manera integral y sostenible, es necesario revisar todos los pasos a seguir tanto en diseño arquitectónico como ingenieril. Sólo de esta manera se obtendrán resultados técnicamente aceptables.

Las soluciones para los inconvenientes encontrados y el logro de una costumbre de diseño y construcción con fines de mejorar el aspecto urbano como un desarrollo sostenible, requieren de la presentación de un proyecto que promueva la creación de una pasarela integral.

Muchas empresas y entidades estatales cuentan con fondos para promocionarse, suficientes fondos debe agregarse, y han encontrado que en las pasarelas se unen el servicio a la comunidad y por lo tanto la mejor manera de publicitarse. Estas entidades sólo requieren de una buena orientación para que sus fondos tengan más ventajas de las que están teniendo actualmente y de las que ellos creen pueden tener.

Y de estas ventajas se ha venido hablando ya anteriormente en la tesis, entre las que se cuentan que con menos inversión se pueden construir pasarelas muy atractivas y muy económicas desde el punto de vista estructural y que cumplan con dos funciones que actualmente no están cumpliendo como lo son mejorar el paisaje urbano y permitir su uso a varios grupos de ciudadanos excluidos actualmente como los ancianos, mujeres embarazadas y minusválidos.

Definido ya el origen de los fondos hay que revisar ahora las consideraciones técnicas que deben tomarse en cuenta y que han venido siendo obviadas durante todo este tiempo. El programa de necesidades contemplará la integración arquitectónica al medio en que se implante, en donde se deben tomar en cuenta principalmente el destino de uso, los usuarios, en este caso una pasarela debe poder ser usada por todos los peatones sin discriminación y más aún, por ciclistas, que actualmente en Guatemala son tratados como la especie rara. Una pasarela como ya dijimos en la introducción puede ser tratada como algo tan simple pero no como algo sin importancia, desde ningún punto de vista. Su equipamiento deberá tener relación directa con sus medios pero no se puede dejar de lado los aspectos de seguridad, accesibilidad, adecuación al entorno y estética.

Aquí es donde considera el autor que es necesario proveer a la comunidad de un módulo de pasarela que pueda ser fácilmente repetido en cualquier ubicación, siempre y cuando se adecuen sus variables de implantación para que entre en concordancia con el medio; que cumpla con las normas de confort y urbanismo; que los sistemas constructivos utilizados aprovechen recursos locales fáciles de encontrar y además, que puedan ser aplicados a todas las áreas de un centro urbano. El aprovechamiento de los recursos locales incluye el uso de la tipología constructiva utilizada entre las poblaciones del lugar, con las debidas correcciones técnicas.



**Fotografías tres y cuatro:**

Pasarela del Malecón  
Murcia

Año de construcción:  
1995-1996

Ubicación: Río segura,  
Murcia España

Propiedad:  
Ayuntamiento de  
Murcia.

Constructora:  
Agruman.

Luz tramo atirantado:  
50 m.

El conjunto debe funcionar integralmente, aprovechando al máximo tanto los recursos locales como los aportados por las instituciones colaboradoras. Para que esto se cumpla se requiere de la planificación técnica previa a su creación y de tomar decisiones que provean las soluciones certeras, y a tiempo, a los problemas encontrados.

No se puede pensar que en una ciudad sin planificación urbana como Guatemala, que se ha desarrollado sin la base de un programa completo de fundamentos urbanísticos, no se pueda readecuar. A través de soluciones técnicamente concebidas se pueden llenar los requisitos no analizados para poder corregir los errores que se han estado cometiendo hasta la fecha. Sólo de esta manera sus habitantes podrán alcanzar el desarrollo de forma acelerada. De lo contrario, los altos costos en infraestructura y equipamiento retardarán la llegada del desarrollo, como ha sucedido hasta ahora.

Si el diseño, planificación y construcción de las pasarelas se ha basado en las normas nacionales e internacionales dictadas para el efecto, en una estrecha coordinación de las entidades participantes junto a los beneficiarios, en la utilización de técnicas y recursos locales y en la integración y respeto al entorno previsto, con el mínimo de recursos económicos se logrará satisfacer las necesidades prioritarias y las futuras aplicaciones serán certeras e iniciaran una época de apertura a una mentalidad moderna que se reflejará en otros campos de nuestro medio.

## **E. OBJETIVOS**

### **1. GENERAL**

Promover la construcción de puentes peatonales, PASARELAS, arquitectónica y estructuralmente bien resueltos.

### **2. ESPECÍFICOS**

- a.** Investigar el comportamiento de los anillos en un puente atirantado sujeto a cargas dinámicas de paso peatonal y sismo.
- b.** Promover el uso del cable en construcción de puentes en Guatemala.
- c.** Realizar un ejemplo de cálculo estructural con tubo circular metálico.
- d.** Investigar una cimentación para arcos y puntales.
- e.** Determinar por inspección simple las ventajas y desventajas de construir con este tipo de elementos estructurales respecto de los usados actualmente en Guatemala.
- f.** Presentar un diseño vanguardista para las pasarelas en Guatemala.