

PUENTES DE BAJO COSTE PARA LOS PAISES EN VIA DE DESARROLLO. ESTADO ACTUAL DE LA TÉCNICA.

Por

Ivan Javier Alvarez Pinedo

Noviembre / 2009

Autor / Author: Ivan Javier Alvarez Pinedo	Fecha / Date: Noviembre de 2009
Título / Title: PUENTES DE BAJO COSTE PARA LOS PAISES EN VIA DE DESARROLLO. ESTADO ACTUAL DE LA TÉCNICA.	
Directores trabajo / Supervisors: Dr. Ignacio Payá Zaforteza	Nº páginas / No. pages 96
Departamento / Department-Master/Master: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCION Y PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL MASTER OFICIAL EN INGENIERIA DEL HORMIGON	
Universidad / University: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA	 UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
Palabras clave / Keywords: Transferencia de conocimiento “knowledge transfer”, transferencia de tecnología “technology transfer”, tecnología aplicada “applied technology”, organizaciones no gubernamentales “not governmental organizations”, desarrollo “development”, iniciativas de desarrollo social “social development initiatives”	

A Dios,
A mi familia,

Y a todas aquellas personas

Que de alguna u otra manera colaboraron en

Esta incansable lucha por conseguir este objetivo.

Prefacio.

El presente proyecto final de máster, que tiene por título “Puentes de Bajo Coste Para los Países en Vía de Desarrollo. Estado Actual de la Técnica”, ha sido elaborado por Ivan Javier Alvarez Pinedo y forma parte de los requisitos para la obtención del título de Máster en Ingeniería del Hormigón, por parte del Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Valencia.

El proyecto ha sido dirigido por el Profesor contratado Doctor de Universidad D. Ignacio Payá Zaforteza, del Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Valencia.

Agradecimientos.

Las dificultades presentes en el desarrollo de éste trabajo, hubiesen sido mayores sin la ayuda de todas aquellas personas que con su voluntad y esfuerzo contribuyeron a que no desfalleciera en la consecución de esta investigación. De mi parte reciban un sincero agradecimiento por incentivar el espíritu investigador haciendo posible la culminación de éste trabajo.

Agradezco a:

- Dr. Ignacio Payá Zaforteza. Universidad Politécnica de Valencia.
- Dr. Toni Cladera. Universitat de les Illes Balears.
- Ing. Ingrid Raventós.
- Dr. Edwin Portillo. Estructuristas Consultores S.A.
- Dr. Manuel de Menbrillera Ortuño. Ofiteco. Universidad Politecnica de Valencia.
- Toni Ruttimann.
- Centro de Cooperación al Desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia.

ÍNDICE.

Índice.....	I
Relación de Tablas.....	II
Relación de Figuras.....	III
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ESTADO DEL ARTE.....	7
2.1 Introducción.....	8
2.2 Construcciones de bajo coste para viviendas (low cost houses).....	8
2.2.1 Introducción.....	8
2.2.2 Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo CYTED. Sub Programa XIV. Proyecto: XIV.3 Techos y XIV.5 con Techo. Programa 10x10. Un Techo para Vivir. (Tecnologías para viviendas de producción social en America Latina).....	9
2.2.3 Programa de Desarrollo Integral para el distrito de Anantapur, India. Sub Programa de vivienda. Fundación Vicente Ferrer.....	10
2.2.4 WORLD HABITAT AWARDS. Reconstrucción y Rehabilitación Post- tsunami en Sri Lanka. Practical Action (PA).....	11
2.2.5 Arquitectos Sin Fronteras – ESPAÑA (ASF).....	12
2.2.6 Evaluación de Proyectos y Construcción de Viviendas.....	14
2.3 Proyectos y Construcción de Puentes en Países en Vía de Desarrollo (Puentes de Bajo Coste).....	15
2.3.1 Introducción.....	15
2.3.2 “Infraestructuras de Transporte en el Medio Rural de Condega (NICARAGUA) Para la Sostenibilidad del Desarrollo Territorial” Manuel Gómez de Menbrillera Ortuño.....	16
2.3.3 Puentes Construidos Por ONG’S. Ingrid Raventós.....	17
2.3.4 Hooghly Bridge, KOLKATA, INDIA (1992).....	17
2.3.5 Impact of Jamuna Multipurpose Bridge on the Local Economy. Shahriyar Anam, Abu Saleh Md. SOHEL-UZ-ZAMAN and Iftekhar Anam.....	18
2.3.6 Trail Bridge Sub-Sector Program (TBSSP). Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (CODESU). HELVETAS. Trail Bridge Support Unit Nepal. (TBSU).....	19

2.3.7	Bridge to Prosperity (Puentes para la Prosperidad).....	22
2.3.8	Pasarelas Colgadas de TONI RUTTIMANN.....	25
2.3.9	Puentes de Guillermo Candela García con las comunidades pobres de El Salvador.....	30
2.3.10	“Manual for Construction at Community and District Level” Department for International Development, UK. - I.T. Transport.....	35
2.4	Conclusiones.....	36
3.	CRITERIOS DE DISEÑO Y TIPOLOGIAS UTILIZADAS EN PUENTES DE BAJO COSTE EN PAISES EN VIA DE DESARROLLO.....	38
3.1	Introducción.....	39
3.2	Tipologías.....	42
3.3	Recomendaciones según el vano a cubrir para la elección de la tipología.....	52
4.	RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO Y CONSTRUCCION DE PUENTES DE BAJO COSTE EN PAISES EN VIAS DE DESARROLLO.....	55
4.1	Introducción.....	56
4.2	Importancia de la Utilización de una Tecnología Apropriada.....	56
4.3	Implicación Local. Elemento de mayor repercusión en el éxito de Proyectos y Construcciones de Bajo Coste en Países en Vía de Desarrollo.....	57
4.4	Aplicación de los ideales del Arte Estructural en los proyectos y construcciones de Puentes de Bajo Coste.....	58
5.	CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN.....	59
	REFERENCIAS.	

Acrónimos.

Concepto	Acrónimo
Organizaciones no Gubernamentales	ONG
Practical Action	PA
Building and Social Housing Foundation	BSHF
Arquitectos Sin Fronteras	ASF
Bahagirathi Bridge Construction Company	BBCC
International Association for Bridge and Structural Engineering	IABSE
Trial Bridge Sub-Sector Program	TBSSP
Trial Bridge Support Unit Nepal	TBSU
Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación	COSUDE
Short Span Trial Bridge	SSTB
Long Span Trial Bridge	LSTB
Sistema de Información de Puentes	SIP

Relación de tablas.

Tabla 1. Resumen acción de ASF en América latina.

Tabla 2. Resumen de los proyectos mas importantes en el mundo desarrollados por Bridge to Prosperity

Tabla 3. Sistema de información de puentes (SIP). www.Historiasdepunteros.com. Toni Ruttimann.

Tabla 4. Puente de Vigas de Madera.

Tabla 5. Puente Hamaca.

Tabla 6. Puente Colgante.

Tabla 7. Puente de Losa de Hormigón Armado.

Tabla 8. Puente de Vigas de Hormigón Armado.

Tabla 9. Puentes de Vigas Metálicas.

Tabla 10. Puentes de Vigas con Celosía Metálica con Paso Superior.

Tabla 11. Puente de Viga con Celosía Metálica con Tablero Inferior.

Tabla 12. Puente Sobre Encofrado Perdido.

Tabla 13. Procedimiento de selección de pasarelas.

Relación de figuras.

Figura 1. Cúpula de ferrocemento (derecha). Paredes portantes de madera (izquierda). Tecnologías Para Viviendas de Producción Social en América Latina. Universitat Politècnica de Catalunya. Lorenzo Gállico Pedro.

Figura 2. Maquina de bloques de suelo cemento (derecha). Semibóveda de cerámica armada (izquierda). Tecnologías Para Viviendas de Producción Social en América Latina. Universitat Politècnica de Catalunya. Lorenzo Gállico Pedro.

Figura 3. Casa tipo de proyectos (derecha). Comunidad trabajando en los proyectos (izquierda). www.illesbalears.isf.es/documents/altres/PFC_NACHO_BLASCO.pdf. Blasco Domínguez Ignacio.

Figura 4. Trabajo de mujeres en el proyecto (derecha). Albañiles formados por el proyecto (izquierda). www.worldhabitatatawards.org/winners-and-finalists/project-details

Figura 5. Tipo de vivienda construida: Exterior (izquierda) e interior (derecha). Evaluation of a program for the reconstruction of houses in India. Payá Zaforteza Ignacio; Calderón García Pedro.

Figura 6. Puente sobre el rio Hooghly. Puente atirantado de tablero mixto. Kolkata, India.

Figura 7. Puente sobre de Rio Jamuna. Bangladesh.

Figura 8. Puente colgante suspendido típico de Nepal. (Izquierda y derecha). www.nepaltrailbridges.org/brochure

Figura 9. Puente colgante suspendido. (Izquierda y derecha). www.bridgetoprosperty.org

Figura 10. Estudiantes de la Universidad de Iowa celebrando en el puente diseñado y construido en los Andes del Perú bajo el programa de voluntariado de bridge to Prosperity.

Figura 11. Toni trabajando con los beneficiarios en la construcción de una pasarela colgante. www.ticino7.ch/

Figura 12. Pasarela colgante en proceso de construcción. www.ticino7.ch/

Figura 13. Pasarela colgante construida en la frontera entre Honduras y El Salvador por Toni Ruttimann.

Figura 14. Rotulas Freyssinet del puente de Teosinte. Guillermo Candela García. Revista de Obras Públicas 3.346 (9): 73-81. 1995.

Figura 15. Puente sobre le rio padre; Teosinte, El Salvador. Puente de vigas de hormigón armado. Guillermo Candela García. Revista de Obras Públicas 3.346 (9): 73-81. 1995.

Figura 16. Puente sobre le rio chiquito; Departamento de Morazán, El Salvador. Puente de vigas de canto variable. Guillermo Candela García. Revista de Obras Públicas 3.411 (11): 47-57. 2001.

Figura 17. Puente sobre el rio Torola; Departamento de Morazán, El Salvador. Puente de arco de hormigón postensado tipo (bow-string). Guillermo Candela García. Revista de Obras Públicas 3.487 (16): 31-46. 2008.

Figura 18. Puente de vigas de Madera. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

Figura 19. Puente de vigas de Madera. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

Figura 20. Puente Hamaca. Esquema longitudinal. Puente Hamaca. Ingrid Raventós (2000).

Figura 21. Puente Hamaca. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

Figura 22. Puente Colgante. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

Figura 23. Puente Colgante. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

Figura 24. Puente de Losa de Hormigón Armado. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

Figura 25. Puente de Losa de Hormigón Armado. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

Figura 26. Puente de Vigas de Hormigón Armado. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

Figura 27. Puente de Vigas de Hormigón Armado. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

Figura 28. Puente de Viga Metálica. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

Figura 29. Puente de Viga Metálica. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

Figura 30. Puente de vigas con Celosía Metálica y Paso Superior. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

Figura 31. Puente de vigas con Celosía Metálica y Paso Superior. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

Figura 32. Puente de Vigas con Celosía Metálica y Tablero Inferior. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

Figura 33. . Puente de Vigas con Celosía Metálica y Tablero Inferior. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

Figura 34. Puente Sobre Encofrado Perdido. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

Figura 35. Puente Sobre Encofrado Perdido Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

Figura 36. Puente de vigas de madera de 10 mts X 4.5 mts de ancho de uso peatonal y con un flujo bajo de vehículos motorizados. Laos.

Figura 37. Puente de vigas de madera con vigas voladizas empotradas en los estribos de 15 mts X 1 mts de ancho de uso peatonal. Nepal. www.bridgetoprosperty.org

Figura 38. Puente tipo reconstruido después del huracán Mitch en Centroamérica. Ingrid Raventós (2000).

Figura 39. Puente colgante suspendido típico en Nepal. (SSTB). www.nepaltrailbridges.org/

Figura 40. Hombres trabajando en la colocación de la plataforma de la pasarela (Izquierda). Puente colgante típico (Derecha). Pasarela construida por Toni Ruttimann. Ecuador. (Izq - Der)

Figura 41. Puente sobre el rio Anchica. El Salvador. Puente losa de hormigón armado. Ing. Guillermo Candela.

Figura 42. Puente sobre el rio chiquito; Departamento de Morazán, El Salvador. Puente de vigas de canto variable. Ing. Guillermo Candela.

Figura 43. Puente de vigas metálicas de 14 mts de long. Y 4 mts de ancho. Compuesta por 4 vigas de sección I. Vista superior de la plataforma (Izq). Vista inferior del puente mostrando las 4 vigas I (Der). Indonesia

Figura 44. Pasarela peatonal de 30 metros de luz sobre el río Teosinte, Departamento de La Libertad (El Salvador), construida para una constructora local.

Figura 45. Puente de vigas de celosía metálica con tablero inferior. Rio Nilo Azul, Ethiopia. Construido por bridge to Prosperity.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.

1.1 INTRODUCCION.

La red vial de un país es un elemento que incide en el desarrollo y la economía de sus habitantes, ya que cuanto más importante y en mejor estado de conservación se encuentre las vías, mayor es el nivel de ingreso de ese país. La cooperación para el progreso de países en vías de desarrollo incluye muchas veces la necesidad de construir infraestructuras que permitan comunicar comunidades que están separadas por obstáculos naturales (ríos o valles). A menudo la ausencia de un paso transitable conlleva el aislamiento de estas comunidades, que se ven forzadas a recorrer grandes distancias para vadear los ríos o valles poniendo frecuentemente en peligro su vida. Al estar alejadas de las zonas de interés económico, los accesos a sus poblaciones son, en el mejor de los casos, caminos de tierra que se machacan con las lluvias y que, sencillamente atraviesan los cauces. Los puentes son muy escasos y el poco o inexistente presupuesto que se dedica a estas vías de comunicación se va en labores de mero mantenimiento. Sin vías de comunicación permanentes, amplias zonas de estos países quedan condenadas al aislamiento y al atraso pudiendo solo recurrir a las administraciones publicas que lo más que dan son promesas sobre todo en tiempos de elecciones. Hoy en día es mas frecuente encontrarse con organizaciones no gubernamentales (ONG'S) que viendo la necesidad de desarrollo sostenible de estas zonas, son las que ayudan con la financiación de este tipo de infraestructuras o realizan las obras con proyectos de cooperación, pudiendo así mejorar las condiciones de vida de estas comunidades.

Es indudable que uno de los primeros pasos para el desarrollo de estas poblaciones consiste en la construcción de puentes peatonales o vehiculares que permitan solucionar los problemas de movilidad y faciliten la comunicación con las zonas más desarrolladas. Para la construcción de estas infraestructuras es necesario comprender que la aplicación de las tecnologías de construcción deben ser lo mas coherentes posibles con el nivel de desarrollo constructivo del país donde se ejecutan este tipo de obras. Por lo cual una correcta utilización de los recursos con los que cuentan estas poblaciones, adaptadas a las disponibilidades de capital, energía y características de mano de obra tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo, es lo que definiremos como un proyecto de construcción de bajo coste.

Teniendo en cuenta estos criterios, y viendo la necesidad de desarrollar iniciativas que impulsen el crecimiento social en materia de construcción en estos países, surge la necesidad de hacer una revisión de las condiciones actuales de estas construcciones, ya que son de vital importancia para los países el traslado de personas y mercancías, a los centros de producción económica y centros de consumo. Además, estas construcciones de bajo coste permiten alcanzar objetivos fijados en los planes de desarrollo que se traducen en última instancia en elevar la calidad de vida de los habitantes.

El **objetivo general** de este trabajo es exponer y analizar desde su estado del arte, cuáles son las investigaciones más representativas en los proyectos de cooperación en construcciones de bajo coste, realizados en diferentes áreas de intervención, para países en vía de desarrollo. (Construcciones de viviendas de bajo coste y proyectos y construcciones de puentes de bajo coste), con el fin de identificar los vacíos más representativos entre estos temas en común y a su vez centrar esta investigación, en los proyectos y construcciones de puentes de bajo coste; mostrando sus aspectos más relevantes a tener en cuenta al proyectar una obra de esta índole, con la finalidad de proponer una guía práctica teniendo en cuenta los criterios de diseño y las tipologías más utilizadas en este tipo de proyectos, para así saber en dónde enfatizar a la hora de planificar, gestionar y desarrollar un proyecto de esta envergadura.

1.2 OBJETIVOS.

Objetivo General.

Estudiar las características específicas que diferencian el proyecto y la construcción de puentes de bajo coste, en proyectos de cooperación en países en vía de desarrollo cuando se realizan con tecnologías apropiadas.

Objetivos Específicos.

1. Aplicar herramientas de búsqueda de información científica en proyectos de cooperación al desarrollo para construcciones de bajo coste.
2. Sintetizar información procedente de diferentes fuentes y escrita en diferentes lenguas.
3. Realizar un estado del arte sobre la construcción de puentes de bajo coste en proyectos de cooperación en países en vías de desarrollo.
4. Estudiar y describir los proyectos de puentes de bajo coste en países en vía de desarrollo.
5. Enumerar las tipologías empleadas en la construcción de puentes de bajo coste en proyectos de cooperación en países en vías de desarrollo.
6. Proponer recomendaciones que permitan mejorar el proyecto y construcción de puentes de bajo coste en países en vías de desarrollo.
7. Extraer conclusiones sobre las especiales circunstancias y dificultades que rodean el proyecto y la construcción de puentes de bajo coste en países en vías de desarrollo.
8. Coadyuvar, al impulso de estas iniciativas para el desarrollo de propuestas similares en el programa de Maestría en Ingeniería del Hormigón en la Universidad Politécnica de Valencia.

1.3 METODOLOGÍA EMPLEADA.

Cuando se realiza una investigación, es necesario establecer el tipo de investigación que se llevará a cabo y el método que se utilizará. Asimismo, es importante tener en cuenta y recordar el proceso de recolección de la información necesaria para la culminación con éxito de la presente tesina. Para la cual se siguieron las siguientes pautas.

- **Búsqueda Bibliográfica.** En la cual se realizó una exhaustiva revisión en el tema de proyectos de cooperación para países en vía de desarrollo, en (libros, tesis de grado, revistas, periódicos, memorias, etc.), donde con la aplicación de las herramientas de búsqueda de información científica se centró la investigación en los proyectos y construcciones de bajo coste.
- **Entrevistas a ONG'S y particulares.** Se tuvo la oportunidad de obtener información directa referente a los proyectos y construcciones de puentes de bajo coste realizados hasta la fecha, por medio de entrevistas (por correos electrónicos y llamadas telefónicas), mantenidas con ONG'S y particulares dedicados a esta labor en diferentes lugares del mundo, como quedará reflejado en el desarrollo de esta tesina.
- **Síntesis de la información recogida.** Con el estudio de la recopilación de los datos obtenidos de las diferentes fuentes de información, se conoció la forma como en la actualidad se aborda el desarrollo de un proyecto de cooperación en la construcción de puentes de bajo coste, y cuales son sus principales falencias. Por lo que, surge la iniciativa de proponer una guía practica de recomendaciones que ayuden a solventar los grandes problemas de desigualdad social que viven muchas poblaciones alejadas de estos países por no tener claro como desarrollar este tipo de proyectos. En definitiva, lo que se pretende es despertar una sensibilidad que promueva más acciones de este tipo a todos los niveles en los proyectos relacionados con esta temática.

1.4 CONTRIBUCIONES Y ESTRUCTURA DE LA TESINA.

Las contribuciones que se buscan con la realización de esta tesina son:

- Mostar como es posible desarrollar un proyecto y construcción de puentes bajo coste teniendo en cuenta las especiales circunstancias y dificultades, que rodean la construcción de este tipo de obras en los países en vía de desarrollo.
- Proponer una guía práctica que sirva de apoyo a las ONG'S y particulares, a la hora de afrontar un proyecto y construcción de puentes de bajo coste.
- Impulsar iniciativas de proyectos de cooperación en construcciones de bajo coste, que ayuden a recortar la distancia existente entre los países del primer mundo y los países en vía de desarrollo en materia de igualdad social. Desde el progreso en tecnologías de construcción poco conocidas en estos países.

El contenido de esta tesina está organizado de la forma siguiente. El capítulo 2 contiene un estado del arte de los proyectos de cooperación al desarrollo más importantes efectuados en países del tercer mundo, con un énfasis especial en los proyectos y construcciones de puentes de bajo coste. El capítulo 3 presenta los criterios de diseño y las tipologías mas utilizados en los proyectos y construcciones de puentes de bajo coste. En el capítulo 4 se establecen unas recomendaciones a modo de guía practica, que uniéndolas a la información redactada en el capítulo anterior, pueden llegar ha ser de gran utilidad para el desarrollo de proyectos y construcciones de puentes de bajo coste. Finalmente en el capítulo 5 se plantean las conclusiones del trabajo realizado y apunta futuras líneas de investigación.

CAPITULO 2. ESTADO DEL ARTE.

2.1 Introducción.

La revisión bibliográfica es una parte esencial de todo proyecto de investigación pues identifica los aspectos relacionados con el tema estudiado que no han sido tratados en investigaciones anteriores, permitiendo establecer la idoneidad de un tema.

El estado del arte realizado, estudiará algunos proyectos significativos en las áreas de construcciones de bajo coste para viviendas (2.2) y puentes (2.3) con el fin de identificar los vacíos existentes. Las conclusiones de esta parte de la investigación se proporcionaran en el sub-capítulo (2.4).

2.2 CONSTRUCCIONES DE BAJO COSTE PARA VIVIENDAS. (Low Cost Houses).

2.2.1 Introducción.

El acceso a una vivienda es uno de los derechos fundamentales del ser humano y como tal aparece recogido en la Declaración Internacional de los Derechos Humanos promulgada por las Naciones Unidas en 1948 [41]. No obstante, las estadísticas demuestran que este derecho está muy lejos de ser una realidad para el conjunto de los habitantes de la Tierra. Así, en el año 2003, un 32 % de la población urbana mundial vivía en chabolas (UN, 2003, [42]) y trabajos posteriores estiman que en el año 2030, 3000 millones de personas – aproximadamente un 40% de la población mundial actual – necesitará vivienda (UN, 2005, [43]). La escasez de viviendas no es un problema exclusivo de los países en vías de desarrollo, sino que afecta también a países como Estados Unidos y Gran Bretaña según muestran los datos recopilados por Singh [36].

Para afrontar esta problemática, numerosos organismos han promovido estudios y proyectos relacionados con la construcción de viviendas de bajo coste empleando tecnologías apropiadas para la realización de éstas, entendiendo por tecnologías apropiadas aquellas que utilizan principalmente los recursos de un país o región en desarrollo, adaptándose a las disponibilidades de capital y de energía y a las características de mano de obra tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. Para así obtener construcciones eficientes, económicas y acordes al

emplazamiento de estos proyectos. Dentro de los cuales se mencionaran a continuación algunos trabajos significativos en este campo.

2.2.2 Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo CYTED. Sub Programa XIV. Proyecto: XIV.3 Techos y XIV.5 con Techo. Programa 10x10. UN TECHO PARA VIVIR. (TECNOLOGIAS PARA VIVIENDAS DE PRODUCCION SOCIAL EN AMERICA LATINA).



Figura 1. Cúpula de ferrocemento (derecha). Paredes portantes de madera (izquierda). Tecnologías Para Viviendas de Producción Social en América Latina. Universitat Politècnica de Catalunya. Lorenzo Gálligo Pedro

Este programa nos entrega los productos de un proceso de apropiación teórica-práctica de una parte representativa de las tecnologías existentes de América Latina, Portugal y España. En él se encuentra el aporte creativo de diferentes centros de investigación, que se concreta en una rica gama de productos tecnológicos como: la Vigueta + Plaqueta, la Losa canal, el Domo, la Cúpula de ferrocemento, la Cúpula de bara y tierra, la Batea de cerámica armada, la Teja de microconcreto, el Sancocho, la Teja cerámica, la Vigueta más bovedilla, la Soportería enrollable de madera y acero, la Prelosa, la Cúpula de cerámica, el Ladrillo de suelocemento, el Adobe sismo resistente, la Quincha, el Sistema mafalda, Sistema Beno, Sistema Bloque panel, Sistema Uma, Columnas y losetas, el electropanel, el Bloque de suelocemento, la Mafalda quincha y la Mafalda electropanel, entre otros. En los procesos de transferencia, cada uno de estos productos fue siendo sometido a los análisis de aplicabilidad en los distintos contextos nacionales y regionales, teniendo en cuenta las peculiaridades que éstos presentan. El programa recoge lo más valioso de un rico proceso de 15 experiencias del programa 10x10 de carácter experimental en 13

países latinoamericanos con 119 viviendas construidas como prototipo de las tecnologías que se han transferido, de 23 talleres de transferencia tecnológica, de 21 simposios y diversos cursos para especialistas. Todo lo anterior da respuesta, al menos con diversas sugerencias tecnológicas concretas, al problema de vivienda de los sectores que aglutinan a inmensas cantidades de pobres que no tienen acceso al mercado.



Figura 2. Máquina de bloques de suelo cemento (derecha). Semibóveda de cerámica armada (izquierda). Tecnologías Para Viviendas de Producción Social en América Latina. Universitat Politècnica de Catalunya. Lorenzo Gállego Pedro.

En pocas palabras el programa busca la comunicación con todos los actores que intervienen en la producción social del hábitat latinoamericano, de la vivienda de muy bajo coste, caracterizada básicamente por la autogestión y/o la autoconstrucción. Busca compartir soluciones y experiencias con los usuarios, las organizaciones ciudadanas, las organizaciones de cooperación internacional, las ONG'S, los técnicos, los centros de investigación, las universidades, los fabricantes de materiales, los constructores, las administraciones locales y centrales, con el fin de obtener soluciones integrales que ayuden a resolver el problema de vivienda social en latinoamérica.

2.2.3 Programa de Desarrollo Integral para el distrito de Anantapur, India. Sub Programa de vivienda. Fundación Vicente Ferrer.

Programa desarrollado por la Fundación Vicente Ferrer, en las comunidades más pobres de Anantapur. La construcción de estas viviendas se adecua a las costumbres y a los materiales disponibles de la zona. Se trata de casas sencillas, con dos

estancias interiores. La primera estancia hace las veces de cocina, con espacio para guardar los víveres y los utensilios para cocinar y para manipular los alimentos. La otra sala se utiliza como salón y habitación. Todas las casas cuentan con un porche elevado y protegido por una cubierta. A demás la construcción es realizada por la los beneficiarios de las casas (ver figura 3), aprendiendo y desarrollando las tecnologías apropiadas para la construcción de estos proyectos impulsando el desarrollo sostenible de estas comunidades. El programa ya ha construido alrededor de 26.000 viviendas y tiene como objetivo la construcción de otras 50.000 a 60.000 viviendas en los próximos 10 años.



Figura 3. Casa tipo de proyectos (derecha). Comunidad trabajando en los proyectos (izquierda).
www.illesbalears.isf.es/documents/altres/PFC_NACHO_BLASCO.pdf. Blasco Domínguez Ignacio.

2.2.4 WORLD HABITAT AWARDS. Reconstrucción y Rehabilitación Post-tsunami en Sri Lanka. Practical Action (PA).

Proyecto ganador en el año 2008, en los Premios Mundiales del Hábitat realizados por la Building and Social Housing Foundation (BSHF). Este proyecto de rehabilitación y reconstrucción post-tsunami, ha trabajado con las comunidades afectadas en la reconstrucción de sus viviendas, mejorando su sustento, las infraestructuras, el saneamiento y la salud. Más de 160 viviendas, han sido construidas en asociación con ONG'S locales y grupos comunitarios, utilizando una tecnología apropiada rentable. Nuevas oportunidades para la generación de ingresos han sido creadas y se ha brindado capacitación a más de 200 pequeños empresarios comerciales. Las tecnologías apropiadas han sido introducidas, aumentando la sostenibilidad del uso de agua, energía y reduciendo la cantidad de materiales de construcción requeridos para cada casa. Más de 300 albañiles han sido entrenados en las tecnologías de

construcción (ver figura 4). Incorporando en cada hogar una probada cocina sin humo que asegura una mejor calidad del aire al interior. La formación de más de 1,200 personas, ha permitido reconstruir los sustentos y obtener nuevas habilidades. La salud ha sido mejorada por medio de hogares sin humo y el eco-saneamiento. ONG'S Internacionales y locales han aplicado muchas de las tecnologías desarrolladas para este proyecto, en otros proyectos de esta misma índole promovidos por la ONG **(PA)**.



Figura 4. Trabajo de mujeres en el proyecto (derecha). Albañiles formados por el proyecto (izquierda).
www.worldhabitatawards.org/winners-and-finalists/project-details.

2.2.5 ARQUITECTOS SIN FRONTERAS – ESPAÑA (ASF).

Cabe destacar la labor realizada por la ONG Arquitectos Sin Fronteras **(ASF)**, con su ejercicio de realizar en sus proyectos acciones de formación y capacitación. Apostando por el desarrollo sostenible, y la defensa de los derechos humanos desde un modelo de actuación transparente y participativa, en la búsqueda de soluciones eficientes. Actuando con independencia de criterios políticos, religiosos o económicos, en sus proyectos, apoya las áreas de la educación, la salud, el saneamiento, las infraestructuras y la vivienda. **(ASF)** trabaja en la mejora de las habitabilidades con entidades locales (organizaciones de base, entidades públicas, profesionales o religiosas) de América Latina y África, que normalmente son los que ejecutan sus proyectos. Como lo son, los proyectos de construcción de viviendas y capacitación para la utilización de tecnologías apropiadas, desarrollados en América Latina y África. Los cuales simplificare en la tabla 1

Tabla 1. Resumen acción de ASF en América latina.

PROYECTO	SECTOR	BENEFICIARIOS	FECHA
			INICIO/FINAL
CAT 01/05: Erradicación de cuarterías en el municipio de Las Tunas. CUBA	vivienda	65	2006/2008
MAD 06/05: Reducción de la vulnerabilidad ante inundaciones en el municipio de Chirino. Fase II. REPÚBLICA DOMINICANA	vivienda	110	2006/2007
CAT 18/03: Autoconstrucción de viviendas. "Ruca Peñí" Barrio Toma Esfuerzo. Ciudad de Neuquén. Provincia de Neuquén. Patagonia ARGENTINA	vivienda	50	2006/2008
CAT 10/05: Mejora de las condiciones de habitabilidad de la población excluida en Pachacutec. PERÚ	vivienda	593	2006/2008

Una mayor información sobre la construcción de viviendas de bajo coste, puede encontrarse en:

- www.acnur.org
- www.intermonoxfam.org
- www.asfes.org
- www.worldhabitatawards.org
- www.fundacionvicenteferrer.org

- www.moladi.co.za
- www.azobuild.com
- www.bmtpc.org
- www.idrc.ca
- www.unhchr.ch/udhr/lang/eng.htm

2.2.6 Evaluación de Proyectos de Construcción de Viviendas.

Los trabajos anteriores describen aspectos relacionados con las fases de proyecto y construcción. Los trabajos de evaluación de proyectos ya construidos son mucho más escasos, siendo destacable la contribución realizada por Dr. Ignacio Payá Zaforteza Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y el Dr. Pedro Calderón García Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, en el año 2005 para la ONG Intermón-Oxfam [26]. Estos autores evaluaron la construcción y reparación de aproximadamente 1000 viviendas en Gujarat (India), en una zona duramente afectada por un sismo en el año 2001. Las principales conclusiones del análisis realizado fueron:



Figura 5. Tipo de vivienda construida: Exterior (izquierda) e interior (derecha). Evaluation of a program for the reconstruction of houses in India. Payá Zaforteza Ignacio; Calderón García Pedro.

1. Para el éxito de un programa de reconstrucción en una zona sísmica es necesario que en él:
 - Intervenga un equipo multidisciplinar formado por técnicos de la construcción y trabajadores sociales.

- El programa incluya formación en tecnologías apropiadas de construcción sismoresistente a los albañiles, de modo que se favorezca la sustitución de inseguras prácticas constructivas por otras adecuadas.
 - Concientizar a los propietarios sobre la importancia de la correcta elección de materiales y formas estructurales en el comportamiento de los edificios de modo que en futuras ampliaciones no aumenten la vulnerabilidad de sus propiedades.
2. La reparación y refuerzo de viviendas es preferible a la construcción de viviendas nuevas puesto que:
- El coste económico de la reparación y refuerzo es generalmente muy inferior al de la vivienda nueva, por lo que, dados unos recursos, los beneficios alcanzan a un mayor número de personas.
 - El coste social de la reparación y refuerzo es prácticamente nulo al no provocar traslados definitivos de los ocupantes de las viviendas.
3. Es conveniente contratar técnicos locales que actúen como proyectistas-directores de obra y, en caso de que la ONG no disponga de sus propios técnicos, además una asesoría técnica externa a los técnicos locales. Esta asesoría se puede prestar puntualmente y debería encargarse de supervisar los proyectos e inspeccionar las obras por lo menos en sus comienzos y tras su finalización. De este modo se podrían proponer soluciones a tiempo y aplicar posibles mejoras de los trabajos.

2.3 PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES EN PAÍSES EN VÍA DE DESARROLLO. (Puentes de Bajo Coste).

2.3.1 Introducción.

El crecimiento económico de un país o una comunidad, está condicionado por la existencia de infraestructuras (carreteras y puentes) en buen estado. Gracias al adecuado diseño, construcción y conservación de estas, son posibles los desplazamientos seguros, rápidos y baratos de personas y mercancías.

La construcción de puentes requiere poseer considerables conocimientos, valor para emprender acciones osadas y la capacidad para dirigir al gran equipo de colaboradores hacia el logro de la obra; es una de las tareas verdaderamente difíciles de la ingeniería, que atraen y desafían, al ingeniero dotado de fortaleza y confianza en si mismo. Pero con la dificultad de la tarea se corresponden la alegría y la satisfacción de la obra terminada. Al proyectar un puente hay que tener en cuenta numerosas cuestiones. En primer lugar, hay que satisfacer los requisitos funcionales. Para ello tenemos a nuestra disposición diversas clases de estructuras (vigas, arcos, elementos colgantes, etc...) que pueden ser construidos de diversos materiales (madera, acero, piedra u hormigón). Teniendo definidos estos criterios nos centraremos en distinguir dentro de la gran variedad existente de proyectos y construcciones de puentes en países en vía de desarrollo los que prioricen la utilización de los recursos con los que cuentan, adaptándolos a las disponibilidades de capital, energía y a características de mano de obra tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. Además de tener en cuenta tres características fundamentales como son la eficiencia de su diseño, la economía de su construcción y la apariencia visual acorde con su entorno. En su mejor expresión, estas obras civiles, cuando son diseñadas con sensibilidad, se convertirán en verdaderas obras de arte. Dentro de las cuales se nombran las siguientes:

2.3.2 “INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE EN EL MEDIO RURAL DE CONDEGA (NICARAGUA) PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL DESARROLLO TERRITORIAL” Manuel Gómez de Menbrillera Ortuño [16].

Proyecto final de carrera de la escuela de ingeniería de caminos, canales y puertos de Universidad Politécnica de Valencia, en el cual se desarrollan entre otros proyectos una pasarela metálica peatonal y un puente vehicular en el municipio de Condega Departamento de Estelí, en la Región I de la República de Nicaragua. En este proyecto se detalla de manera muy clara como se pueden construir buenas infraestructuras con limitaciones tecnológicas, económicas y geográficas pero ante todo con la participación de las comunidades beneficiarias de los proyectos. Se muestra como estas limitaciones hacen que el ingeniero ajuste al máximo las posibilidades que tiene para la realización de las obras dando alternativas acordes,

económicas y técnicamente desarrollables, priorizando en la eficiencia de estas construcciones.

2.3.3 PUENTES CONSTRUIDOS POR ONG´S. Ingrid Raventós [28].

Tesina de especialidad, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Catalunya, en la cual, se realiza una investigación exhaustiva de los proyectos efectuados en construcciones de puentes en países en vía de desarrollo, por parte de las ONG´S nacionales e internacionales, dedicadas a esta labor. El objetivo básico de esta investigación fue el facilitar el trabajo de estas organizaciones, en tareas de planificación, gestión y desarrollo de estas infraestructuras, y de esta forma, contribuir con el desarrollo de las zonas deprimidas de estos países.

2.3.4 HOOGLHY BRIDGE, KOLKATA, INDIA (1992).

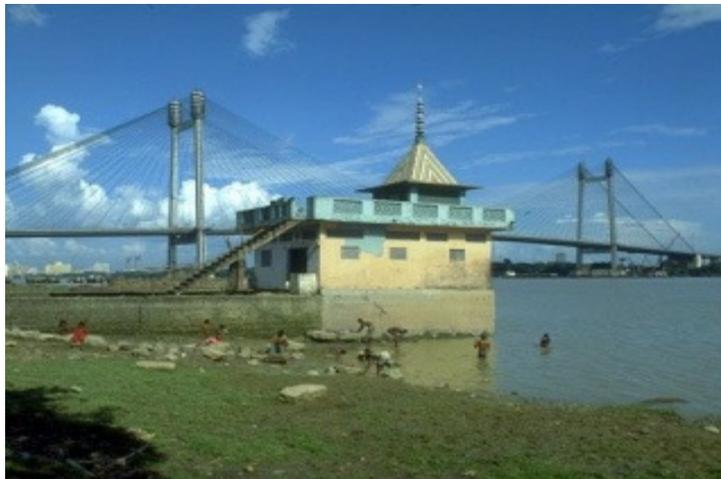


Figura 6. Puente sobre el río Hooghly. Puente atirantado de tablero mixto. Kolkata, India.

Puente atirantado de tablero mixto de 35 mts de ancho, con pilonos de acero de 122 mts de altura, con 3 vanos de (182-457-182) mts cada uno. Construido por, Bahagirathi Bridge Construction Company (BBCC), con la colaboración de Freeman Fox and Partners de Londres y Leonhardt und Andrä de Stuttgart. El puente Hooghly

es el resultado de un increíble pero recompensado trabajo de planeación y proceso de construcción que continuo alrededor de 20 años. Diseñado y construido de tal forma que las compañías de construcción locales fueron capaces de construirlo confiando exclusivamente en los materiales y mano de obra local.

Este proyecto muestra que el desarrollo en la forma de trabajo se debe gracias a la transferencia de conocimiento técnico, del cual es responsable de las actividades un ingeniero con la aplicación de una tecnología apropiada. La estructura fue desarrollada con las conocidas condiciones locales y también con los avances que proveían de los puentes de cables de todo el mundo, además muestra como un ingeniero es capaz de resolver un problema del diseño original para adaptarlo a las condiciones y necesidades locales, con el fin de obtener una eficiencia mayor de la estructura sin que esto conllevara a sobre costos en la construcción del proyecto.

2.3.5 IMPACT OF JAMUNA MULTIPURPOSE BRIDGE ON THE LOCAL ECONOMY. Shahriyar Anam, Abu Saleh Md. SOHEL-UZ-ZAMAN and Iftekhar Anam [35].



Figura 7. Puente sobre de Rio Jamuna. Bangladesh.

Presentación en el congreso de IABSE en NEW DELHI, INDIA 2005, en la cual nos enseñan que tan grande puede llegar a ser el impacto económico de una nación en vía de desarrollo como Bangladesh, por la construcción de un puente. El puente multipropósito sobre el rio (JAMUNA), esta situado a 130 km del noroeste de Dhaka la capital del país, es la infraestructura mas larga del sur de Asia y es el onceavo (11) puente mas largo del mundo (hasta 1998 cuando fue inaugurado), con 4.8 km de

longitud. Su estructura esta compuesta por 49 vanos de aproximadamente 100 mts y viaductos de aproximación a ambos lados con 12 vanos de 10 mts. El tablero tiene una ancho total de 18,50 mts con un gálibo vertical de 6 mts, que en los puentes de viaducto ferroviario se redujo a 2 mts sobre las cotas de los niveles máximos de crecida, para el paso de las embarcaciones menores. La subestructura consiste en pilotes tubulares de acero de 80 mts de longitud y diámetros de 2,5 mts y 3,15 mts que se rellenaron "in situ" con hormigón. La superestructura es del tipo de segmentos prefabricados y pretensados que se montaron por el sistema de voladizos sucesivos (método cantilever). Su nombre se debe a que no solo cumple una función vehicular, sino que además su estructura ha sido diseñada para albergar conjuntamente una carretera de cuatro carriles, una línea de ferroviaria, una línea de transmisión eléctrica de 230 Kv, un gaseoducto de 30" de diámetro e instalaciones para telecomunicaciones con dos viaductos finales de 128 mts cada uno, lo cual hace que sea una infraestructura multipropósito. El objetivo principal de la construcción del Puente fue establecer un vínculo estratégico entre el este y el oeste del país, con el fin de integrarlo mediante la generación de múltiples beneficios, fomentando una mejor inter-conexión regional, económica, comercial y de desarrollo social. Al mismo tiempo permitiendo una rápida circulación de mercancías y pasajeros por el tráfico carreteras y por ferrocarril a través del río Jamuna. Facilito la transmisión de electricidad, transferencia de gases naturales y la integración de los enlaces de telecomunicaciones. Todos estos beneficios han sido logrados gracias a la consecución de un gran proyecto, el cual nos muestra como es posible cambiar la vida de un país en vía de desarrollo, mejorando la calidad de vida de sus habitantes, no solo en el entrono de la obra, sino que además a logrado impactar la economía de todo un país.

2.3.6 Trail Bridge Sub-Sector Program (TBSSP). Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). HELVETAS. Trial Bridge Support Unit Nepal. (TBSU) [39].

Nepal es uno de los países más pobres del mundo con un ingreso per cápita de aproximadamente 300 dólares anuales. El total de la población, en la actualidad, es de aproximadamente 27,1 millones de personas, entre las cuales el 68,5% de la población vive con menos de 2 dólares al día. El producto interno bruto del país se

deriva de la agricultura, la silvicultura y la pesca. Actualmente el 45% del producto interno depende de estas actividades.

Alrededor del 80% de la población económicamente activa vive en zonas rurales o pequeñas ciudades donde el acceso a las carreteras es muy limitado. Los caminos y senderos de mulas han sido el único medio de comunicación y transporte, en Nepal hasta finales de 1950. Desde entonces, importantes esfuerzos por parte del gobierno y ONG'S, han sido llevados a cabo para vincular geográfica y socio-económicamente al país con carreteras. La accidentada topografía y las muy problemáticas condiciones hidrogeológicas han hecho que esta tarea sea sumamente difícil y costosa. Hasta la fecha ha sido construida una red de aproximadamente 17.000 Km de carreteras las cuales se distribuyen en 4.800 Km de carreteras pavimentadas, 4.700 Km de carreteras cubiertas de grava y 7.500 Km de carreteras destapadas. La longitud total de los caminos rurales es de aproximadamente de 22.000 Km. La mayoría de estos se concentran en la llanura de Terai, en la frontera con la India. Gran cantidad de estos asentamientos humanos situados en las colinas y zonas montañosas del país no son accesibles por vehículos motorizados o bicicletas. Para ayudar a solventar esta situación el gobierno de Nepal crea en el 1967 la división de puentes colgantes, que fue sustituida en el año 2001 por la Trail bridge section y dentro de la cual nace el proyecto Trail Bridge Sub-Sector Program (TBSSP).

Proyecto del departamento federal de asuntos exteriores del gobierno de SUIZA firmado con el gobierno de NEPAL, y asesorado técnicamente por HELVETAS. El programa se basa en la construcción de un prototipo de puente colgante suspendido desarrollado por Helvetas, dividido en dos tipos, unos llamados puentes de vanos largos (Long Span Trail Bridge), que varían en su longitud entre 120 y 350 mts que hacen parte de la red principal de senderos del país. Y otros llamados puentes de vanos cortos (Short Span Trail Bridge), que varían en su longitud de 40 a 120 mts que forman parte de la red de senderos rurales. El prototipo ha surgido sobre la base de la revitalización de técnicas tradicionales de construcción, optimización de materiales y capacidades locales con el fin de reducir al mínimo efectos negativos con el medio ambiente, para asegurar su replicabilidad en todo el territorio nacional. La red principal de senderos tiene proyectado la construcción de 900 puentes de vanos largos, de los cuales hoy en día están construidos 675 completando así el 80% de la necesidad.

Mientras que la red de senderos rurales cuenta hoy con 2.800 puentes de vanos cortos construidos, facilitando la movilidad a las zonas económicas del país de alrededor de 8 millones de beneficiarios. El programa se distribuye principalmente en tres fases.

- **Fase previa a la construcción:** en la cual se reúnen con la comunidad y explican el proyecto (pasarela), en el cual ellos trabajaran, brindándoles asesoramiento y enseñanza en la parte constructiva de este.
- **Fase de construcción:** contando con la participación activa de un ingeniero en diseño y construcción a cargo del proyecto, la comunidad construye el puente colgante suspendido con el valor agregado de ser una parte muy importante del proyecto con lo cual se garantiza la conservación del mismo.
- **Fase posterior a la construcción:** la cual se basa en la conservación y mantenimiento rutinario del puente colgante suspendido por parte de la comunidad beneficiaria del proyecto, como lo son la limpieza y eliminación de escombros, suciedad, plantas y arbustos circundantes al puente, Fijación y re-endurecimiento de las partes del puente, reparación menor de la valla del puente, Comprobación de la condición general del puente y la presentación por parte de la comunidad de un informe periódico ante el gobierno local.

Para asegurar la continuidad de este programa se han implementado en los institutos de educación programas de estudio y manuales de enseñanza (ver [17] y [18]), para difundir la correcta aplicación de la tecnología y la organización utilizada en el programa. Estos planes de estudio han sido adaptados para tres tipos de Institutos, en particular, Universidades, Colegios y escuelas de formación profesional. Los profesionales del sector privado, ONG'S y gobierno local también proporcionan cursos de formación. Todo esto con la participación activa de entidades, organizaciones privadas y no gubernamentales suizas y el gobernó de Nepal como lo son CODESU, TBSU Y Helvetas. El programa ha dotado al gobierno, de una cartografía actualizada de todas las infraestructuras y caminos rurales del país. El programa también ha logrado el interés del Banco Mundial y el Banco Asiático de Desarrollo para la financiación del mismo.

Cabe destacar que el Trail Bridge Subsector Program fue galardonado con el Premio Internacional de Dubái por Mejores Prácticas en el año 2002 por las Naciones Unidas, en su programa para los asentamientos humanos, por su notable contribución a la mejora de las condiciones de vida. El premio se otorga en reconocimiento a la contribución destacada, tal como lo definen las Naciones Unidas y la comunidad internacional en su conjunto, por su iniciativa que entre otras cosas, tiene un impacto demostrable y tangible en la mejora de la calidad de vida.



Figura 8. Puente colgante suspendido típico de Nepal. (Izquierda y derecha). www.nepaltrailbridges.org/brochure

2.3.7 BRIDGE TO PROSPERITY (Puentes para la Prosperidad).

ONG fundada por Ken Frantz en el año 2001 en Virginia, EE.UU., el cual después de ver una fotografía en una revista de la National Geographic que mostraba como arriesgaban su vida unas personas al cruzar un puente destruido en río Nilo azul en Etiopía, siente en su interior la necesidad de hacer algo importante para ayudar a resolver los problemas de movilidad que tienen muchos habitantes del mundo. Compartiendo ese mismo pensamiento con su hermano Forrest Frantz, y amigos cercanos nace Puentes para la Prosperidad (Bridge to Prosperity). ONG enfocada en la construcción de puentes colgantes suspendidos, su programa toma la base de la construcción de puentes desarrollada por Helvetas en Nepal, ya que varios de sus integrantes han sido formados técnicamente en la construcción de está tipología con el trabajo realizado en Nepal bajo la dirección de Helvetas. Puentes para la Prosperidad prioriza su programa en países en vía de desarrollo, estudiando las necesidades de movilidad de las poblaciones mas apartadas de los centros económicos de estos países, para así implementar un programa a corto plazo en la construcción de puentes

colgantes suspendidos, asociándose con diversas organizaciones, instituciones, empresas publicas y privadas en un periodo no mayor de dos años, en los cuales financian la construcción de un puente, la construcción de un puente prototipo y aulas de formación en la tecnología aplicada, en varias zonas del país, con lo cual aseguran la capacitación de las comunidades. Además desarrolla con el equipo entrenado un manual de construcción de puentes colgantes suspendidos para cada país en el que ejecuta el programa. El objetivo es garantizar que estas instituciones estén totalmente equipadas para continuar la construcción de puentes con las comunidades rurales cuando está ya no este en el país. Esta ONG ha ejecutado con éxito este programa de desarrollo para las comunidades menos favorecidas en más de 10 países de tres continentes (África, Asia y América), demostrando que la aplicación de su programa es ejecutable en cualquier parte del mundo, beneficiando a miles de personas, como queda reflejado en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de los proyectos mas importantes en el mundo desarrollados por Bridge to Prosperity

PROYECTO	PAÍS	BENEFICIARIOS
Sebara Dildily 2nd portuguese steel truss bridge	Ethiopia	200.000 Personas
Bole suspended bridge	Ethiopia	25.000 personas
Dessie suspended bridge	Ethiopia	14.000 personas
Legano suspended bridge	Ethiopia	40.000 personas
Arba suspended bridge	Ethiopia	10.000 personas
Kulla suspended bridge	Ethiopia	50.000 personas
Benga suspended bridge	Ethiopia	20.000 personas
Dimensho suspended bridge	Ethiopia	35.000 personas
Sebara dildily suspended bridge	Ethiopia	250.000 personas
Jalalabad suspended bridge	Afghanistan	100 personas
Muhagi bridge	Rwanda	1.000 personas
Yabus suspended bridge	Sudan	60.000 personas
Lusaka mazyapa suspended bridge	Zambia	20.000 personas
Bambi suspended bridge	Kenya	5.000 personas
Marsyangdi suspended bridge	Nepal	2.400 personas
Way sekampung bridge	Indonesia	10.000 personas
Las Vegas suspended bridge	Honduras	8.000 personas
Carinto suspended bridge	Salvador	500 personas
Quisimpuco bridge	Bolivia	5.000 personas
Naupachaca suspended bridge	Peru	5.000 personas



Figura 9. Puente colgante suspendido. (Izquierda y derecha). www.bridgetoprosperty.org

Puentes para la prosperidad se ha trazado un proyecto hasta el año 2020, con el cual esperan conseguir reducir la pobreza extrema y ayudar a mejorar la condición de vida de mas de 2 millones de personas hasta el 2010 y 20 millones para el año 2020, con la construcción de puentes colgantes suspendidos a una media de 50 puentes por año hasta el 2010 y 500 puentes por año de aquí al 2020.

Destaca el programa de voluntariado dirigido a estudiantes de las facultades de ingeniería de las universidades de todo el mundo, en el cual brindan la oportunidad de realizar practicas en campo, en la construcción de un puente colgante suspendido en cualquier país en donde esta ONG este ejecutando un proyecto, hasta la fecha han trabajado en este programa facultades de ingeniería de las universidades de Georgia Tech, la Universidad de Notre Dame, Virginia Tech y Universidad de Iowa.



Figura 10. Estudiantes de la Universidad de Iowa celebrando en el puente diseñado y construido en los Andes del Perú bajo el programa de voluntariado de bridge to Prosperity. www.bridgetoprosperty.org

2.3.8 PASARELAS COLGANTES DE TONI RUTTIMANN.

Para poder explicar la obra de TONI RUTTIMANN realizaré una breve biografía de su vida para poder entender la magnitud de su trabajo y la aportación que está haciendo para ayudar a mejorar la condición de vida de miles de personas en el mundo, especialmente en países en vía de desarrollo.

41 años de vida, 22 de ellos dedicados a la construcción de pasarelas en el mundo, empezó con apenas 19 años, más precisamente un 7 de marzo de 1987. Cuando mirando la televisión vio el terremoto que azotó a Ecuador. Un fuego interno lo impulsó a viajar para allá. "Me encontré con la gente que estaba aislada y decidí quedarme para construir un puente", cuenta Ruttimann [29]. Éste sería el primero de una extensa lista que hoy alcanza 429 pasarelas terminadas, además de otras 31 que están en proceso de construcción. Sin estudios técnicos en construcción ni de ingeniería, solo con ganas de ayudar, las que le hicieron recurrir a algunos ingenieros petroleros y civiles de Ecuador y Suiza, quienes le enseñaron los conocimientos necesarios para levantar puentes colgantes.

Estuvo seis meses en aquel país hasta que concluyó el primero. Luego, regresó a Suiza para comenzar sus estudios universitarios en ingeniería civil. Seis semanas de clases fueron suficientes para que se diera cuenta de que no era ese el lugar. Todos los días entraba al centro de estudios y se hacía la misma pregunta: "¿Qué hago acá?"

Voy a cursar cinco años de mi vida, me voy a acostumbrar a la cómoda vida de Suiza y... ¿Seguiré queriendo ayudar a los pobres después de esos años?" Prefiere no quedarse para hacerse está pregunta y decide ponerse manos a la obra. Hoy después de muchos años construyendo pasarelas en países en vía de desarrollo azotados por desastres naturales y guerras civiles, de superar mucha incertidumbre y desconfianza por parte de los gobiernos y de los mismos beneficiarios donde realiza sus pasarelas y de superar una enfermedad llamada síndrome de Guillain-Barré que le marginó de su trabajo durante un año y medio de vida, nos enseña como un hombre común sin tener una empresa, ni tener una ONG, solo con su nombre, trabajo, ganas y entusiasmo exhorta a los pobres y las poblaciones olvidadas a construir puentes con él. Es la construcción de puentes ni un trabajo ni una pasión, es su vida. Y sus puentes son obras maestras de simplicidad, ingenio y generosidad, como lo describiré a continuación.

Basa la construcción de sus pasarelas en la tipología constructiva de los puentes colgantes, con la ayuda de sus colaboradores, los soldadores que trabajan junto a él en lo países donde realiza sus obras, con el apoyo de un programa desarrollado por el mismo en un ordenador portátil (herramienta basada en FileMaker y Excel), el cual llama SIP (sistema de información de puentes), con el cual diseña sus pasarelas, comprueba mediciones "in situ" gracias a internet, realiza inventario de los materiales necesarios para la construcción y produce, para la elaboración de cada puente, dos hojas con instrucciones para los soldadores, en el idioma y letra local, dependiendo del país en que se realice la pasarela, y con este mismo programa, desarrolla reportes para las empresas, gobiernos e individuos que contribuyen con su trabajo.

Los materiales necesarios para la construcción de sus obras provienen de la industria del petróleo, empresas fabricantes de acero y cemento, la empresa de teleféricos Suiza, gobiernos provinciales y nacionales, y de particulares suizos, los cuales después de conocer su obra y ver los alcances obtenidos con esta, ayudan en gran medida a que este programa de constructores de puentes (*bridgebuilding*) como lo hace llamar, siga creciendo de manera exponencial sin ningún tipo de compromiso entre Toni Ruttimann y sus patrocinadores, solo con el interés de ayudar., como por ejemplo:

- **Empresa de teleféricos suizos (cables de acero)**
- **Haynes Wire Rope de Houston Texas (cables de acero)**
- **Tenaris Siderca (tubos de acero 3'', 4'' y 5'')**
- **Technit E&C (tubos de la mismas características)**
- **Ternium Siderar (planchas de acero)**
- **Holcim Ecuador (cemento)**
- **Ministerio de Minas y Energía de ECUADOR (tubería de acero)**
- **Gobiernos Provinciales de los países donde realiza los proyectos (cemento y agregados)**

El resto de materiales complementarios como son la arena, piedra y agua los obtiene siempre de los alrededores de las obras.

La mano de obra que trabaja en la construcción corresponde a los beneficiarios de estas, a los cuales señal como ellos con su trabajo pueden construir, un puente por si solos, el cual ayudaría a mejorar su calidad de vida y así alcanzar el desarrollo que sus gobiernos no les ha podido proporcionar (ver figura 11 y 12). Los organiza, de manera que toda la comunidad se beneficiaría colaborando, en mayor o menor medida, en la construcción de la pasarela. Consiguiendo, con esto, que la comunidad se apropie del proyecto, garantizando así la conservación de éste, y adquieren, como valor agregado, la formación técnica en la construcción de esta tipología; brindándoles la oportunidad de aprendizaje en otras labores diferentes a las que habitualmente ejecutan.

Tabla 3. Sistema de información de puentes (SIP). www.Historiasdepuenteros.com. Toni Ruttimann.

País		Lista de Espera	Topografía	En proceso	Terminado	Personas servidas +/-
CAMBODIA :			1	6	65	180,800
LAOS :	27			7	19	54,000
MYANMAR :	1	29		3	5	49,100
VIETNAM :	8				58	248,000
ASIA :	36	30	16	147	531,900	
ARGENTINA :					2	5,500
COLOMBIA :				2	17	26,200
COSTA RICA :					14	8,000
ECUADOR :	70	43		13	182	278,900
EL SALVADOR :					1	10,500
HONDURAS :					33	79,700
MEXICO :	24				29	19,900
NICARAGUA :					4	7,700
LATIN AMERICA :	94	43	15	282	436,400	
Total Puentes :	130	73	31	429	968,300	

Para elegir en qué lugar del mundo ejecuta sus pasarelas tiene muy en cuenta si en el país ha sucedido algún desastre natural, guerra civil o simplemente busca lugares donde un puente sobre un río pueda cambiar la vida de la gente, restablecer las conexiones y acercar a las personas entre sí, y con esto permitir a los habitantes poder trasladarse a las zonas de interés económico para vender sus productos que en la gran mayoría de los casos esta venta significa su sustento diario, poder ir a un centro de salud o simplemente poder ir a estudiar.



Figura 11. Toni trabajando con los beneficiarios en la construcción de una pasarela colgante. www.ticino7.ch/.



Figura 12. Pasarela colgante en proceso de construcción. www.ticino7.ch/.

La importancia, del trabajo realizado, por Toni Ruttimann, se ve reflejada, no sólo en el cambio de actitud de los beneficiarios de la obra construida, puesto que perciben que con organización, ganas y empeño, pueden llegar a saltar barreras como las ideológicas o construir ellos mismo las infraestructuras que necesitan; pero también

les enseña, que la ingeniería civil, no solo está para construir grandes obras, si no que también la ingeniería que algunos llaman artesanal o simplemente construcción de bajo coste, es tan eficaz e importante como la que normalmente estamos acostumbrados a realizar. Como lo demuestra, el reconocimiento, al trabajo realizado por la International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE), en el año 2000, en el congreso de Lucerna, Suiza, donde le otorgaron un premio especial por su contribución humanitaria por la construcción de puentes en América Latina, y todos los cientos de agradecimientos por parte de los gobiernos y beneficiarios de los países donde realiza sus pasarelas.



Figura 13. Pasarela colgante construida en la frontera entre Honduras y El Salvador por Toni Ruttimann.

2.3.9 Puentes de Guillermo Candela García con las comunidades pobres de El Salvador.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la universidad Politécnica de Madrid, radicado en El Salvador desde el año 1993, propietario y director de ingeniería de la empresa Civing S.A. desde el año 2002., es otro ejemplo puntual de contribución meritoria al trabajo realizado con la aplicación de tecnologías apropiadas para resolver problemas constructivos en condiciones adversas, con el fin de mejorar el nivel de desarrollo y conseguir para las sociedades mas desfavorecidas un incremento en su calidad de vida. Son estas razones las que me llevan a dedicarle las siguientes páginas, en las que comentaré como por encima de la técnica en la ingeniería, ha primado siempre en su trabajo el ingenio en la realización de sus proyectos de

cooperación al desarrollo con las comunidades pobres de El Salvador, marcando así, uno más de los diferentes caminos de la ingeniería civil.

Generalmente, en las publicaciones de carácter técnico aparecen casos de desarrollo o aplicación de los últimos avances y tecnologías, en este caso en el campo de la ingeniería civil. Por desgracia en muchas ocasiones es muy difícil y casi imposible disponer de los equipos y maquinaria necesarios para poder aplicarlos, y en varios procesos siquiera poder emplear los medios mas habituales para la construcción de estructuras; Este es el caso de las obras realizadas por el ingeniero Guillermo Candela García en los proyectos de cooperación al desarrollo promovidos por ONG'S Españolas y comités comunitarios de El Salvador, en donde nos muestra como un ingeniero a de poder conocer y aplicar técnicas adecuadas para cada caso en concreto, aunque para muchos estas técnicas ya estén desfasadas y obsoletas.

Para el diseño y construcción de sus puentes siempre utiliza la tipología constructiva que más se acomode al entorno de la obra, materiales disponibles, como también a los recursos económicos para la realización de está. De ahí que encontraremos que sus obras siempre estén en constante variación en la aplicación de la tipología empleada. Donde por razones de economía, a tenido que recurrir en algunas de sus obras a la aplicación de técnicas obsoletas en el primer mundo pero muy efectivas en los países en vía de desarrollo, como lo fue la utilización de las bielas de hormigón tipo freyssinet en los apoyos del puente de Teosinte [8] (ver figura 14), ya que al ver la imposibilidad de la utilización de bandas de neopreno como normalmente se utiliza, optó por esta tipología de apoyos la cual resulto ser mas económica que cualquier otra alternativa. Como también nos muestra como por la ubicación de la obra es necesario realizar todo el hormigonado "in-situ" y con esto tener que controlar de una manera muy exhaustiva la realización de la mezcla de hormigón para poder obtener las resistencias mínimas proyectadas, como nos muestra en el puente sobre el rio chiquito [9]. O la planificación que realiza para aprovechar de la mejor manera posible los recursos con que dispone, por no tener la posibilidad de utilizar maquinaria pesada para el movimiento de las piezas hormigonadas "in-situ", ni para el montaje de las cimbras que utiliza, las cuales adapta siempre a las necesidades de sus proyectos.



Figura 14. Rotulas Freyssinet del puente de Teosinte. Guillermo Candela García. Revista de Obras Públicas 3.346 (9): 73-81. 1995.



Figura 15. Puente sobre le rio padre; Teosinte, El Salvador. Puente de vigas de hormigón armado. Guillermo Candela García. Revista de Obras Públicas 3.346 (9): 73-81. 1995.



Figura 16. Puente sobre le rio chiquito; Departamento de Morazán, El Salvador. Puente de vigas de canto variable. Guillermo Candela García. Revista de Obras Públicas 3.411 (11): 47-57. 2001.

Evidentemente, donde no hay medios para pasar, pensar en un puente peatonal no es descabellado, sobre todo por lo limitado de la inversión, pero si lo que se quiere es llevar desarrollo, el puente ha de ser apto para vehículos. El puente peatonal requiere menos técnica, esfuerzo, medios y sobre todo, financiamiento, y es lo más adecuado para atender necesidades de desplazamiento local (por ejemplo, para permitir el acceso de los niños a la escuela), pero no si se trata del único acceso con el exterior. Si se hace así, el puente peatonal aparece como una invitación a marcharse (emigrar y progresar fuera), mientras que el vehicular te invita a quedarte (progresar en tu propia tierra). Por esto una característica importante en sus obras es que sus puentes siempre los diseña con la intención de que no solo cumplan una función peatonal, sino que además sean vehiculares, teniendo muy claro que el diseño geométrico que hace para estos no es igual que al de un puente vehicular al que estamos acostumbrados a diseñar, prioritariamente porque al tener un tráfico muy limitado, basta con que tengan unos 5 mts de ancho; de igual forma, la posibilidad de que pasen vehículos muy pesados es mínima, por lo que los diseña para un vehículo de, por ejemplo, 25 Ton. En vez de las 60 Ton. Como lo exige la normativa española. Pero por lo demás, los ha

de plantear igual: cálculo, cimentación, apoyos, capacidad hidráulica, control de calidad, etc.

En la realización de sus proyectos uno de los factores más importantes es la implicación de los propios beneficiarios en las obras, tanto a nivel de promoción como de gestión y ejecución. A los cuales en su labor de consultor que también realiza, les explica como ellos son los que han de marcar sus necesidades y prioridades; han de definir conjuntamente con la ONG que les pretende apoyar cómo van a colaborar, y por último, como han de gestionar dicha colaboración de forma coordinada con la ONG. La mano obra que normalmente trabaja en sus puentes, son los beneficiarios de estos, a los cuales organiza entre mano de obra voluntaria que utiliza de forma puntual (como por ejemplo para ayudar en un hormigonado, transportar materiales o abrir caminos), en cualquier caso en labores que no requieran ninguna capacitación, y trabajadores estables, remunerados, que puedan ser formados durante la obra y conformar así un equipo que asegure rapidez y calidad, conllevando con esto múltiples beneficios entre los que cabe destacar:

- *Identificación con la Obra.* No es un regalo que les han hecho extraños, es algo suyo, hecho por ellos mismos.
- *Superación y autoestima.* La incapacidad y frustración que muchas veces han provocado la falta de estas construcciones se ve ampliamente superada por la satisfacción y el orgullo de haberlo realizado con sus propias manos. Esto les anima a promover nuevas acciones.
- *Capacitación de especialistas.* Las labores que se desarrollan a lo largo de la obra son relativamente especializadas, lo que les puede suponer aportar unas referencias que más adelante les abra las puertas de trabajos mejor remunerados.
- *Posibilidad de mantenimiento.* El hecho de tener personal capacitado en la zona tras la obra, permite dar el oportuno mantenimiento por sus propios medios a partir de las correspondientes instrucciones.
- *Entrada de liquidez a la zona.* Los salarios de los trabajadores no solo beneficia a sus familias, sino a toda la comunidad gracias a los intercambios que genera (compras, servicios, etc.).



Figura 17. Puente sobre el río Torola; Departamento de Morazán, El Salvador. Puente de arco de hormigón postensado tipo (bow-string). Guillermo Candela García. Revista de Obras Públicas 3.487 (16): 31-46. 2008.

Protegiendo estas pautas, y empleando siempre la tecnología apropiada en sus obras de cooperación al desarrollo con las ONG'S españolas con las que ha trabajado, y con las organizaciones comunales beneficiarias, es como ha garantizado el éxito de sus proyectos, alcanzado el reconocimiento internacional a su trabajo en el año 2006, con la otorgación del premio de Cooperación al Desarrollo concedido por la fundación Española José Entrecanales Ibarra, a la propuesta presentada por la Asociación "Campeños para el Desarrollo Humano" (CDH) de El Salvador, a la cual brindó asesoría, diseño y construcción del puente que lleva el mismo nombre de la fundación.

2.3.10 "Manual for Construction at Community and District Level" Department for International Development, UK. - I.T. Transport [12].

Cabe destacar la aportación realizada por el Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido y la consultora internacional I.T. especializada en el desarrollo del transporte e infraestructuras para países en vía de desarrollo. Con la elaboración de un manual en construcciones de puentes de bajo coste y mejoramiento de senderos para pases en vía de desarrollo. En el cual se muestran de manera muy clara e ilustrativa las tipologías más simples de construir para puentes o pasarelas que no superen los 20 mts de longitud. También nos muestra los criterios ha tener en cuenta por parte de las ONG'S o particulares interesados en proyecta, diseñar y construir una

obra de esta índole, en un país en vía de desarrollo. Las tipologías propuestas en este manual, son una recopilación de 5 estudios llevados a cabo en Nepal, Indonesia y Laos en Asia, Ethiopia y Malawi en África.

2.4 Conclusiones.

El estado del arte realizado, ha permitido constatar que las investigaciones realizadas hasta la fecha, relacionadas con el proyecto y construcción de puentes de bajo coste, son muy escasas. En la mayoría de los casos, son investigaciones, enfocadas al logro de infraestructuras de gran índole, dejando de lado los proyectos de desarrollo en las poblaciones alejadas de los centro económicos de los países en vía de desarrollo, quedando éstas a merced de la ayuda otorgada, en la mayoría de los casos, por las organizaciones no gubernamentales (ONG´S) y particulares, que se han especializado en la construcción de este tipo de infraestructuras.

Queda reflejado que las iniciativas por parte de los gobiernos de los países en vía de desarrollo en proyectos encaminados a resolver en está situación son insuficientes: Ello es debido a que lo que más suele interesar a los gobiernos de estos países, es mostrar majestuosas obras de infraestructuras sin tener en cuenta que el desarrollo de una nación no lo marcan estas obras esporádicas, sino, que exista una igualdad social para toda la población. Entendiéndose por igualdad social; el tener derecho a todas las necesidades básicas, tal como la vivienda, salud, alimentación, educación y trabajo, las cuales se pueden empezar a lograr, con la construcción de infraestructuras que apliquen una tecnología apropiada que este al alcance de estas poblaciones, permitiéndoles, poder entrar a ser parte activa de estas naciones.

Otras investigaciones, no alcanzan a proyectar soluciones sociales en materia de construcción; pues el problema no es solamente la vivienda, sino, además el cúmulo de necesidades vitales que posibilitan una vida digna al ser humano de estas latitudes.

Por todo ello, se plantea, en esta tesina, presentar, recomendaciones para el proyecto y construcción de puentes de bajo coste, en países en vías de desarrollo, identificando, los elementos de mayor repercusión, en el éxito/fracaso en la ejecución de este tipo de obras, dependiendo de la tipología aplicada, sin desconocer, las

especiales circunstancias y dificultades, que rodean la construcción de este tipo de obras en los países anteriormente aludidos.

CAPITULO 3.

**CRITERIOS DE DISEÑO Y TIPOLOGIAS
UTILIZADAS EN PUENTES DE BAJO COSTE
EN PAIESE EN VIA DE DESARROLLO.**

3.1 Introducción.

La construcción de infraestructuras, (pasarelas o puentes) para personas, animales y vehículos ligeros requiere una especial atención. Es frecuente encontrar proyectos en los que surja la necesidad de construir infraestructuras que permitan comunicar comunidades que están separadas por obstáculos naturales, como valles o ríos caudalosos.

A menudo la ausencia de un paso transitable conlleva el aislamiento de estas comunidades, que se ven forzadas a recorrer grandes distancias para vadear los valles o ríos poniendo frecuentemente su vida en peligro. Es indudable que uno de los primeros pasos para el desarrollo de estas comunidades consiste en la construcción de un paso transitable que permita solucionar los problemas de movilidad y facilite la comunicación con las zonas más desarrolladas. A la hora de proyectar este tipo de infraestructuras en países en vía de desarrollo la problemática que se presenta es la misma que al proyectar una obra de edificación. Los objetivos del proyecto serán los mismos, o muy similares, en países desarrollados y en países en vía de desarrollo pero, será necesario ser conscientes del contexto y adaptarse a los recursos existentes, para así poder aplicar la tecnología más acorde al entorno de la obra.

Existen diferentes criterios y aspectos que son precisos considerar en la planificación y diseño de este tipo de infraestructuras (pasarelas o puentes), que a modo de resumen se mencionaran a continuación.

- **Elección del tipo de pasarela o puente.** Observar las distintas tipologías existentes de una misma infraestructura en un determinado contexto ayudará a comprender el estado de la técnica en el lugar que nos encontremos, las posibilidades que existen y las particularidades de carácter cultural y tradicional que pueden justificar la elección de una u otra.
- **Ubicación.** La elección de la ubicación debe tratar de minimizar el coste de la pasarela o puente y el trabajo involucrado en la instalación maximizando los beneficios a las comunidades que la utilizarán. El proceso de selección debe considerar la

instalación global que abarque tanto el puente y la orientación de los caminos o pistas más cercanos. Por lo cual los siguientes aspectos deben tenerse en cuenta:

- La pasarela o puente deberá estar en una sección recta del río o arroyo, lejos de curvas donde la erosión puede acontecer.
- Diseñar el vano de la pasarela o puente lo más corto posible para que así sea más económica.
- Seleccionar un lugar con buena base para los estribos y el pilar de apoyo de la pasarela o puente, en el caso que se necesite.
- La ubicación debe ser lo mas cerca posible de cualquier camino o pista.
- La ubicación debe proporcionar seguridad contra las inundaciones y reducir al mínimo la necesidad de rellenos en los estribos y apoyos para elevar el nivel de la pasarela o puente.
- Los estribos y los apoyos de la pasarela o puente deben tener un buen drenaje para minimizar los problemas de anegamiento y erosión.
- La ubicación debe ser lo mas protegida posible para minimizar los problemas del viento.
- Una correcta ubicación nos permite minimizar los acarrees de material existente en la zona como la arena y piedras que servirán para la construcción de la pasarela o puente.
- La ubicación debe ser elegida en común acuerdo con la comunidad beneficiaria del proyecto.
- **Resistencia y ancho de la estructura.** La pasarela o puente deberá cumplir con los parámetros de resistencia que vengán definidos en la correspondiente normativa con la que se diseñe, ya sea la del país donde se ejecute la obra (si existe), o bien la normativa que se utilice. En ninguna caso la obra deberá suponer un riesgo para los usuarios de esta. Se debe definir en el diseño el uso de la pasarela o puente

(peatonal, animal, vehicular o mixta), con el fin de determinar el ancho que se le dará, el cual normalmente vendrá especificado en la normativa de diseño que se utilice.

- **Materiales.** La utilización de materiales locales siempre 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.
- **Maquinaria.** La construcción de pasarelas y puentes requiere frecuentemente la utilización de maquinaria. Es imprescindible conocer las posibilidades con que se cuenta en la zona de trabajo y el alcance de los contratista 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 mano de obra excesiva podrá contrarrestar el efecto de la falta de maquinaria.
- **Mano de obra.** La construcción de pasarelas o puentes en proyectos de cooperación en países en vía de desarrollo, cuenta siempre con la colaboración de la comunidad beneficiaria del proyecto, principalmente por que son ellos los que buscan la financiación para la ejecución de la obra. Esta mano de obra se deberá separar entre mano obra cualificada y mano de obra no cualificada además de los trabajadores voluntarios y trabajadores estables, con el fin de establecer la participación de cada uno de ellos en las etapas del proyecto, esto siempre en común acuerdo con la comunidad. Se recomienda dentro de lo posible asalarinar un grupo de trabajadores estables con el fin de activar la entrada de liquidez a la zona, ayudando con esto no solo a su familia si no ha toda la comunidad por los beneficios generados por la entrada de liquidez a la zona.
- **Mantenimiento y Vida Útil.** Es frecuente observar en países en vía de desarrollo infraestructuras que se echan a perder por la falta de un mantenimiento adecuado, es por tal motivo que se debe prever un mantenimiento rutinario de la estructura. el cual es posible conseguir con la comunidad beneficiaria, gracias al trabajo realizado en la construcción del proyecto y a la capacitación obtenida en la realización de este. La vida útil de la estructura dependerá en gran medida de la realización de este mantenimiento. Se deberá tener en cuenta en el diseño inicial el proyectar una vida útil no menor de 50 años.

3.2 Tipologías.

El siguiente sub-capítulo no se pretende hacer una explicación de los aspectos específicos de cálculo, aunque este es un paso imprescindible para poder dimensionar correctamente un puente o pasarela y además obtener una valoración económica.

En las siguientes tablas se exponen a modo de resumen diferentes tipologías que pueden adecuarse a la construcción de puentes o pasarelas en proyectos de cooperación en países en vías de desarrollo, dando ejemplos de obras realizadas e identificando los elementos de mayor repercusión en el éxito/fracaso con la utilización de la tipología empleada.

Las siguientes tipologías expuestas, sin pretender dejar de mencionar otras posibilidades, son las siguientes:

- Puente de vigas de madera.
- Puente Hamaca.
- Puente colgante.
- Puentes de hormigón.
- Puente de vigas metálicas.
- Puentes de vigas con celosía metálica.
- Puente sobre encofrado perdido.

Tabla 4. Puente de Vigas de Madera.

Tipología	Sistema Estructural	Longitudes	Ejemplos de Obras Realizadas	Elementos de Mayor Repercusión para el Éxito/Fracaso con la Utilización de esta tipología	Información más detallada
<p>Puentes de Vigas de Madera</p>	<p>Está constituido por unas vigas de madera apoyadas sobre estribos o pilas, sobre las cuales se instala una plataforma, generalmente formada por tablonés de madera. (Ver esquema en anexo).</p>	<p>10 - 20 mts.</p>	<p>Muchos puentes de viga de madera se construyeron en el pasado en países como Australia y EE.UU, pero son muy pocos los que se construyen hoy en día debido a los elevados costes de mano de obra involucrados en su construcción.</p> <p>Sin embargo, son una solución muy adecuada para países en vía de desarrollo donde los costes de mano de obra son bajos y la materia prima generalmente es muy abundante, como por ejemplo en Nepal, Laos, Malawi y Sur American en general, donde su aplicación ha sido exitosamente empleada, pero muy mal mantenida, debido a qué en la mayoría de los casos el poco compromiso de las administraciones publicas en realizar un mantenimiento preventivo, sin olvidar que los climas generalmente tropicales de estos países degradan muy rápidamente la madera. (Ver anexos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La madera es un material de construcción común y, normalmente, estará disponible en muchas variedades y tamaños. - Los puentes de madera se pueden construir fácilmente sobre el terreno con simples herramientas manuales. La carpintería es una habilidad normalmente fácil de disponer a nivel local en cualquier país en vía de desarrollo. - Su construcción es relativamente de bajo coste (dependiendo de la variedad de madera utilizada y de la protección que se le realice). - La vida útil esta de estas estructuras esta condicionada al mantenimiento continuo de todos los elementos del puente o pasarela, por lo cual debe aplicarse regularmente, una capa protectora con para evitar la degradación del material. 	<ul style="list-style-type: none"> - Raventós Ingrid. "La Construcción de passarel. Les per les Ong. Un manual d'ajuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000. - Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004.

Tabla 5. Puente Hamaca.

Tipología	Sistema Estructural	Longitudes	Ejemplos de Obras Realizadas	Elementos de Mayor Repercusión para el Éxito/Fracaso con la Utilización de esta tipología	Información más detallada
<p>Puente Hamaca</p>	<p>El sistema estructural básico está constituido por cinco cables principales flexibles (tres cables inferiores y dos superiores). Los cuales son anclados en los estribos y separados a una distancia en vertical de 1,20 mts aproximadamente.</p> <p>En los tres cables inferiores se instala la plataforma de paso, formada por tablonces de madera o por una plataforma metálica. Mientras que el par de cables superiores contribuyen a soportar la carga a la que se verá sometida la pasarela mediante unas péndolas.</p> <p>(Ver esquema en anexo).</p>	<p>20 - 120 mts.</p>	<p>Esta tipología ha sido altamente desarrollada por Helvetas y el gobierno de Nepal, en su proyecto Trial Bridge Sub-Sector Program (TBSSP) y por la ONG puentes para la prosperidad (Bridges To Prosperity). Helvetas con la experiencia desarrollada en Nepal durante casi 40 años en la utilización de esta tipología ha desarrollado un tipo de puente colgante suspendido como hace llamar a la tipología de puentes hamaca, llamados puentes de vanos cortos (Short Span Trail Bridge. SSTB) que varían en su longitud de 40 a 120 mts. Para el cual ha desarrollado un manual de diseño. (Ver anexos).</p> <p>Esta tipología ha sido principalmente utilizada en proyectos de cooperación para países en vía de desarrollo de tres continentes (África, Asia y Sur América), alcanzando una gran proliferación y aceptación dentro de las comunidades beneficiarias de este tipo de proyectos como se mostro en el capítulo anterior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Para su construcción no es necesaria una cimbra por lo que en la etapa de construcción se independiza del río u obstáculo a salvar. - Su construcción es muy rápida y sencilla. - Los materiales necesarios para su construcción son muy ligeros por lo cual no es necesario la utilización de maquinaria para su construcción. - Permite salvar valles muy profundos. - Son estructuras muy económicas de construir. - Su uso esta limitado a peatones y animales. -Es necesario un mantenimiento continuo en su plataforma, independientemente sea de madera o metálica. - Los cables y componentes asociados, son poco probable que estén disponibles a nivel local o nacional. Por lo que se tendría que importar elevando el coste para su construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Raventós Ingrid. "La Construcción de passarel. Les per les Ong. Un manual d'ajuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000. - Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004. - Helvetas. Swiss Association for International Cooperation. "Short Span Trial Bridge Standard. Suspended Type" Volumen 1, 2 y 3. Suiza, 2002.

Tabla 6. Puente Colgante.

Tipología	Sistema Estructural	Longitudes	Ejemplos de Obras Realizadas	Elementos de Mayor Repercusión para el Éxito/Fracaso con la Utilización de esta tipología	Información más detallada
<p align="center">Puente Colgante</p>	<p>El sistema estructural está constituido por unas torres sobre los cuales se pasan unos cables principales flexibles, de los cuales cuelgan unas péndolas generalmente equiespaciadas y verticales.</p> <p>Estas péndolas sujetan las vigas de rigidez, sobre las cuales se dispone la plataforma de paso que puedes ser de madera o en el mejor de los casos de acero.</p> <p>(Ver esquema en anexo).</p>	<p>35 - 350 mts.</p>	<p>Esta tipología ha sido altamente desarrollada por Helvetas y el gobierno de Nepal, en su proyecto Trial Bridge Sub-Sector Program (TBSSP) y por Toni Ruttimann en la elaboración de sus proyectos en América latina y Asia. Helvetas con la experiencia desarrollada en Nepal durante casi 40 años en la utilización de esta tipología ha desarrollando un tipo de puente colgante dentro del proyecto (TBSSP), llamado puente de vano largo (Long Span Trail Bridge. LSTB) que varía su longitud de 120 a 350 mts. Para el cual ha desarrollado un manual de diseño. Toni Ruttimann con la experiencia adquirida en 22 años de trabajo en la construcción de esta tipología también ha desarrollado un programa de diseño para esta.</p> <p>Principalmente esta tipología ha sido utilizada con gran éxito en proyectos de cooperación en países en vía de desarrollo, por la persona y entidad mencionada anteriormente; cabe destacar las aportaciones realizada por la empresa suiza Habegger con la construcción de un puente colgante peatonal de 120 mts en Sudan y la ONG Ayuda en Acción con la construcción de un puente colgante de 35 mts en la población de Napo. (Ecuador). (Ver anexos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Esta tipología nos permite salvar luces más grandes frente a cualquier otra de su misma condición. - Para su construcción no es necesaria una cimbra por lo que en la etapa de construcción se independiza del río u obstáculo a salvar. - Su construcción es muy rápida y sencilla. - Los materiales necesarios para su construcción son muy ligeros por lo cual no es necesario la utilización de maquinaria para su construcción. - Su manteniendo es muy elevado debido principalmente a que casi toda su estructura es metálica. Debe protegerse su estructura con pintura y revisarse periódicamente el estado de los cables. - Los cables y componentes asociados, son poco probable que estén disponibles a nivel local o nacional. Por lo que se tendría que importar elevando el coste para su construcción 	<ul style="list-style-type: none"> - Raventós Ingrid. "La Construccio de passarel. Les per les Ong. Un manual d'ajuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000. - Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004. - Helvetas. Swiss Association for International Cooperation. "Long Span Trial Bridge Standard. Suspended Type" Volumen 1, 2 y 3. Suiza, 2002.

Tabla 7. Puente de Losa de Hormigón Armado.

Tipología	Sistema Estructural	Longitudes	Ejemplos de Obras Realizadas	Elementos de Mayor Repercusión para el Éxito/Fracaso con la Utilización de esta tipología	Información más detallada
<p>Puente de Losa de Hormigón Armado</p>	<p>El sistema estructural está constituido por una losa de hormigón armado apoyada sobre los estribos o sobre las pilas. (Ver esquema en anexo).</p>	<p>0 - 10 mts.</p>	<p>Esta tipología ha sido utilizada con mucho éxito por ingeniero Guillermo Candela García en los proyectos de cooperación al desarrollo que ha realizado en El Salvador en conjunto con Ong's Españolas y asociaciones de campesinos de este país.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los materiales necesarios para su construcción como el cemento, arena, piedra, agregados y barras de acero, son normalmente fáciles de conseguir en la mayoría de los lugares. - Esta tipología tiene una larga vida útil y requiere poco mantenimiento. Por lo tanto, aunque su costo inicial puede ser mayor que otras tipologías, con el tiempo amortiza mejor su alto costo inicial llegando a ser más económico hasta alcanzar el total de su vida útil. - Este tipo de puente es adecuado para el paso de vehículos, pues el canto y el armado de la losa se pueden adaptar a las solicitaciones previstas. - Solo permite cubrir luces de 10 mts máximo de 12 mts si no es posible construir pilas intermedias. - Dado que la preparación del hormigón es realizada "in situ" exige que sea muy controlada la realización de la mezcla del hormigón, preferiblemente realizarla bajo la supervisión de un técnico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Raventós Ingrid. "La Construcción de passarel. Les per les Ong. Un manual d'ajuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000. - Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004.

Tabla 8. Puente de Vigas de Hormigón Armado.

Tipología	Sistema Estructural	Longitudes	Ejemplos de Obras Realizadas	Elementos de Mayor Repercusión para el Éxito/Fracaso con la Utilización de esta tipología	Información más detallada
<p>Puente de Vigas de Hormigón Armado</p>	<p>El sistema estructural está constituido por unas vigas de hormigón armado apoyadas sobre los estribos o sobre pilas y unidas por una losa, también de hormigón armado.</p> <p>(Ver esquema en anexo).</p>	<p>0 - 20 mts.</p>	<p>Esta tipología y la anterior han sido utilizadas con mucho éxito por ingeniero Guillermo Candela García en los proyectos de cooperación al desarrollo que ha realizado en El Salvador en conjunto con ONG Españolas y asociaciones de campesinos de este país. (Ver anexos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Esta tipología se adapta muy bien a grandes solicitaciones. - Puede ser muy adecuada para puentes vehiculares y peatonales. - Se pueden utilizar muchos materiales que encontramos "in situ" para fabricar hormigón, construir los soportes y, hasta para hacer el encofrado. - No necesita demasiado mantenimiento. - Puede no ser la solución más recomendable si el uso es exclusivamente peatonal, por resultar más cara que otras alternativas del mismo tipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Raventós Ingrid. "La Construcción de pasarelas. Les per les Ong. Un manual d'ajuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000. - Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004. - Candela Guillermo. "El Puente de Teosinte. Un Caso de Tecnología Apropiable". Revista de Obras Públicas 3.346 (9): 73-81. 1995.

Tabla 9. Puentes de Vigas Metálicas.

Tipología	Sistema Estructural	Longitudes	Ejemplos de Obras Realizadas	Elementos de Mayor Repercusión para el Éxito/Fracaso con la Utilización de esta tipología	Información más detallada
<p>Puente de Vigas Metálicas</p>	<p>El sistema estructural está constituido por unas vigas metálicas (de sección en forma de I o T) empotradas sobre los estribos o sobre las pilas, y sobre las cuales se instala una plataforma, que puede estar formada por tablones de madera o una losa de hormigón.</p> <p>(Ver esquema en anexo).</p>	<p>8 – 12 – 15mts.</p>	<p>La aplicación de esta tipología generalmente se da en casos de desastres naturales construidas por los grupos de respuesta rápida en emergencia de los ejecitos de los países que ayudan en estas reconstrucciones, por ser una tipología muy rápida y fácil de construir.</p> <p>Ejemplos de la utilización de esta tipología en proyectos de desarrollo se destaca la aportación realizada por Mondo Giusto con la construcción de un puente vehicular en Nord Kivu (Zaire). Y la aportación realizada por el gobierno de Indonesia con la construcción de un puente de uso peatonal y de vehículos ligeros con esta tipología. (Ver anexos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Esta tipología se puede adaptar muy bien a distintas solicitaciones. - Puede ser adecuada para puentes vehiculares. - Sé pueden utilizar muchos materiales que se encuentran "in situ" para hacer hormigón, construir los soportes, para hacer las vigas o sencillamente para los encofrados. - Es necesario realizar un mantenimiento continuo de las vigas y pasamanos del puente para evitar la corrosión. - La disponibilidad de acero de vigas de sección I o T será probablemente bastante limitada en muchos países, especialmente en las zonas rurales, y por lo tanto este tipo de puente no se considera un primer nivel de opción para pasarelas. - Hay que averiguar el precio del acero antes de elegir esta tipología, ya que en muchos países en vía de desarrollo es muy elevado su coste. 	<ul style="list-style-type: none"> - Raventós Ingrid. "La Construccio de passarel. Les per les Ong. Un manual d'ajuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000. - Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004.

Tabla 10. Puentes de Vigas con Celosía Metálica con Paso Superior.

Tipología	Sistema Estructural	Longitudes	Ejemplos de Obras Realizadas	Elementos de Mayor Repercusión para el Éxito/Fracaso con la Utilización de esta tipología	Información más detallada
<p>Puente de Vigas con Celosía Metálica con Paso Superior</p>	<p>El sistema estructural se fundamenta en una celosía metálica sobre la cual se instala una plataforma de paso, constituida por losetas de hormigón o madera.</p> <p>Este sistema permite la construcción de varios tramos apoyados sobre pilas que pueden ser de hormigón armado o de mampostería.</p> <p>(Ver esquema en anexo).</p>	<p>10 – 30 mts.</p>	<p>Ver siguiente Tabla.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La construcción se puede realizar totalmente independiente del río en el caso que la pasarela sea de un solo tramo. - Esta solución se puede adaptar a distintas luces variando las características y dimensiones de la celosía. También se puede conseguir utilizando, si se considera oportuno, un preforzado externo. - Los elementos que conforman la pasarela son lo suficientemente ligeros como para que puedan ser manejados por los trabajadores sin necesidad de maquinaria especial. - Las secciones de acero necesarios para su construcción son normalmente fáciles de conseguir en los países en vía de desarrollo en América latina, mientras que en países africanos y asiáticos la utilización del acero es menor. - El hecho de que la estructura sea metálica requiere un mantenimiento continuado para prevenir la corrosión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Raventós Ingrid. "La Construcción de passarel. Les per les Ong. Un manual d'ajuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000. - Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004.

Tabla 11. Puente de Viga con Celosía Metálica con Tablero Inferior.

Tipología	Sistema Estructural	Longitudes	Ejemplos de Obras Realizadas	Elementos de Mayor Repercusión para el Éxito/Fracaso con la Utilización de esta tipología	Información más detallada
<p>Puente de Vigas con Celosía Metálica con Tablero Inferior</p>	<p>El sistema estructural se fundamenta en dos vigas, conformadas por una celosía metálica de sección longitudinal triangulada, sobre la parte inferior de las cuales se apoya la plataforma de paso, bien de hormigón o de madera.</p> <p>Este sistema permite la construcción en varios tramos apoyados sobre pilas, que pueden ser de hormigón armado o de mampostería.</p> <p>(Ver esquema en anexo).</p>	<p>10 – 20 mts.</p>	<p>Esta tipología y la comentada anteriormente, fue utilizada con gran éxito por las fuerzas aliadas en la segunda guerra mundial, donde jugo un papel muy importante, y donde con algunas modificaciones surgió el tipo de puente Bailey.</p> <p>En la actualidad esta tipología ha sido utilizada con mucho éxito por las organizaciones no gubernamentales en países que han sido afectados por desastres naturales o guerras civiles, como por ejemplo: Bridge to Prosperity en Ethiopia o Toni Ruttimann en Colombia. (Ver anexos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Esta solución se puede adaptar a distintas luces y a distintos usos variando las características y dimensiones de la celosía. - La estructura de la celosía puede adoptar distintas triangulaciones (cruz de San Andrés, viga Pratt, Warren con o sin montantes...), para poder elegir la que más convenga en cada caso. - Permite construir la plataforma con aquellos materiales más fáciles de conseguir o que resulten más baratos: madera u hormigón. - Es posible adaptar la celosía metálica a los perfiles que se puedan encontrar más fácilmente en la región. Se pueden utilizar tubos de desecho procedentes de compañías petroleras o de otras empresas, y para las vigas traveseras viejos railes de vías férreas. - Hay que averiguar el precio del acero antes de elegir esta tipología, ya que en muchos países en vía de desarrollo es muy elevado su coste. 	<ul style="list-style-type: none"> - Raventós Ingrid. "La Construcción de passarel. Les per les Ong. Un manual d'ajuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000. - Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004.

Tabla 12. Puente Sobre Encofrado Perdido.

Tipología	Sistema Estructural	Longitudes	Ejemplos de Obras Realizadas	Elementos de Mayor Repercusión para el Éxito/Fracaso con la Utilización de esta tipología	Información más detallada
<p>Puente Sobre Encofrado Perdido. (Contenedores de Carga)</p>	<p>Se trata de una estructura porticada de hormigón armado, con la característica que está construida sobre un encofrado perdido. (Ver esquema en anexo).</p>	<p>0 - 10 mts.</p>	<p>La aplicación mas conocida de esta tipología la realizo Mondo Giusto en el año 1989, en África entre la frontera de Zaire con Uganda, con la construcción de un puente de servicio mixto (peatonal y vehicular), de 5 mts de luz, innovando en su momento con esta aplicación, que con el tiempo a resultado ser una opción muy optima y valida para países en vía de desarrollo donde llegan muchos contenedores de ultimo viaje que al final se convierten en materiales de desecho.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Permite aprovechar materiales de desecho, en este caso viejos contenedores de transporte de mercancías de último viaje. - Según la luz que sea necesaria cubrir se puede resolver aumentando el número de tramos, es decir, añadiendo contenedores. - Con esta tipología de encofrado perdido se consigue independizar un poco más el proceso constructivo del río. - Puede ser una buena opción para un puente vehicular siempre que la estructura esté calculada para esta funcionalidad. - Es una solución muy económica. - Su vida útil es el gran talón de aquiles de esta solución, dado que es una estructura metálica y al estar en contacto al medio ambiente su degradación será segura. Se debe calcular sin tener en cuenta la contribución resistente de la estructura para no tener problemas estructurales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Raventós Ingrid. "La Construcción de passarel. Les per les Ong. Un manual d'ajuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000. - Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004.

3.3 Recomendaciones según el vano a cubrir para la elección de la tipología.

1. *Vanos entre 10 y 15 mts.*

- Puentes de vigas de madera, si se disponen de vigas de esta longitud en la zona. Pueden ser construidos por la misma comunidad bajo la supervisión de un técnico.
- Puentes sobre encofrado perdido, ya que es una estructura muy económica y fácil de construir. Se recomienda no utilizarla para vanos mayores.
- Puentes de hormigón, Aunque es una solución con un costo inicial alto en comparación a otras soluciones ha largo plazo sustentaría su elección. Es necesaria una asistencia técnica para su construcción.

2. *Vanos entre 10 y 25 mts. (sin posibilidad de apoyos intermedios).*

- Puentes de vigas metálicas o Puentes de vigas con celosía metálica, en cualquiera de sus dos opciones.

3. *Vanos mayores de 25 mts. (sin posibilidad de apoyos intermedios).*

- Puente Hamaca o Puente colgante. Dadas las características intrínsecas de estas tipologías, es necesaria para su utilización la supervisión de un ingeniero con experiencia.

4. *Vanos mayores de 10 mts. (con la posibilidad de apoyos).*

- Considere todas posibilidades evaluando cual seria la mas factible y económica.

Un ejemplo de un procedimiento para una correcta elección de una tipología se detalla en la tabla 13, adaptada del “Manual for Construction at Community and District Level” [12].

Tabla 13. Procedimiento de selección de pasarelas.

Selección de criterio	Tipologías				
	Puentes de vigas de madera	Puente Hamaca y Colgante	Puentes de Hormigón	Puentes de vigas metálicas y celosía metálica	Puente sobre encofrado perdido
1. Usos.					
-Categoría 1: peatones, bicicletas y animales.	✓	✓	✓	✓	✓
-Categoría 2: peatones, bicicletas, animales y vehículos ligeros.	✗	✗	✓	✓	✓
2. Longitud del Vano.					
-Sin posibilidad de apoyos intermedio.	10 a 15 mts.	40 a 350 mts	10 a 15 mts	10 a 25 mts	10 mts.
-Con posibilidad de apoyos.	20 mts.	No aplica	indefinida	Indefinida	No recomendable
3. Características de Materiales.	Vigas de 20 cm de diámetro para vanos de 5 mts. Vigas de 40 cm de diámetro para vanos de mas de 10 mts	Cable de acero IS 1375 – 1977 de 13 mm de diámetro	Piedra, arena, cemento y barras de acero de 25 mm max.	Angulos de acero de: 40x40x6mm 50x50x6mm	Contenedor de 6 mts de longitud por 2.4 mts de ancho.
Si es posible contar con las siguientes características. Marque ✓ o ✗.					
4. Experiencia en la construcción de esta tipología por parte de:					
-Población beneficiaria.	✓	✗	✓	✗	✗
-Profesionales locales.	✓	✗	✓	✓	✗
5. Acceso a la zona de ubicación de la obra para el transporte de materiales.					
-montañoso/escarpado	✓	✓	✓	✓	✓
-carretera transitable.	✗	✓	✗	✓	✗

Selección de criterio	Tipologías				
	Puentes de vigas de madera	Puente Hamaca y Colgante	Puentes de Hormigón	Puentes de vigas metálicas y celosía metálica	Puente sobre encofrado perdido
6. Sumatoria de \checkmark o \times .					
Comparación de Tipologías.					
7. Fácil instalación.	*****	***	***	****	****
8. Necesidad de mantenimiento.	*****	*****	*	***	****
9. Vida útil.	*	***	*****	***	*
10. Costo inicial.	*	***	*****	***	*
11. Costo final incluyendo mantenimiento en su vida útil.	***	***	*	**	*
12. Sumatoria de las estrellas.					
Procedimiento:	<p>- Los pasos del 1 al 5 identificar todas las características posibles. Realizar la sumatoria de estos en el paso 6.</p> <p>- Los pasos del 7 al 11 comparar todas las tipologías. Realizar una sumatoria de estas en el paso 12.</p> <p>- Seleccione la mejor tipología entre las combinaciones de las 2 fases.</p>				

CAPITULO 4.

**RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO
Y CONSTRUCCION DE PUENTES DE BAJO
COSTE EN PAISES EN VIAS DE
DESARROLLO.**

4.1 Introducción.

Realizar proyectos y construcciones de puentes de bajo coste en países en vías de desarrollo siempre será un gran reto para las personas, empresas publicas o privadas, gobiernos y ONG'S, que se dedican a esta labor, debido a las circunstancias particulares que rodean a estos países, en donde las condiciones de desarrollo marcan en gran medida la tecnología de construcción que se pueda aplicar en este tipo de proyectos. Por tal motivo el fomentar la utilización de tecnologías de construcción acordes con el desarrollo tecnológico de estos países será siempre una obligación.

Entendiendo esta obligación, es por lo qué, se darán unas recomendaciones para el buen planteamiento, aplicación y ejecución de este tipo de proyectos.

4.2 Importancia de la Utilización de una Tecnología Apropriada.

No se puede plantear una obra civil 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. Además, en estas áreas la mano de obra no solo es económica, sino que además está necesitada de trabajo; los plazos son distintos, así como el financiamiento, etc. Por ello la ingeniería ha de dar la respuesta más adaptada a los "datos" del problema: ha de usar una *tecnología apropiada*. No se trata de usar la tecnología local; muchas veces se han "idealizado" procedimientos o técnicas locales por el mero hecho de ser lo que allí se hace habitualmente, cuando en muchos casos sólo reflejan una falta de capacitación y de conocimientos. Claro, no hablamos de hacer casas, sino puentes o pasarelas.

El ingeniero ha de combinar lo mejor de sus conocimientos con los medios disponibles de forma razonable, y usando el ingenio que le da nombre, "producir" el *qué* y el *cómo*. El ingeniero de los países desarrollados está demasiado acostumbrado a solo proyectar el *qué*, dejando el *cómo* para los constructores. Mientras que en los países en vía de desarrollo, ambos están demasiado condicionados entre sí como para no tratarlos de forma conjunta: los medios que se van a usar limitarán la mayor pieza a

hormigonar de una vez, lo que obliga a ajustar el diseño a ese volumen; los medios de elevación y soporte marcarán el peso y tamaño de la mayor pieza a mover; las herramientas solo podrán doblar barras de acero de hasta cierto diámetro, etc. Es el arte de lo posible.

La formación y experiencia del ingeniero son importantes para ello; muchas veces hay que extrapolar procedimientos usados a mayor escala, o desempolvar técnicas antiguas, ya en desuso, o adaptar las usadas con otros materiales o en otros medios. Esto no quiere decir que las más avanzadas tecnologías no puedan ser empleadas en estos casos: muchas veces lo más apropiado es una mezcla de lo nuevo y lo viejo, lo local y lo del primer mundo, los grandes medios y las escalas reducidas. Y cada proyecto nuevo da nuevas enseñanzas en este sentido.

4.3 Implicación Local. Elemento de mayor repercusión en el éxito de Proyectos y Construcciones de Puentes Bajo Coste en Países en Vía de Desarrollo.

Uno de los factores más importantes es la implicación de los propios beneficiarios en las obras, tanto a nivel de promoción como de gestión y ejecución. El tan trillado “aporte local” que exigen la mayoría de ONG’S o financiadores pasa por la intervención en todos estos aspectos. Son ellos los que han de marcar sus necesidades y prioridades; han de definir conjuntamente con la institución que le pretende apoyar cómo van a colaborar, y por último, han de gestionar dicha colaboración de forma coordinada con aquella.

Es habitual que se exija mano de obra “gratuita” a la comunidad. Esto, que puede funcionar en “ayuda mutua” para la ejecución de viviendas, solo puede ser usado de forma puntual en obras de estas características. Por ello hace falta un núcleo central de trabajadores estables, remunerados, que puedan ser formados durante la obra y conformar así un equipo que asegure rapidez y calidad. La mano de obra voluntaria y masiva se ha usado con éxito bien de forma alterna (turnándose los distintos grupos de beneficiarios), o bien de forma puntual (por ejemplo para ayudar en un hormigonado, transportar materiales o abrir caminos), en cualquier caso en labores que no requieren ninguna capacitación. Con esto conseguimos grandes beneficios para la comunidad, como por ejemplo:

- Identificación con la obra.
- Superación y autoestima.
- Capacitación de especialistas.
- Posibilidad de mantenimiento.
- Entrada de liquidez en la zona.

4.4 Aplicación de los Ideales del Arte Estructural en los Proyectos y Construcciones de Puentes de Bajo Coste.

El arte estructural como lo define Billington en su libro TOWER AND BRIDGE [4], en su primer capítulo, es uno de los objetivos que se deben tener en cuenta en los proyectos y construcciones de bajo coste de los países en vía de desarrollo, dado que estos tipos de obras necesitan aun mas de las características que identifican el arte estructural: eficiencia, economía y elegancia, dado que mayoritariamente los beneficiarios de estos proyectos son poblaciones apartadas de los centro económicos de estos países y la presencia del estado es casi nula para ayudar a la conservación y mantenimiento de estas obras.

Por lo cual la eficiencia jugara un papel fundamental por no decir que el más importante en este tipo de obras, ya que uno de los objetivos de este tipo de proyectos es que la estructura se conserve por el mayor tiempo posible con un mantenimiento mínimo. Así la economía vendrá muy dada de la mano del ingenio del proyectista para solucionar un problema ya sea de infraestructura (puentes, carreteras, vías etc.), abastecimiento (acueductos, alcantarillados, etc.) o de vivienda, permitiendo que la obra sea rentable para su ejecución. Por la ubicación geográfica de estos proyectos se pensaría que la elegancia en estas obras no es de gran importancia, pero una obra bien diseñada y proyectada, se convierte en un orgullo para la población circundante a está, por lo cual una obra acorde a las características de vida de estas poblaciones se convertirá en un patrimonio para la comunidad, ya que normalmente estas obras terminan cambiando la vida a estas poblaciones. Con lo cual así aseguraremos el éxito y la conservación de este tipo de proyectos, haciendo que la comunidad adquiera un sentido de pertenecía con esté.

CAPITULO 5.

CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION.

5.1 CONCLUSIONES.

1. ONG´S: un camino por recorrer.

Una de las cuestiones que resultan más llamativas sobre las ONG´S es que su actividad cubre prácticamente todos los ámbitos de necesidades primarias excepto las infraestructuras viales: salud, educación, vivienda, sicología, agricultura, ganadería, microempresas, abastecimiento y saneamiento de agua, drogas, etc. Apenas alguna ONG incluye algún puente o pasarela dentro de sus proyectos, y si lo hacen es para poder acometer otros proyectos que para ellas son mucho mas importantes. Ha quedado demostrado con esta investigación que son muy pocas las ONG´S que manifiesta interés en este campo, y sus realizaciones todavía son muy modestas en comparación a la gran demanda que se tendría que cubrir.

Se oyen muchas razones para esta ausencia, pero todas son rebatibles con facilidad:

- *Eso es competencia del estado.* Igual que la educación, la salud, la vivienda... Es rara la constitución que no los incluye. ¿Por qué no hacer también obras para mejorar la accesibilidad y permitir el desarrollo a miles de beneficiarios?. No estamos hablando de grandes puentes, sino de puentes o pasarelas en las zonas rurales de los países en vía de desarrollo, que son muy económicos de construir y facilitan el desarrollo de estas comunidades tan necesitadas de estas infraestructuras que les permitan entrar ha hacer parte activa de estos países y no quedar relegadas al olvido y al atraso.
- *Se trata de presupuestos demasiado elevados.* Falso: se están manejando hoy día grandes proyectos con presupuesto de incluso más de seis dígitos (en dólares), con los que se podrían hacer varios puentes, como lo ha demostrado Guillermo Candela García en sus puentes en El Salvador. Por ejemplo: el de Teosinte [8], de 14 m, que costó 23.000\$, el del Río Chiquito [9], de 40 m, salió por 92.000\$, incluyendo 300 m de camino de acceso; o uno peatonal de 18 m se pudo terminar con la *friolera* de 4.000\$...

- *Los cauces son dominio público, hacen falta permisos, etc.* en teoría. En la práctica, cualquier organismo público se congratula de que le hagan una obra que en realidad deberían hacer ellos. En los proyectos realizados hasta ahora, nunca se ha encontrado oposición. Políticamente sería su suicidio.
- *Los terrenos que se atraviesan hay que expropiarlos.* No necesariamente: la infraestructura revaloriza mucho los terrenos que atraviesa, que la mayoría de las veces pertenece a alguno de los mismos beneficiarios, que lo suelen ceder sin mayores contrapartidas, alentados por sus propios convecinos. Eso sí: ha de quedar por escrito. En el peor de los casos, se puede comprar el terreno e incluso evitar las propiedades conflictivas.
- *¿Quién se hace cargo de la obra al final?. O sea, ¿quién es el titular?.* Todos quieren serlo, al fin y al cabo no les ha costado nada y lo pueden rentabilizar políticamente. Además, si ellos mismos lo han construido, también lo pueden mantener a partir de las correspondientes instrucciones.
- *No hay contrapartes locales que lo hagan o promuevan.* Esto sí que es un escollo, el mayor quizá: las ONG'S y asociaciones locales no tienen capacidad para plantear o ejecutar estas obras, fundamentalmente por falta de capacidad técnica y porque les es muy costoso contratar a un ingeniero para un proyecto que ignoran si conseguirá financiamiento. Es por tanto en este aspecto donde hay que esforzarse más en buscar soluciones.

El campo de acción de las ONG'S residiría en esos puentes o pasarelas rurales que los gobiernos centrales y locales han dejado de lado. Hay un enorme camino que recorrer, y las necesidades y obras a realizar son ingentes. Y lo más importante de todo: para la mayoría de estas poblaciones (los "beneficiarios"), son prioritarias.

2. Se plantean algunas aportaciones que para el autor es en donde debe hacerse mayor hincapié a la hora de presentar, planificar y ejecutar un proyecto o construcción de un puente de bajo coste para un país en vía de desarrollo.

- **A nivel de planificación**, se debería de contar con una homogeneidad de los criterios a tener en cuenta al proyectar un puente o pasarela para todos los países en

donde se piense realizar un proyecto de esta índole. Como por ejemplo los criterios que utiliza Helvetas en sus programas en Nepal O Bután o los de Bridge to Prosperity en América Latina y Asia, donde gracias a su experiencia durante muchos años en la realización de proyectos que promueven la construcción de puentes y pasarelas han podido desarrollar manuales de diseño reconocidos internacionalmente para unas tipologías específicas, que han ayudado a solucionar los grandes problemas de movilidad de millones de personas en todo el mundo, demostrando que la replicabilidad de sus programas son posibles. Esto haría que todos los interesados en este campo de acción en la ingeniería hablaran el mismo idioma, con lo cual, se aseguraría el no tener que cometer errores que afecten directamente a estas poblaciones tan necesitadas, como ha sucedido en el pasado en algunos proyectos de desarrollo.

- **La iniciativa local es imprescindible** en el caso de la construcción de puentes y pasarelas; no se deben acometer proyectos sin el visto bueno de los beneficiados. Los proyectos de desarrollo no se pueden imponer. Más bien al contrario, la iniciativa ha de ser de ellos, canalizada por los representantes adecuados. Y se ha visto con anterioridad los beneficios que esto conlleva, incluso desde el punto de vista económico (se pueden conseguir ahorros gracias a la colaboración local).
- **Pequeños proyectos, pero tecnificados:** para los proyectos y construcción de puentes de bajo coste, lo más adecuado son proyectos pequeños, que no supongan una duración demasiado prolongada ni una inversión muy fuerte. Han de poder hacerlo ellos, sin traer empresas o trabajadores de fuera, más allá de los técnicos o el maestro de obra. Una inversión muy fuerte en poco tiempo hace que buena parte de los jornales se vayan fuera de la zona, por lo que es pan para hoy y hambre para mañana.

La realización de esta tesina deja ver que los proyectos y construcciones de puentes de bajo coste para países en vías de desarrollo, necesitan y exigen un mayor interés por parte de los gobiernos centrales y regionales de estos países, las ONG'S, organizaciones privadas y particulares, dedicados a la realización de proyectos de desarrollo, que ayuden a solventar los grandes problemas de desigualdad social que viven muchas poblaciones alejadas de estos países.

Se han expuesto de manera detallada las particulares características que diferencian este tipo de proyectos y construcciones de bajo coste, exponiendo cuales han sido las aportaciones mas relevantes que han permitido resolver en gran medida los problemas de movilidad y desarrollo de zonas alejadas de los centros económicos de muchos países en vía de desarrollo en todo el mundo, demostrando que con una baja inversión económica, la utilización de una tipología y tecnología apropiada y haciendo que la comunidad beneficiaria juegue un papel importante en la planificación, aplicación y ejecución de estos proyectos, es como se puede conseguir que exista una mayor igualdad social en la gran mayoría de estos países.

Queda claro qué la ultima palabra en este tema solo la dará el tiempo, él cual nos demostrara que el camino ha seguir irá en la línea que ya han empezado a marcar algunas ONG´S y particulares dedicados a esta labor, los cuales ya han entendido que hay un hueco por cubrir y existe una ingeniería apropiada para ello, que necesita de nuestro apoyo y en la cual estas poblaciones no pueden ser un objeto pasivo sino sujeto activo.

Con este trabajo, en definitiva, se ha pretendido despertar una sensibilidad que promueva más acciones de este tipo a todos los niveles, ya que todavía hay millones de *personas* esperando. Y no por un sentimiento de caridad, sino de igualdad y justicia.

5.2 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

El autor de esta tesina considera que la evolución de la investigación debe seguir las siguientes líneas:

- El desarrollar un manual de diseño normalizado y certificado que contemple todas las tipologías utilizadas en la construcción de puentes y pasarelas de bajo coste. Ya que en la actualidad solo existe un manual de diseño certificado en las tipologías de puentes hamaca y colgantes. (ver Helvetas y Bridge to Prosperity).
- Realizar un formulario que unifique todos los criterios ha tener en cuenta en la elaboración de un proyecto de desarrollo en la construcción de puentes de bajo coste.

REFERENCIAS.

- [1] Addis, Bill. "the art of the structural engineer" Artemis.
- [2] Airraghi Matteo. "IL. Genio Pontiere". Art. (04.07.2007). consultado en: <http://www.ticino7.ch/>. 18 de abril 2009.
- [3] Artha Taludhar. "Trail Bridge Building in the Himalayas". Helvetas Publications, No. 5. 2007.
- [4] Billington, David P. "The Tower and the bridge; the new art of structural engineering". Princeton University Press. (6): 3-8. 1985.
- [5] Blasco Domínguez Ignacio. Estudio de la Construcción de Viviendas y Edificios en el Distrito de Anantapur (India). Fundación Vicente Ferre. Disponible en: Http://.www.illesbalears.isf.es/documents/altres/PFC_NACHO_BLASCO.pdf. Consultada el 15 de junio de 2009.
- [6] Briccola Stefania. "I ponti della solidarietà". Art. (04.07.2007). consultado en: <http://www.ticino7.ch/>. 18 de abril 2009.
- [7] Bridge To Prosperity. "Topografía, construcción y gerencia de proyecto. Basado en la Comunidad por el Puente Peatonal Suspendido". Estados Unidos, 2005.
- [8] Candela García Guillermo. "El Puente de Teosinte. Un Caso de Tecnología Apropiada". Revista de Obras Públicas 3.346 (9): 73-81. 1995.
- [9] Candela García Guillermo. "Puente Extremadura sobre el Río Ashuquema". Revista de Obras Públicas 3.446 (5): 61-65. 2004.
- [10] Candela García Guillermo. "Puente D. José Entrecanales sobre el Río Torola". Revista de Obras Públicas 3.487 (16): 31-46. 2008.
- [11] Candela García Guillermo. "Un Puente de Esperanza". Revista de Obras Públicas 3.411 (11): 47-57. 2001.

- [12] Department for International Development, UK. - I.T. Transport Ltd. "Manual for Construction at Community and District Level". United Kingdom, 2004.
- [13] Fisettes Jacques. "Formación en el Norte de técnicos del Sur: Elogio del dualismo en planificación urbana". Cuadernos Internacionales de Tecnología para el Desarrollo Humano. Instituto de Urbanismo. Universidad de Montreal. 2008.
- [14] Fournier Barbará. "Toni El Suizo, a lifetime dedicated to building bridges". Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Mayo 2007.
- [15] Gil. J, Calderón. P, Payá. I, Monzó. J. "Aportaciones desde la Universidad Politécnica de Valencia a los programas de reconstrucción de viviendas realizados por la Fundación Vicente Ferrer y por Intermón Oxfam tras el terremoto de Bhuj (India, 2001)". III Congreso Nacional Universidad y Cooperación, Madrid. Mayo 2006.
- [16] Gómez de Menbrillera Ortuño Manuel. "Infraestructuras de Transporte en el Medio Rural de Condega (NICARAGUA) para la Sostenibilidad del Desarrollo Territorial". Proyecto Final de Carrera. Universidad Politécnica de Valencia. 2002.
- [17] Helvetas. Swiss Association for International Cooperation. "Short Span Trial Bridge Standard. Suspended Type" Volumen 1, 2 y 3. Suiza, 2002.
- [18] Helvetas. Swiss Association for International Cooperation. "Long Span Trial Bridge Standard. Suspension Type" Volumen 1, 2 y 3. Suiza, 2002.
- [19] Khalid Mahmood. "Need for Proper Training of Construction Workforce". Congreso IABSE Role of Structural Engineers towards Reduction of Poverty. NEW DELHI, INDIA 2005.
- [20] Leonhardt, Fritz. "Ponts. : L'esthétique des ponts. Puentes: estética y diseño". Presses Polytechniques Romandes. 1986.
- [21] Lorenzo Gállego Pedro. Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo CYTED. Sub Programa XIV. Proyecto: XIV.3 Techos y XIV.5 con Techo. Programa 10x10. Un Techo para Vivir. (Tecnologías Para Viviendas de Producción Social en América Latina). Edición de la Universitat Politècnica de Catalunya. 2005.

- [22] Mahabub Haque. "Impact of Jamuna Bridge on Poverty Reduction in North-West Bangladesh". Congreso IABSE Role of Structural Engineers towards Reduction of Poverty. NEW DELHI, INDIA 2005.
- [23] Maorun Feng. "Today and Future Bridge Projects in China". Congreso IABSE Role of Structural Engineers towards Reduction of Poverty. NEW DELHI, INDIA 2005.
- [24] Monzó. J, Borrachero. M^a Victoria, Payá. J, Barrionuevo. R, Soriano. L, Díaz Brito. N, "Morphology and reactivity Studies of peruvian pozzolans", 11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies, Bath (UK), 2009.
- [25] Morgenthal Guido. "Bridges and Shelter – Structural Engineering for Disaster Relief". Congreso IABSE Role of Structural Engineers towards Reduction of Poverty. NEW DELHI, INDIA 2005.
- [26] Nirmalya Bandyopadhaya y Sanjib Mitra. "Communication Network for Isolated Rural Areas – Structural Solutions". Congreso IABSE Role of Structural Engineers towards Reduction of Poverty. NEW DELHI, INDIA 2005.
- [27] Payá Zaforteza Ignacio; Calderón García Pedro. "Evaluation of a program for the reconstruction of houses in India". IABSE Symposium: 'Creating and Renewing Urban Structures', Chicago, USA. September 2008.
- [28] Payá. I, Cladera. A, Calderón. P, Gil. J, Etxeberria M. "Ingeniería de la construcción y cooperación al desarrollo. Retos de futuro". III Congreso Ache de puentes y estructuras de edificación. Noviembre 2005.
- [29] Raventós Ingrid. "La Construcción de pasarelas por las Ong. Un manual de ayuda". Tesina de Especialidad de Escuela Ingeniería de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politecnica de Catalunya. 2000.
- [30] Ruttimann Toni. "Construyendo Puentes de Esperanza, la recuperación y el Amor". Congreso IABSE en Lucerna. Suiza. Septiembre 2000.
- [31] Ruttimann Toni. "Estrellas sobre Yangon". Art. (18.12.2008). Consultado en: <http://www.historiasdepunteros-bounces@lists.ti-edu.ch>. 20 de enero 2009.

- [32] Ruttimann Toni. "Espíritu de Puentes". Art. (11.05.2008). consultado en: <http://www.historiasdepunteros-bounces@lists.ti-edu.ch>. 20 de febrero 2009.
- [33] Ruttimann Toni. "Retorno a los Puentes". Art. (16.04.2003). Consultado en: <http://www.historiasdepunteros-bounces@lists.ti-edu.ch>. 10 de enero 2009.
- [34] Schlaich Jörg. "We can Change the World Indigenous Infrastructure – a Key to Poverty Alleviation". Congreso IABSE Role of Structural Engineers towards Reduction of Poverty. NEW DELHI, INDIA. 2005.
- [35] Schlaich Mike. "Indigenous Bridges". Congreso IABSE Role of Structural Engineers towards Reduction of Poverty. NEW DELHI, INDIA 2005.
- [36] Shahriyar Anam, Abu Saleh Sohel Md-UZ-Zaman e Iftekhar Ana. "Impact of Jamuna Multipurpose Bridge on the Local Economy". Congreso IABSE Role of Structural Engineers towards Reduction of Poverty. NEW DELHI, INDIA 2005.
- [37] Singh, A. (2004). "High Quality, Low Cost, Architecturally Flexible, and Quick Turnaround Mass Housing for the World's Billions", Proceedings of Int. Conf. Advances in Concrete and Construction, December 2004, Hyderabad, India.
- [38] The Times (United Kingdom). "300 ways to bridge the gap". Art. (12.06.2006). Consultado en: <http://www.timesonline.co.uk/article/0,3-2221223,00.html>. 20 de Marzo 2009.
- [39] The Nation (Thailand). "ACROSS THE RIVER: Toni el Suizo started out building bridges at 19 to help disaster-stricken countries". Art. (14.08.2005). Consultado en: http://www.nationmultimedia.com/sunday/20050814/index.php?news=column_18338550.html. 25 de marzo 2009.
- [40] Trail Bridge Sub-Sector Program (TBSSP). Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). HELVETAS. Trail Bridge Support Unit Nepal (TBSU). Consultado en: <http://www.nepaltrialbridge.org>. 15 de Febrero 2009.
- [41] United Nations. Universal Declaration of Human Rights. <http://www.unhcr.ch/udhr/lang/eng.htm>

[42] United Nations Human Settlements Programme (2003). "The challenge of Slums", Earthscan publications, London.

[43] United Nations Human Settlements Programme (2005). "Global report on humans settlements 2005: financing urban shelter", United Nations Human Settlements Programme.

[44] Van Lengen, j. Manual del arquitecto descalzo: como construir casas y otros edificios. Editorial pax. México, 2004.

ANEXOS:

ANEXO 1. ESQUEMAS LONGITUDINALES Y SECCIONES TRANSVERSALES DE CADA TIPOLOGÍA.

ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS DE OBRAS REALIZADAS DE CADA TIPOLOGÍA EXPUESTA.

ANEXO 3. PAGINAS WEB DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

ANEXO 1. ESQUEMAS LONGITUDINALES Y SECCIONES TRANSVERSALES DE CADA TIPOLOGÍA.

- **Puentes de Vigas de Madera.**

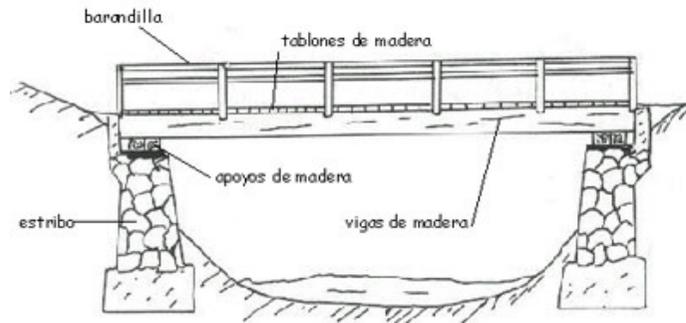


Figura 18. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).



Figura 19. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

- **Puente Hamaca.**

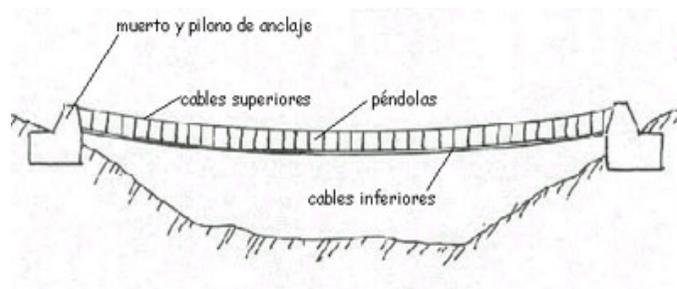


Figura 20. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

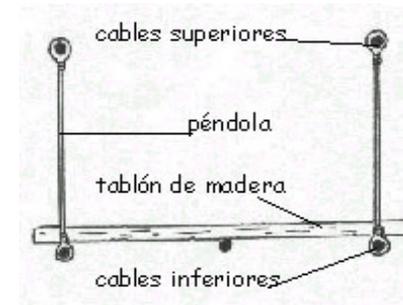


Figura 21. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

- **Puente Colgante.**

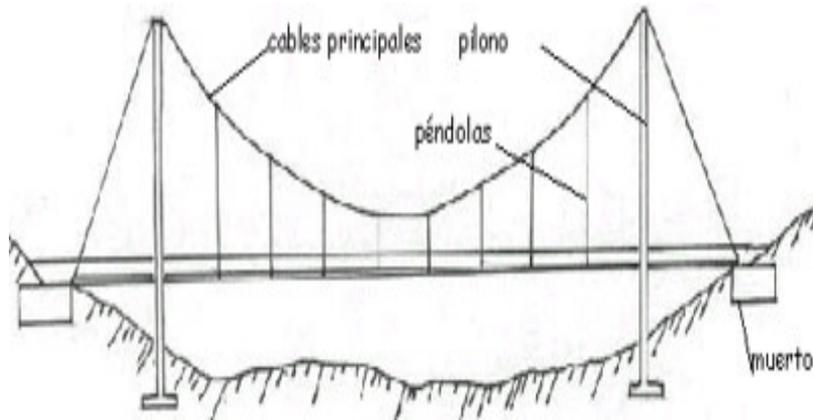


Figura 22. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

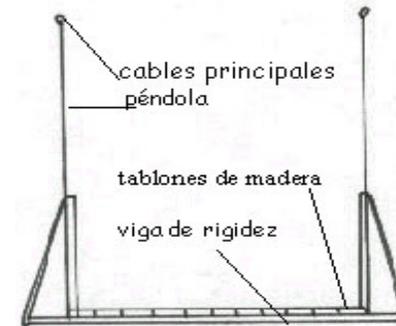


Figura 23. Sección transversal típico. Ingrid Raventós (2000).

- **Puentes de Losa de Hormigón Armado.**

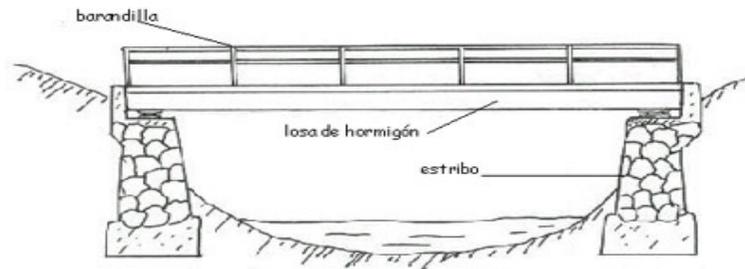


Figura 24. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).



Figura 25. Sección transversal típico. Ingrid Raventós (2000).

- **Puentes de Vigas de Hormigón Armado.**

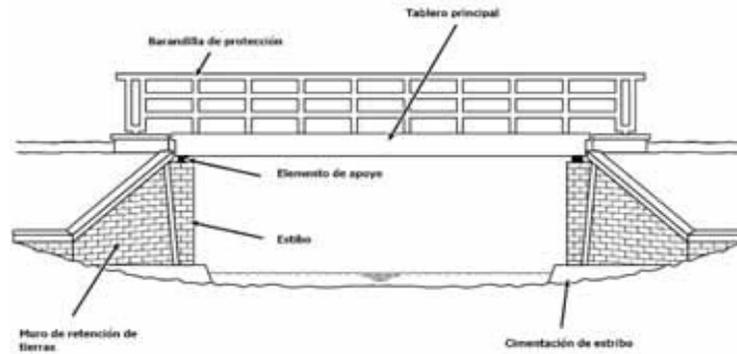


Figura 26. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

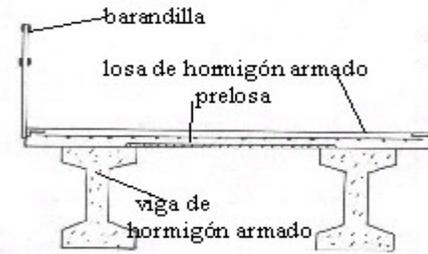


Figura 27. Sección transversal típica. Ingrid Raventós (2000).

- **Puentes Vigas Metálicas.**

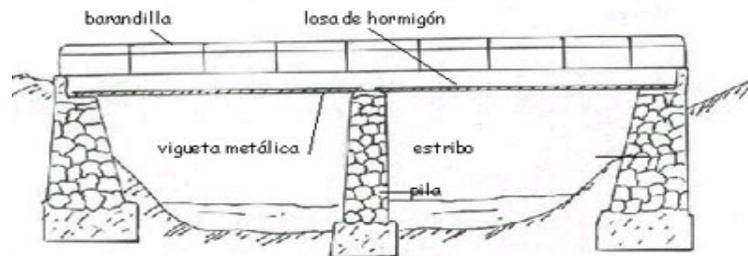


Figura 28. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

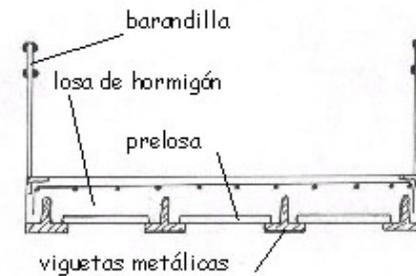


Figura 29. Sección transversal típica. Ingrid Raventós (2000).

- **Puente de vigas con Celosía Metálica y Paso Superior.**

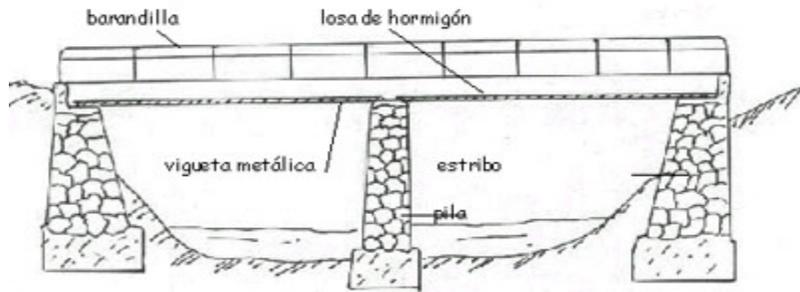


Figura 30. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

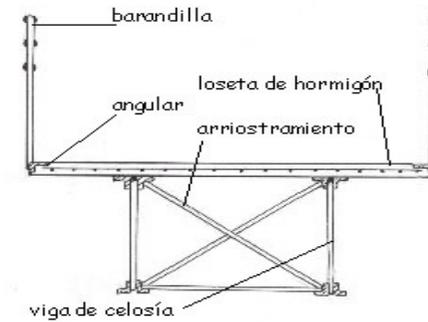


Figura 31. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

- **Puente de Vigas con Celosía Metálica y Tablero Inferior.**

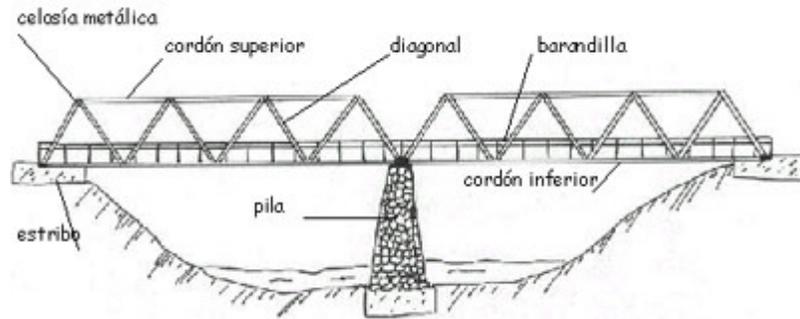


Figura 32. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).



Figura 33. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

- **Puente Sobre Encofrado Perdido (contenedores de carga).**

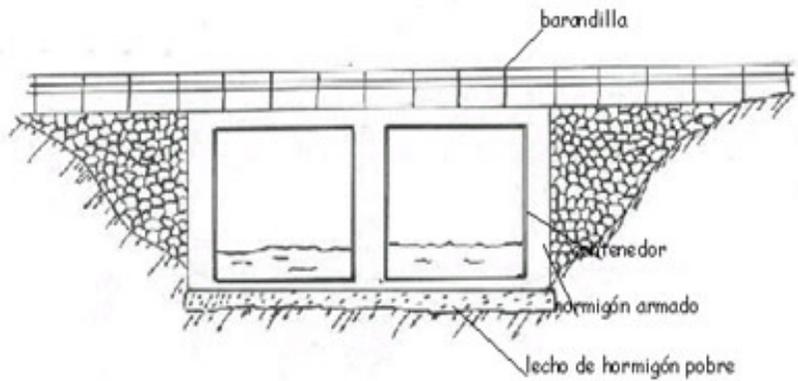


Figura 34. Esquema longitudinal. Ingrid Raventós (2000).

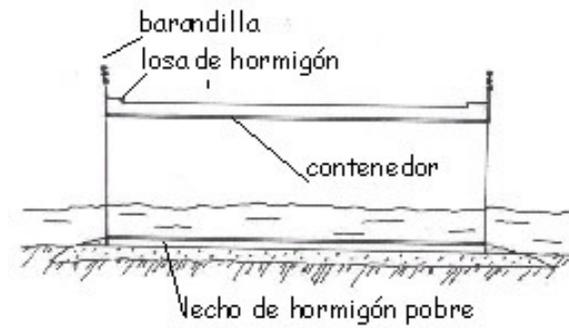


Figura 35. Sección transversal tipo. Ingrid Raventós (2000).

**ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS DE OBRAS
REALIZADAS DE CADA TIPOLOGÍA
EXPUESTA.**

- **Puentes de Vigas de Madera.**



Figura 36. Puente de vigas de madera de 10 mts X 4.5 mts de ancho de uso peatonal y con flujo bajo de vehículos motorizados. Laos.



Figura 37. Puente de vigas de madera con vigas voladizas empotradas en los estribos de 15 mts X 1 mts de ancho de uso peatonal. Nepal. www.bridgetoprosperty.org

- **Puente Hamaca.**



Figura 38. Puente tipo reconstruido después del huracán Mitch en Centroamérica. Ingrid Raventós (2000).

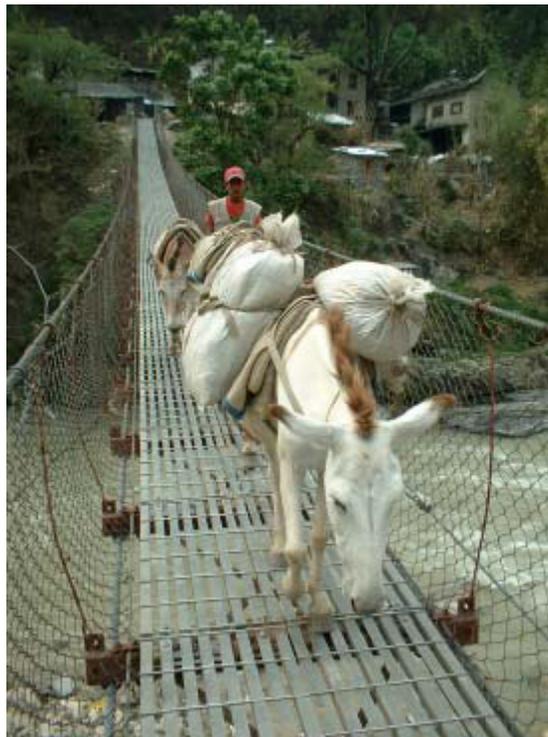


Figura 39. Puente colgante suspendido típico en Nepal. (SSTB). www.nepaltrailbridges.org/

- **Puente Colgante.**

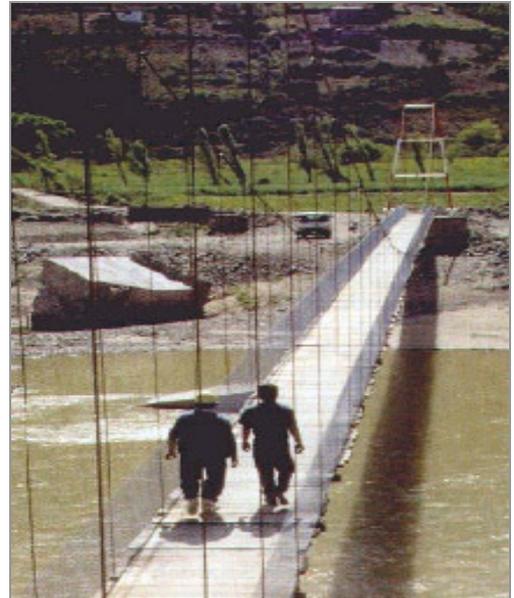


Figura 40. Hombres trabajando en la colocación de la plataforma de la pasarela (Izquierda). Puente colgante típico (Derecha). Pasarela construida por Toni Ruttimann. Ecuador. (Izq - Der).

- **Puente de Losa de Hormigón Armado.**



Figura 41. Puente sobre el rio Anchica. El Salvador. Puente losa de hormigón armado. Ing. Guillermo Candela.

- **Puente de Viga de Hormigón Armado.**



Figura 42. Puente sobre el rio chiquito; Departamento de Morazán, El Salvador. Puente de vigas de canto variable. Ing. Guillermo Candela.

- **Puente de Viga Metálica.**



Figura 43. Puente de vigas metálicas de 14 mts de long. Y 4 mts de ancho. Compuesta por 4 vigas de sección I. Vista superior de la plataforma (Izq). Vista inferior del puente mostrando las 4 vigas I (Der). Indonesia.

- **Puente de Vigas con Celosía Metálica y Paso Superior.**



Figura 44. Pasarela peatonal de 30 metros de luz sobre el río Teosinte, Departamento de La Libertad (El Salvador), construida para una constructora local.

- **Puente de Vigas de Celosía Metálica con Tablero Inferior.**

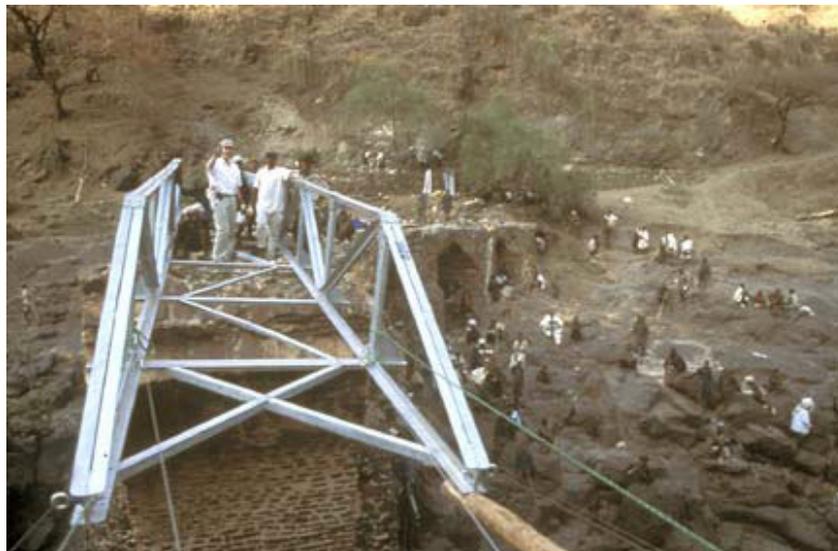


Figura 45. Puente de vigas de celosía metálica con tablero inferior. Río Nilo Azul, Ethiopia. Construido por bridge to Prosperity.

ANEXO 3. PAGINAS WEB DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

- UNHCR/ACNUR.

Web- www.acnur.org; Correo electrónico- usawa@unhcr.org. Consultada el 12 de enero de 2009.

- AMERICAN INSTITUTE OF SUSTAINABLE SCIENCE and TECHNOLOGY Inc

Web - www.SustainableScience.org; Correo electrónico – info@SustainableScience.org. Consultada el 12 de enero de 2009.

- ARQUITECTOS SIN FRONTERAS

Web - www.asfes.org. Consultada el 12 de enero de 2009.

- BRIDGE. Desing & Engineering

Web - www.bridgeweb.com; Correo electrónico - h.russell@hgluk.com. Consultada el 14 de enero de 2009.

- BRIDGE TO PROSPERITY Inc.:

Web - www.bridgestoprosperity.org; Correo electrónico - kfrantz@bridgestoprosperity.org. Consultada el 15 de febrero de 2009.

- CENTRO DE COOPERACION AL DESARROLLO UNIVERSISAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA.

Web - www.upc.es/ccd/; Correo electrónico - info.ccd@upc.es. Consultada el 20 de marzo de 2009.

- CENTRO DE COOPERACION AL DESARROLLO UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALNCIA

Web - www.ccd.webs.upv.es; Correo electrónico - ccd@upvnet.upv.es. Consultada el 20 de marzo de 2009.

- CIVING. S.A.

Web - www.civing.com. Consultada el 15 de abril de 2009.

- DEVELOPING TECHNOLOGIES

Web - www.developingtechnologies.org; Correo electrónico info@developingtechnologies.org. Consultada el 17 de enero de 2009.

- FUNDACION VICENTE FERRER

Web - www.fundacionvicenteferrer.org. Consultada el 25 de enero de 2009.

- HELVETAS

Web - www.helvetas.org; Correo electrónico - info@helvetas.org.

www.helvatasnepal.org.np; Correo electrónico – tbssp@helvetas.org.np. Consultada el 15 de febrero de 2009.

- INGENIERIA SIN FRONTERAS

Web - www.isf.es; Correo electrónico - info@isf.es. Consultada el 5 de febrero de 2009.

- INTERNOM OXFAM

Web - www.intermonoxfam.org; correo electrónico - info@IntermonOxfam.org. Consultada el 18 de enero de 2009.

- ILO/ASIST

Web - www.ilo.org; Correo electrónico - asist@ilo.org; asist@ilosamat.org.zw. Consultada el 5 de febrero de 2009.

- MOLADI. Building Communities

Web – www.moladi.co.za; Correo electrónico – mail@moladi.com. Consultada el 10 de abril de 2009.

- SKAT Foundation

Web - www.skat-foundation.org; Correo electrónico - foundation@skat.ch. Consultada el 25 de mayo de 2009.

- STRUCTURAE

Web - www.en.structurae.de; Correo electrónico - webmaster@structurae.eu. Consultada el 21 de febrero de 2009.

- TICINOSSETTE

Web - www.ticino7.ch. Consultada el 12 de enero de 2009.

- TONI RUTTIMANN

Web - www.historiasdepunteros-bounces@lists.ti-edu.ch. Consultada el 12 de enero de 2009.

- TRAIL BRIDGE SUB-SECTOR PROGRAM

Web - www.nepaltrailbridge.org; Correo electrónico - tbs@nepaltrailbridges.org. Consultada el 20 de abril de 2009.

- TRADA Technology Ltd

Web - www.trada.co.uk; Email – info@trada.co.uk. Consultada el 20 de mayo de 2009.

- WORLD HABITAT AWARDS

Web - www.worldhabitatawards.org; Correo electrónico - wha@bshf.org. Consultada el 15 de enero de 2009.