

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS EN PUENTES Y VIADUCTOS EN EL CANTÓN CUENCA”

Tesis previa a la obtención
del título de Ingeniera Civil

AUTOR:

JHENNY MARCELA PATIÑO YÉPEZ

DIRECTOR:

Msc. ING. ÁNGEL JULVER PINO VELÁZQUEZ

CUENCA, ABRIL DE 2016



RESUMEN

En virtud de la importancia de la construcción dentro del desarrollo de una población, siempre en función de satisfacer las necesidades del ser humano que cada vez son mayores, se ha visto conveniente reforzar los conocimientos en el área de la construcción de Puentes y Viaductos. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica de las principales tecnologías constructivas utilizadas en el cantón Cuenca: Hormigón Armado, Hormigón Pretensado y Acero, se realizaron entrevistas a profesionales en la rama de la construcción que brinden información a cerca de sus obras realizadas, de las cuales se conforma un archivo fotográfico; se visitaron también instalaciones que provean elementos prefabricados como la fábrica “Carrasco RFV-Construcciones” para hormigón pretensado, y el taller del Arq. Patricio Aguirre que cuenta con la fábrica de perfiles estructurales de acero, únicamente para suministrar sus trabajos. Finalmente con la información recopilada, se evalúa la situación actual del Cantón, llegando a la conclusión de que las tres tecnologías son aplicadas sin problema de acuerdo a las solicitudes técnicas: Luz, condiciones de carga, servicio y seguridad; pero en un mayor porcentaje la de Hormigón Armado, gracias a su versatilidad para construir diferentes tipos de puentes: pórtico, viga, losa, etc. Adaptándose a la forma de su encofrado, con un bajo costo y con resultados aceptables.

PALABRAS CLAVE

Puentes, Elementos prefabricados, Hormigón Armado, Hormigón Pretensado, Acero Estructural.



ABSTRACT

By virtue of the importance of the construction within the development of a population always in function of satisfying the needs of the human being that each time are bigger. It has seen suitable to strengthen the knowledge in the area of the construction of Bridges and viaducts. For that, it carried out a literature review of the main constructive technologies used in the canton Cuenca: Reinforced concrete, Prestressed concrete, and Steel. It carried out interviews to professionals in the branch of the construction that give information about their executed works, from which are formed a photographic library. Besides, it visited facilities that provide prefabricated elements like the factory "Carrasco RFV-Construcciones" for prestressed concrete, and the workshop of the Architect Patricio Aguirre that counts with the factory of structural profiles of steel, only for supplying his works. Finally with the compiled information is evaluated the real situation of the canton, coming to the conclusion that the three technologies are applied without problem according to the technic solicitations: Light, conditions of cargo, service and security; but in a better percentage in Reinforced concrete, due to its versatility for building different kinds of bridges: portico, concrete beam, flagstone, etc., adapting to the form of its mold with a low cost and with acceptable results.

KEY WORDS

Bridges, Prefabricated elements, Reinforced Concrete, Prestressed concrete, Structural Steel



CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Conceptos Fundamentales	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Alcance	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Objetivo general	7
1.6 Objetivos específicos	7
1.7 Metodología	7

CAPÍTULO II

2. LAS LLAMADAS ESTRUCTURAS TRADICIONALES	9
2.1 Descripción	9
2.1.1. Materiales Empleados en la Construcción.....	17
2.2 Condicionantes al Diseño	23
2.2.1 Condicionantes para diseño estructural.....	23
2.2.2 Condiciones para la selección de materiales	26

CAPÍTULO III

3. CONSTRUCCIONES PREFABRICADAS EN HORMIGÓN	32
3.1 Descripción y principios básicos	32
3.2 Tipos de prefabricados en elementos y componentes del hormigón ..	33
3.2.1 Tipos de prefabricados en elementos.....	33
3.2.2 Componentes del hormigón.....	38
3.3 Instalaciones de Producción, medios de transporte y de montaje	41



3.3.1 Instalaciones de producción	41
3.3.2 Medios de Transporte	43
3.3.3 Medios de Montaje.....	44
3.4 Condicionantes al diseño	46
3.5 Estimación del grado de aplicación.....	46
3.6 Evaluación.....	52

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIONES PREFABRICADAS METÁLICAS.....	53
4.1 Descripción y principios básicos	53
4.2 Tipos de prefabricados en elementos y componentes metálicos	54
4.2.1 Tipos de prefabricados en elementos	54
4.2.2 Componentes metálicos	56
4.3 Instalaciones de Producción, medios de transporte y de montaje	56
4.3.1 Instalaciones de Producción	56
4.3.2 Medios de Transporte	59
4.3.3 Medios de Montaje.....	60
4.4 Condicionantes al diseño	65
4.5 Estimación del grado de aplicación.....	66
4.6 Evaluación.....	71

CAPÍTULO V

5. COLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1 Conclusiones.....	73
5.2 Recomendaciones.....	75
BIBLIOGRAFÍA	76



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Foto 1 Parroquias Rurales del Cantón Cuenca	5
Foto 2 Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.....	5
Foto 3 Puente Roto, estructura de mampostería de.....	10
Foto 4 Puente Mariano Moreno, Puente con arcos de piedra y mortero de Cal	10
Foto 5 Puente sobre la quebrada Sidcay, puente de mampostería de piedra, .	11
Foto 6 Construcción del puente sobre el río Chapar	13
Foto 7 Construcción del puente sobre el río Chapar	13
Foto 8 Puente sobre el río Chapar	13
Foto 9 Puente sobre el río Sidcay	14
Foto 10 Puente sobre el río Sidcay	14
Foto 11 Puente sobre el río Sidcay	15
Foto 12 Puente en la entrada a San Antonio de Gapal	15
Foto 13 Puente, hormigón armado de vigas rectas.....	15
Foto 14 Parroquia Santa Ana en la entrada al relleno sanitario	16
Foto 15 Puente hormigón armado de vigas recta.....	16
Foto 16 Puente tipo pórtico en Misicata 30 m de longitud y 14 de ancho	17
Foto 17 Puente Misicata hormigón armado.....	17
Foto 18 Mina de áridos. Cerro Tamuga, Paute	19
Foto 19 Fábrica de Hormigón premezclado	21
Foto 20 Mina de áridos en Jadán.....	22
Foto 21 Acero de refuerzo usado en puente de hormigón armado Misicata	23
Foto 22. Diseño arquitectónico de la pasarela el Vado.	24
Foto 23 Encofrados de madera del puente sobre el rio.....	25



Foto 24 Cercha metálica para encofrado de losas.	26
Foto 25 Diseño de puentes de hormigón que se mantiene,	28
Foto 26 Diseño de puente de losa el puente se funde directamente.....	28
Foto 27 Puente "El Paraíso"	29
Foto 28 Disposición de vigas longitudinales y transversales.....	29
Foto 29 Puente de Chaguarchimbana sobre el río Yanucay.....	30
Foto 30. Sección vigas I	35
Foto 31. Vigas I, Puente Charasol - Azogues.....	36
Foto 32 Vigas I, Puente La Calera	36
Foto 33. Losas Doble T. Puente de la cárcel.....	37
Foto 34 Prelosa prefabricadas Fuente: C-RFV construcciones.....	37
Foto 35 Esquema de estructura del hormigón pretensado.....	39
Foto 36 Tolvas con Agregados para la dosificación en la	39
Foto 37 Acero de refuerzo.....	40
Foto 38 Esquema de torones para pretensado.	41
Foto 39 Disposición del Acero de Preesfuerzo.....	41
Foto 40 Infraestructura Fábrica C-RFV construcciones	42
Foto 41 Área de doblado de acero de refuerzo Fábrica C-RFV construcciones	42
Foto 42 Puente Grúa, manipulación de elementos	43
Foto 43 Tolvas de dosificación de material	43
Foto 44 Plataforma de transporte eje tándem para el transporte de elemento prefabricados.....	44
Foto 45 Grúa hidráulica utilizada para el montaje de los elementos prefabricados.....	45
Foto 46 Montaje de vigas I en el puente la calera, se utilizan dos grúas	



hidráulicas para	45
Foto 47 Plataforma de transporte eje tándem para el transporte de elemento prefabricados.....	45
Foto 48 Puente de Acceso al centro de Rehabilitación Social de Turi. Montaje de sus elementos	48
Foto 49 Ampliación del puente La Calera para el proyecto tranvía	49
Foto 50 Puente de Acceso a la comunidad de Soldados	49
Foto 51 Mejoramiento del Puente Yanuncay para	50
Foto 52 Paso a desnivel, Avenida de las Américas, Redondel avenida Ordóñez Lazo.	50
Foto 53 Puente de retorno, autopista Cuenca – Azogues, Estación de Servicio Primax.	51
Foto 54 Puente Peatonal, Quebrada del Salado.	51
Foto 55 Superestructuras en viga	55
Foto 56 Superestructuras en Celosía.....	55
Foto 57 Planchas de acero estructural, A588.....	56
Foto 58 Ubicación Talleres Arq. Patricio Aguirre.....	57
Foto 59 infraestructura Talleres Arq. Patricio Aguirre.....	58
Foto 60 Puente grúa con tecele de 10 toneladas para manipulación.....	58
Foto 61 Equipo de soldadoras. Talleres Arq. Patricio Aguirre	59
Foto 62 Plataforma de transporte.....	60
Foto 63 Camión con plataforma cargada con vigas	60
Foto 64 Pórtico con tecele de 5 toneladas para manipulación de dovelas	61
Foto 65 tecele de 5 toneladas para manipulación de dovelas.....	61
Foto 66 Armado de vigas con ayuda del pórtico estructural.....	62
Foto 67 Lanzamiento del contrapeso o nariz de montaje.....	63



Foto 68 Primeras vigas colocadas	63
Foto 69 Lanzamiento del segundo tramo sobre el primer tramo colocado	63
Foto 70 Deslizamiento del segundo tramo hasta su posición correspondiente	64
Foto 71 Descenso de la viga hasta apoyarla sobre los estribos.....	64
Foto 72 Vigas descendidas hasta el estribo correspondiente,	64
Foto 73 Montaje de estructuras con grúa	65
Foto 74 Puente sector Todos Santos, puente en arco de	67
Foto 75 Paso peatonal Nulti	68
Foto 76 Construcción Puente Nulti Sur – Año 207	68
Foto 77 Puente, Sector Ciudad de Cuenca. Ing Jorge Amaya	69
Foto 78 Rigidizadores en vigas, riostras entre vigas	69
Foto 79 Puente mixto, Sector Mall del Río	70
Foto 80 Vista en perfil del puente Mall del Río.....	70
Foto 81 Puente Sobre el Río Cuenca. Construcción MTOP	70
Foto 82 Armado de pasarela peatonal sobre el Río Tomebamba	71
Foto 83 Colocado del tablero en pasarela peatonal sobre el Río Tomebamba	71
Foto 84 Relación Costo – Luz – Tecnología Constructiva.....	72



UNIVERSIDAD DE CUENCA



CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, **Jhenny Marcela Patiño Yépez**, autora de la tesis "**EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS EN PUENTES Y VIADUCTOS EN EL CANTÓN CUENCA**", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, 04 de abril de 2016

JHENNY MARCELA PATIÑO YÉPEZ

C.I: 0302104872



UNIVERSIDAD DE CUENCA



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **Jhenny Marcela Patiño Yépez**, autora de la tesis "EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS EN PUENTES Y VIADUCTOS EN EL CANTÓN CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 04 de abril de 2016

JHENNY MARCELA PATIÑO YÉPEZ

C.I: 0302104872



AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermano por todo el apoyo a lo largo de mi carrera y de cada una de las metas a lo largo de mi vida.

A mi esposo por su colaboración y apoyo en esta etapa de mi vida y carrera.

Al Msc. Ing. Julver Pino, por su paciencia, dedicación y aporte en el desarrollo de este trabajo.

Agradezco también a los diferentes profesionales y empresas constructoras por compartir la información y experiencias para la culminación de este proyecto.

Jhenny.



DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, de manera especial a mi madre Elsa, por su constante lucha y amor. A mi hermano Ricardo, por ser mi ejemplo y mi apoyo fundamental.

A toda mi familia por el apoyo incondicional de manera especial a mis sobrinos Andrés y Dayana, a mi abuelita Rosa (+).

Dedico este trabajo a mi esposo Estalin y a este nuevo ser que llegará a ser una razón más para salir adelante.

Jhenny.



CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Conceptos Fundamentales

Puente: Estructura de una o varias luces, construida sobre una depresión, río u obstáculo cualquiera, que cuenta con vías para el tráfico de vehículos, peatones y otras cargas móviles. (NEVI12, 2013)

Hormigón Armado: El hormigón armado es una técnica constructiva que integra las propiedades del hormigón simple y el acero de refuerzo. El objetivo de ésta técnica es que el hormigón absorba los esfuerzos de compresión mientras que el acero los de tracción. Es utilizado como material de construcción desde 1854 teniendo como principal ventaja la capacidad de adaptarse a cualquier morfología. Su principal limitación es que la relación entre su resistencia y el peso propio es menor que en una estructura únicamente de acero. Razón por la cual, se utiliza en puentes de luces pequeñas. (Mattheib, 1980)

Hormigón Pretensado: Las primeras formas de hormigón pretensado nacen en 1886 siendo patentada definitivamente en 1920. Consiste en la construcción de elementos estructurales de hormigón a los cuales se les aplican esfuerzos de compresión antes de su puesta en servicio. Esto hace que se incremente su resistencia a los esfuerzos de tracción producidos por cargas externas convirtiéndose en un elemento más rígido. (Carrasco Castro, 2010)

Acero Estructural: El acero estructural es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98%) y carbono (menor al 1%). Es el material más usado para construcción de estructuras en el mundo por ser versátil, de gran resistencia y de bajo peso, lo que lo hace ideal para puentes de grandes longitudes. Su principal desventaja es el costo de mantenimiento para evitar la corrosión. Las estructuras más comunes son las de cercha, que posteriormente fueron remplazados por estructuras de hormigón pre y pos tensado. (McCormac,



2002)

Prefabricación: Sistema Constructivo que consiste en el diseño y fabricación de componentes de una edificación o construcción, fuera de su ubicación final; es decir, los elementos pueden ser elaborados en talleres especializados (fábricas) fuera de la obra o cerca de ella, pero que luego deberán ser transportados para su montaje a fin de que formen la estructura. (V.A Ghio, M. Campero, 1997)

Elemento Estructural: Cada una de los elementos constitutivos de una estructura, posee un carácter unitario y se muestra de la misma manera bajo la acción de una carga aplicada; por ejemplo vigas, columnas, losas, etc. (Loja Suconota, 2015)

Sistema Constructivo: Conjunto de elementos, procedimientos y equipos característicos de una edificación, que se relacionan entre si formando una organización funcional, de modo que la deficiencia de uno de sus elementos compromete el funcionamiento de toda la estructura. (Monjo Carrió, 2005)

Método Constructivo: Conjunto de técnicas y procedimiento que se utilizan para conformar los elementos de los sistemas constructivos. (Astudillo, Astudillo, & Jara, 2014)

Tecnología de la Construcción: Se llama Tecnología de la Construcción al conjunto de procesos, conocimientos, materiales y herramientas para llevar a cabo la construcción de una edificación, estructura, etc. (Orozco, 2008)

Industrialización: Sistema constructivo basado en el diseño y producción masiva de los componentes de una estructura, remplazando la mano de obra del artesano, por la máquina de modo que se incremente el número y calidad de los elementos producidos y con ello realizar proyectos en menor tiempo y a menor costo. (Astudillo et al., 2014)

1.2 Antecedentes

Este trabajo parte de la iniciativa por ampliar el campo de investigación a cerca de las Principales Tecnologías Constructivas en las edificaciones de Cuenca,



planteada en la Tesis realizada en el año 2015 en la Universidad de Cuenca por la Srta. Martha Loja, en la que hace referencia a los sistemas constructivos tradicionales en Hormigón Armado para la construcción de edificaciones, continuando con la aplicación de encofrado metálico hasta abordar el tema del Hormigón Pretensado como una forma de innovación tecnológica, determinando así el grado de desarrollo de la construcción dentro de la Ciudad. (Loja Suconota, 2015)

Al ser un tema nuevo dentro del contexto tradicional, tampoco existe información específica adicional a la citada anteriormente, pero se puede citar de manera general, trabajos relacionados:

- Un artículo del Arquitecto español Felipe J. Pérez, titulado “Las Innovaciones Tecnológicas en la Arquitectura” publicado en el año 1996 en el que da a conocer los avances de la tecnología referente a la construcción de edificios, pero lo que verdaderamente se rescata para el proyecto, son las bases y limitaciones para el desarrollo de nuevas tecnologías constructivas, por ejemplo, las tecnologías se desarrollan por la superación del hombre a través de la creación y construcción de nuevos espacios y estructuras que satisfagan sus necesidades. La limitación del desarrollo es el problema de la compatibilidad de materiales y elementos. (Pérez-Somarriba, 1996)
- Otro artículo, es llamado “Reflexiones sobre algunos materiales de construcción y la industrialización de la edificación” del ingeniero de minas George Rodríguez, En este artículo se analizan las ventajas que tiene la sustitución de algunos materiales tradicionales por otros modernos prefabricados en serie, a fin de conseguir una mayor industrialización en la construcción de edificaciones.(Rodríguez, 1977)
- Otro artículo relacionado es “La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. procedimientos para su industrialización” del arquitecto J. Monjo Carrión; trata del estudio de la evolución de los sistemas del siglo XX, como consecuencia de la aparición de nuevos materiales.



- Un artículo similar a los anteriores, “Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón”, del ingeniero Christian Escrig Pérez, en este artículo analiza la evolución de la construcción industrializada, realiza una visión global de las tendencias de los sistemas de construcción, así como una imagen del estado actual y un diagnóstico de los hitos a alcanzar en un futuro a medio plazo.(Escrig Pérez, 2010)
- Existen múltiples trabajos de tesis dentro de la base de datos de la Universidad de Cuenca que recalcan el uso de las bondades del hormigón armado y del acero utilizadas en diseños y construcción de puentes, y de los elementos pretensados como un alternativa para edificaciones, pero que podrían ser empleados dentro de la construcción de los puentes.

1.3 Alcance

El presente trabajo pretende conocer características y parámetros fundamentales de las principales tecnologías constructivas en Puentes y Viaductos, tales como: puentes de hormigón armado, puentes pretensados y de estructura metálica, utilizados dentro del Cantón Cuenca.

El cantón cuenca comprende 21 parroquias rurales: Baños, Chaucha, Checa, Chiquintad, Cumbe, El Valle, Llacao, Molleturo, Nulti, Octavio Cordero Palacios, Paccha, Quingeo, Ricaurte, San Joaquín, Santa Ana, Sayausí, Sidcay, Sinincay, Tarqui, Turi y Victoria del Portete.



- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Molleturo | 12. Ricaurte |
| 2. Chaucha | 13. Cuenca |
| 3. Sayausí | 14. Paccha |
| 4. Chiquintad | 15. Nulti |
| 5. Checa | 16. Turi |
| 6. San Joaquín | 17. El Valle |
| 7. Baños | 18. Santa Ana |
| 8. Sinincay | 19. Tarqui |
| 9. Octavio C. Palacios | 20. Victoria del Portete |
| 10. Sidcay | 21. Cumbe |
| 11. Llacao | 22. Quingeo |

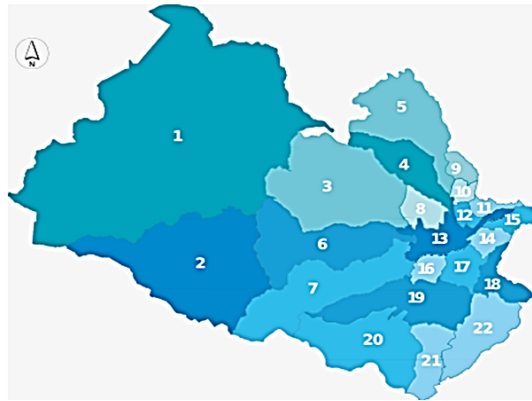
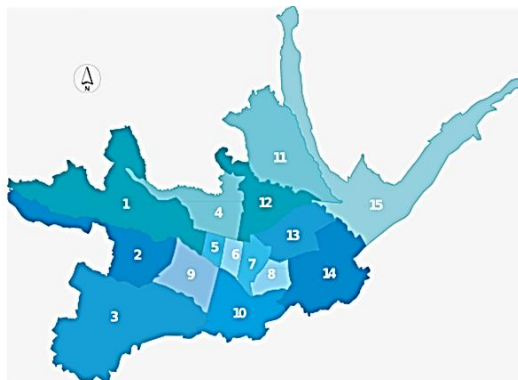


Foto 1 Parroquias Rurales del Cantón Cuenca

El sector Urbano está formado por las parroquias de: Bellavista, Cañaribamba, El Batán, El Sagrario, El Vecino, Gil Ramírez Dávalos, Hermano Miguel, Huayna Cápac, Machángara, Monay, San Blas, San Sebastián, Sucre, Totoracocha, Yanuncay.



- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1. San Sebastián | 9. Sucre |
| 2. El Batán | 10. Huayna Cápac |
| 3. Yanuncay | 11. Hermano Miguel |
| 4. Bellavista | 12. El Vecino |
| 5. Gil Ramírez D. | 13. Totoracocha |
| 6. El Sagrario | 14. Monay |
| 7. San Blás | 15. Machángara |
| 8. Cañaribamba | |

Foto 2 Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca

Dentro de este campo de investigación, se toma en cuenta puentes de hormigón armado, puentes de hormigón pretensado, pasos a desnivel, pasos peatonales que hayan sido construidos o se encuentren en proceso de construcción de los cuales se pueda obtener la información necesaria para lograr el objetivo del trabajo.

1.4 Justificación

Desde los inicios de la humanidad, el hombre en su lucha para dominar a la naturaleza, basado en sus necesidades básicas: alimentación, refugio, comunicación y energía; ha desarrollado mediante las artes plásticas y la ingeniería Civil, las técnicas para satisfacerlas convirtiéndolo así en un



constructor. Con la civilización más compleja, las necesidades se incrementan y con ellas el grado de desarrollo de la construcción, los refugios de piedra son remplazados por templos y palacios, los senderos se convirtieron en vías romanas pavimentadas y posteriormente carreteras de hormigón pavimentadas, puentes de un tronco de madera que se convierten en puentes de piedra, madera, hasta llegar a las estructuras de hormigón y acero que hoy día se conocen.(Jackson, 1972)

La historia de las estructuras modernas se basa en la ruptura de la utilización de materiales pasados; es decir, la piedra, ladrillo, madera han sido remplazados con acero y hormigón, materiales capaces de permitirles realizar obras de mayor altura, puentes de mayores luces y de mayor resistencia, optimizando tiempo y recursos.(Jackson, 1972)

Manteniendo este principio, en la actualidad con las nuevas políticas gubernamentales de innovación en ciencia y tecnología para el desarrollo del país, surge la necesidad de estudiantes y profesionales de aportar al crecimiento del sector constructivo, el mismo que no ha tenido una rápida evolución por la falta de conocimientos en el uso e implementación de nuevas tecnologías constructivas. (Zalamea, 2012)

Una de las razones principales es que la información referente al tema, se encuentra en publicaciones de escasa divulgación. (Guerrero Baca, 2006)

Por lo que este trabajo pretende difundir la información a cerca de las tecnologías constructivas disponibles utilizadas dentro del cantón Cuenca; pretende cambiar la mentalidad tradicionalista de los miembros del sector de la construcción, incentivar a la investigación, utilización y por qué no invención de nuevas técnicas y tecnologías de la construcción, que incorporen nuevos y mejores materiales, garantizando la calidad y sobre todo la seguridad de los ocupantes de la estructura; que genere un mayor ahorro en costo, tiempo y mano de obra, pudiendo aprovechar de mejor manera los recursos de un país, ciudad, etc. y satisfacer de mejor manera las necesidades de sus habitantes.



1.5 Objetivo general

Conocer en sus características y parámetros fundamentales las principales tecnologías constructivas para Puentes y Viaductos de Hormigón Armado, Hormigón Pretensado, Metálicos y Mixtos, aplicados en el cantón Cuenca.

1.6 Objetivos específicos

1. Identificar las fuentes de información sobre el tema de estudio.
2. Clasificar la información obtenida en las principales variantes tecnológicas de construcción.
3. Evaluar la situación que presenta cada variante tecnológica de construcción.
4. Dictaminar la situación general en la Región estudiada sobre el grado de desarrollo tecnológico de la Construcción en puentes y viaductos.

1.7 Metodología

Para el desarrollo del proyecto de Tesis planteado, se inicia con la Identificación de las principales fuentes de información sobre el tema de estudio, éstas son Instituciones como la I. Municipalidad de Cuenca, la Cámara de la Construcción de Cuenca, Gobierno Provincial del Azuay; la información obtenida, se complementa con la revisión bibliográfica sobre los temas relacionados con las tecnologías constructivas de puentes y viaductos para posteriormente poder clasificarlas en las principales variantes tecnológicas de construcción conocidas. En este caso se han considerado 3 variantes: Las llamadas construcciones tradicionales que hacen referencia a puentes de hormigón armado contruidos in situ; Construcciones Prefabricadas en Hormigón, que incluyen aquellos puentes contruidos con vigas y losas pretensadas; y las construcciones prefabricadas metálicas que incluyen puentes de armazón de acero.

A lo largo de todo el proyecto, se realizan entrevistas con Instituciones y profesionales de la construcción, para la recolección de información e imágenes fotográficas que permitan el análisis y evaluación de la situación que



UNIVERSIDAD DE CUENCA

presenta cada variante tecnológica de construcción.

Finalmente, con la información de las evaluaciones realizadas en cada uno de los capítulos de la presente Tesis se determina la situación general del cantón y su grado de desarrollo tecnológico de la construcción.



CAPITULO II

2. LAS LLAMADAS ESTRUCTURAS TRADICIONALES

2.1 Descripción

Desde tiempos antiguos se sabe que el uso de las estructuras viales, con trazado por encima de la superficie, que permiten vencer obstáculos naturales como ríos, canales, lagos, etc., más conocidos como puentes han sido de múltiple ayuda en todas las poblaciones del mundo a sabiendas que la gran irregularidad topográfica de nuestro país, y el rápido desarrollo de los centros urbanos han determinado que las vías de comunicación requieran con gran frecuencia de la construcción de puentes y viaductos de diferentes tamaños y características de sus construcción.

Es así que los puentes de mayor antigüedad en el mundo hace más de 2000 años, ubicados en Europa mismos que fueron fabricados de piedra, aprovechan las características beneficiosas de la geometría en arco (trabajan fundamentalmente a compresión y limitan o eliminan totalmente el efecto de la flexión); En el cantón Cuenca algunos de estos puentes aún son transitados y se observa su estructura colonial de gran valor cultural, prácticamente ya no se construyen más puentes de este tipo pues las nuevas tecnologías de la construcción han suprimido a las mencionadas. (Romo P, 2003)

Como ejemplo, tenemos el puente Roto sobre el Río Tomebamba antes conocido como Río Matadero, es un puente con bases de piedra y balaustrada de ladrillo, unidos con mortero de cal y arena. Se pueden observar algunos de los estribos restantes tras la creciente del Río ocurrida en abril de 1950; hoy es uno de los atractivos turísticos del Cantón. (A.V.B., 2010)



Foto 3 Puente Roto, estructura de mampostería de piedra y balaustrada de ladrillo
Fuente: www.tripadvisor.com

Otro de los puentes tradicionales emblemáticos de Cuenca es el puente Mariano Moreno, conocido como el “Puente de las Escalinatas” construido en 1950, cuenta con dos arcos de piedra unido con mortero de cal y arena, en cuyas bases cuenta con tajamares para encausar el curso de las aguas. (A.V.B., 2010)



Foto 4 Puente Mariano Moreno, Puente con arcos de piedra y mortero de Cal
Fuente: www.eltiempo.com.ec

También podemos citar el puente sobre la quebrada de Sidcay, ubicada en la Panamericana Norte Km 7 1/2 diagonal al Cuartel Dávalos, el mismo que tiene los estribos de piedra, cuya superestructura ha sido reforzada con hormigón armado para adaptar a las nuevas condiciones del tráfico.



Foto 5 Puente sobre la quebrada Sidcay, puente de mampostería de piedra, Reconstrucción de tablero con hormigón Armado.

En este capítulo se hace referencia a las llamadas estructuras tradicionales, considerando estas de hormigón armado ya sea mezclado in situ o premezclado, quedando fuera las antiguas de mampostería de piedra por su tecnología y poca o nula construcción en los últimos años en nuestro país; entre las características de las mencionadas estructuras tradicionales de puentes tenemos:

- Puentes que se construyen con estructura de hormigón armado, permiten alcanzar claros mayores que los de mampostería antiguos pero menores que los de hierro analizando sus gastos de mantenimiento son menores debido a su resistencia a los fenómenos naturales.

Se observan diseños de fabricación donde:

- El hormigón se usa regularmente en puentes de caminos rurales hasta carreteras gracias a su economía, durabilidad bajo mantenimiento y sencilla adquisición de materiales.



- Para armar los encofrados indispensables para la fabricación de muros, estribos, tableros y losas; que no son más que el armazón de estos elementos estructurales, se emplea la madera, se elaboran artesanalmente en obra con la ayuda de herramientas rudimentarias y el control de calidad adecuado para garantizar que la estructura tenga la forma correcta y con ello cumpla la función para la que fue diseñada.
- No se usa métodos de alta tecnología de construcción en ninguna de las fases de la obra más que en los casos que se usa hormigón premezclado ya que posee mejores características, un mejor control de calidad ya que su dosificación es computarizada, lo que garantiza los respectivos estándares de calidad. La construcción desde los cimientos hasta la superestructura se realiza de forma manual.

Se han construido en el Cantón Cuenca numerosos puentes de esta fabricación, se cita en el documento algunos de ellos así como sus constructores mencionados a parte por su esfuerzo y dedicación para beneficio de los demás, en este documento se ilustra algunas construcciones que se encuentran en uso, únicamente con la finalidad de exponer algunas características del método constructivo empleado por los profesionales encargados de su ejecución, pues ello forma parte del uso continuo y de la historia de la construcción en el Cantón.

El Ingeniero José Arévalo encargado de la construcción de números puentes en el cantón Cuenca por el consejo provincial del Azuay ha trabajado en la construcción de puentes como:

Puente “Chapar”, ubicado sobre el río Chapar, aproximadamente a 1 Km de la capilla de Gullapugro, en la vía que une Gullapugro con San Francisco de Totorillas de la parroquia Tarqui del Cantón Cuenca.

Es un puente de hormigón armado carrozable de 7m de luz y un ancho de calzada de 4m, con veredas de 0.4 m a cada lado. El espesor varía de 0,30 metros en los extremos y 0,35 metros en el eje, La infraestructura está conformada por estribos y muros de ala de hormigón ciclópeo y zapata



continua, La altura de los muros desde el suelo de cimentación es de 2.50 metros a nivel de calzada y de 2,15 metros hasta el nivel de los apoyos.



Foto 6 Construcción del puente sobre el río Chapar
Encofrados artesanales para la conformación de los estribos y muros.



Foto 7 Construcción del puente sobre el río Chapar
Encofrados artesanales y fundición in situ para la losa de la superestructura.



Foto 8 Puente sobre el río Chapar
Terminado.

Otra construcción está ubicada a 600 metro de la capilla de Sidcay, en la vía que va a Santa Marianita, perteneciente a la parroquia Llacao, del Cantón



Cuenca.

Es un puente de hormigón armado carrozable de 11m de luz y un ancho de calzada de 4.20m, con veredas de 0.4 m a cada lado. El espesor varía de 0,35 metros en los extremos y 0,40 metros en el eje.

La infraestructura está conformada por estribos y muros de ala de hormigón ciclópeo de zapata continua, como se observa en la (foto 9) cada uno de los procesos para la construcción son realizados in situ usando herramienta rudimentaria y en ocasiones hasta material de la misma zona.



Foto 9 Puente sobre el río Sidcay
Excavación de cimientos para zanjas, muro y estribos



Foto 10 Puente sobre el río Sidcay
Encofrado artesanal para losa de superestructura



Foto 11 Puente sobre el río Sidcay
Conformación de la losa, hormigonado in situ

Otro de las obras en donde participó en la reconstrucción del puente en la entrada a San Antonio de Gapal, vía al Valle el Ing. Francisco Loja; mismo que observamos las características comunes de un puente de vigas rectas simplemente apoyadas en los estribos. El puente tiene una luz de 20 m y 15 m de ancho.



Foto 12 Puente en la entrada a San Antonio de Gapal
Vía al Valle el Ing. Francisco Loja.



Foto 13 Puente, hormigón armado de vigas rectas
simplemente apoyadas en los estribos, luz 20 m y 15 m de ancho.



El Ing. Jorge Amaya quien tiene 36 años de experiencia en la rama, mismo que posee una especialización en vías y obras complementarias, entre sus edificaciones constan: puentes y obras de arte como alcantarillas, pasos de agua, cunetas y bordillos, una de sus obras recientes está ubicada en la parroquia Santa Ana en la entrada al relleno sanitario de Pichacay, puente de hormigón armado usando vigas sobre estribos con muros de ala, 18 m. de luz y 8 de ancho con veredas de 0.85 m de cada lado.



Foto 14 Parroquia Santa Ana en la entrada al relleno sanitario de Pichacay Ing. Jorge Amaya.



Foto 15 Puente hormigón armado de vigas recta Pichacay sobre río Quingeo, 18 metros de luz y 8 m de ancho

Otra obra sobre el río Yanuncay del Cantón Cuenca es el puente tipo pórtico en Misicata construida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, a cargo el Consorcio Vásquez Andrade cuyo representantes el Sr Rene Vásquez en el año 2012, tiene 30m de longitud y 14m de ancho, veredas de 2 metros, sirve de acceso a las avenidas Medio Ejido, Sayausí y Primero de Mayo, proyectado a



Foto 16 Puente tipo pórtico en Misticata 30 m de longitud y 14 de ancho
Consorcio Vásquez Andrade.



Foto 17 Puente Misticata hormigón armado
muros de escolleras y soportes inclinados.

Se han analizado obras que tienen ámbito significativo tanto en su función estructural – vial como en el ornato dentro del Cantón Cuenca, construidas con estructura de hormigón armado y que para su ejecución han sido empleados métodos de construcción tradicional con la ayuda de diversos materiales mencionados en el apartado siguiente.

2.1.1. Materiales Empleados en la Construcción.

En la evaluación de diversas estructuras tradicionales de puentes de hormigón armado en el Cantón Cuenca es de suma importancia conocer las características físicas de los materiales que se implementan en cada construcción, en este capítulo se describen los materiales con mayor índice de



implementación en diversas construcciones del Cantón.

Para conocimiento, los materiales de construcción son aquellos cuerpos o sustancias que integran las obras de construcción, sean de origen natural o artificial, cualquiera que sea su naturaleza, composición y forma. (CEAC, 2001)

Es importante conocer que los materiales naturales sin procesar como la arcilla, arena, mármol se suelen denominar materias primas, mientras que los productos elaborados a partir de ellas como el cemento, baldosa se denominan comúnmente materiales de construcción.

La mayoría de los materiales de construcción usados en puentes de hormigón se elaboran a partir de materias primas de gran disponibilidad como arena, arcilla o piedra. Además, es conveniente que los procesos de manufactura requeridos consuman poca energía y no sean excesivamente elaborados para abaratar costos de producción, que sin duda disminuyen el costo de las obras pero sin disminuir su durabilidad y características en general.

Como característica común los materiales de construcción deben ser duraderos, tomando en cuenta su uso, requisitos importantes en la construcción de puentes como de hormigón tales como la dureza, la resistencia mecánica, la resistencia al fuego, o la facilidad de limpieza.

Es importante mencionar algunas características y propiedades de los materiales empleados como lo son:

- Resistencias mecánicas acordes con el uso que se le va a dar
- Estabilidad química (resistente a agentes agresivos)
- Estabilidad física (dimensional)
- Seguridad para su manejo y utilización
- Protección de la higiene y salud de obreros y usuarios
- No conspirar contra el medio ambiente
- Aislamiento térmico y acústico (colaborar en el ahorro de energía)
- Estabilidad y protección en caso de incendio (resistente al fuego).
- Comodidad de uso, estética y economía (NEC, 2014)



Piedra: Para la construcción de los diversos puentes de hormigón armado es necesario el uso de bases fuertes iniciando por un buen relleno y estabilización del terreno con ayuda de los muros y estribos que pueden ser de Hormigón Armado u Hormigón ciclópeo para los cuales se usan piedras naturales.

En el cantón Cuenca, las principales minas de piedras naturales se encuentran en los sectores de Capulispamba, Challuabamba, La Josefina y en las cercanías de la ciudad se encuentra el Cerro Tamuga. La piedra de gran tamaño es óptima para la conformación de estribos y muros de contención de hormigón ciclópeo, mientras que las de menor tamaño forman parte los áridos en el hormigón después de haber sido triturados. (Loja Suconota, 2015)



Foto 18 Mina de áridos. Cerro Tamuga, Paute
Fuente: www.eltiempo.com.ec

Las piedras para la construcción de muros y estribos de hormigón ciclópeo deberán tener distintos tamaños, utilizando las pequeñas para para rellenar los espacios y sujetar las más grandes, bordes irregulares y rugosos permiten una mejor adherencia entre si y con el mortero, que sean capaces de resistir las cargas a las que van a ser sometidas sin sufrir alteraciones por agentes atmosféricos, deben ser compactas, sin grietas y sin contenido de materia orgánica. (Saad, 1983)

De los diversos materiales granulados como el caso de la piedra las encontramos de diferentes características así como su aplicación así tenemos



piedra cimiento, piedra de empedrado, piedra para labrar, piedra bola entre 20 y 45 cm conocida también como piedra de río.

En la práctica, cuando se trabaja construyen puentes sobre ríos, se utiliza el material sitio tanto para la conformación de los estribos como para la construcción de estructuras auxiliares dentro del proceso de construcción del puente.

Hormigón: material de construcción constituido básicamente por rocas (Áridos), de tamaño máximo limitado, que cumplen ciertas condiciones en cuanto a sus características físicas, químicas y granulométricas, unidas entre sí por un conglomerante (cemento) y agua. A este material básico y en el momento de su mezclado, pueden añadirse otros productos o materiales (aditivos), para mejorar sus características.

Por sus características el hormigón puede ser fabricado en obra (in situ) o transportado y luego colocado en los encofrados de vigas, pilares muros adecuadamente siendo un material dúctil antes del proceso de fraguado en el cual adquirirá la resistencia requerida para someterlo a los esfuerzos previstos. (CEAC, 2001)

El hormigón trabaja básicamente a compresión, siendo su resistencia a tracción mínima, por lo que para los elementos sometidos a importantes esfuerzos de tracción se incorporan barras de acero (cadenas o armaduras) que resistan dichos esfuerzos, esto se conoce como con hormigón armado

Generalmente para las construcciones tradicionales el hormigón alcanza una resistencia media alrededor de los 300 kg/cm² y menores debido a que en muchas construcciones el hormigón se elabora en obra y con mano de obra no calificada, en casos de buena economía se compra el hormigón a fábricas dedicadas a esta labor, así se garantiza su calidad y se disminuye el tiempo que conlleva la elaboración del hormigón.

En la construcción de puentes de hormigón de la Municipalidad, para los muros de hormigón ciclópeo se utiliza hormigón premezclado de resistencias entre 210 y 220 Kg/cm², para losas y veredas la resistencia esta entre 280 y 300



Kg/cm².

En el cantón cuenca existen Plantas de Hormigón Premezclado como la Holcim ubicada en la Av. de las Américas, es una de las compañías líderes a nivel mundial en la producción de cemento y agregados, ofertan además hormigón premezclado con la garantía de tener las características solicitadas por sus adquirentes.



Foto 19 Fábrica de Hormigón premezclado
Empresa Holcim.

Fuente: www.eltiempo.com.ec

El hormigón mezclado en planta se transporta en camiones mezcladores, agitadoras móviles o en recipientes apropiados que no lo agitan, con compuertas para controlar la descarga y estar provistos de cubiertas para proteger al hormigón de la intemperie. (NEC, 2014)

Áridos: Material granular constituye el mayor volumen dentro de la mezcla del hormigón, siendo sus propiedades físicas y mecánicas las que determinen las del hormigón. Puede provenir: de la trituración de mantos de roca: natural o de cantos rodados; de la selección de fragmentos naturales de roca prismáticos o redondos; o de materiales artificialmente fabricados. Debe estar constituido de partículas sanas, limpias, resistentes, libres de defectos ocultos, de adherencias como limo, arcilla, grasas o aceites y sobre todo, libre de materia orgánica.

El material granular debe manejarse en por lo menos dos porciones de tamaños diferentes: Árido grueso cuyas partículas son, generalmente, más grandes que 4 mm de diámetro nominal y árido fino (arena) cuyo tamaño de



partículas están entre 0.075 mm y 4 mm.

El principal componente de la arena es la sílice o dióxido de silicio (SiO_2), y su origen es muy variado; puede extraerse de los ríos o lagos, en algunas ocasiones se encuentra en los depósitos volcánicos, o puede provenir a partir de roca triturada por medios mecánicos. Su función dentro de la mezcla es reducir las fisuras que aparecen en el hormigón al endurecerse.

En el cantón Cuenca encontramos minas de áridos en Llaqueo, Challuabamba, Cumbe y Jadán.



Foto 20 Mina de áridos en Jadán
Fuente: www.eltiempo.com.ec

Acero de refuerzo: El refuerzo debe ser corrugado, aunque de ser necesario se puede utilizar conectores para resistir el cortante.

Las barras de refuerzo corrugado deben cumplir con los requisitos para barras corrugadas de una de las siguientes normas: (NEC, 2014)

- Acero al carbón: INEN 102.
- Acero de baja aleación: INEN 2167.
- Acero inoxidable: ASTM A 995 M.



Foto 21 Acero de refuerzo usado en puente de hormigón armado Misicata
Fuente: www.mercurio.com.ec

Principales propiedades mecánicas del acero de refuerzo

- El Módulo de elasticidad del acero de refuerzo y del acero estructural;
 $E_s = 200.000 \text{ MPa}$.
- f_y Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo (MPa)
- f'_{ye} Resistencia efectiva a la fluencia del refuerzo (MPa)
- f'_{yt} Resistencia especificada a la fluencia f_y del refuerzo transversal (MPa)
- Los valores de f_y y f_{yt} usados en los cálculos de diseño no deben exceder de 550 MPa, excepto para aceros de preesforzado. (NEC, 2014)
- El armado del acero de refuerzo de elementos estructurales vigas, columnas, debe corresponder al cálculo estructural de los mismos

2.2 Condicionantes al Diseño

2.2.1 Condicionantes para diseño estructural

En la construcción de puentes de hormigón se debe realizar en concordancia con las normativas internacionales así como nacionales, mismas que garantizan la calidad de los materiales y procesos construcción; según esto las condicionantes que se presentan para realizar el diseño estructural de un puente o viaducto, son:

Normas de la A.A.S.T.H.O (American Association of State Highway and



Transportation Officials) contenidas en el documento titulado Standard Specification for Highway Bridges. Esta normativa está orientada a dos fines esenciales: para fines de diseño, especificando los requerimientos de diseño de los diferentes tipos de puentes, los métodos y técnicas; y delimita las características constructivas paralelamente al diseño y viceversa. (Aquino & Hernández, 2004)

Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI318, 2014)

Se debe cumplir las normas técnicas vigentes en el Ecuador, tales como:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2014)
- NTE INEN 1 855-1:2001 para requisitos de hormigón premezclado
- NTE INEN 1 855-2:2002 para requisitos de hormigón preparado en obra.

Diseño Arquitectónico: Existen relaciones directas entre el diseño estructural y el diseño arquitectónico, porque el diseño estructural de vigas por ejemplo depende de la distribución de los espacios por la longitud de las luces, y depende también de las cargas a las que se expondrá la estructura, es importante mencionar que el diseño arquitectónico tiene su importancia sobre todo en la ciudad de Cuenca tanto en su ornato y enriqueciendo su cultura y tradiciones.



Foto 22. Diseño arquitectónico de la pasarela el Vado.
Fuente: www.mercurio.com.ec

Condiciones mecánicas: Aquí los elementos estructurales deberán tener los factores de resistencia necesarios para absorber los diferentes esfuerzos a los



que van a ser sometidos.

Emplazamiento: dependerá de las características topográficas y de ubicación; se tomara en cuenta el lugar más adecuado a las necesidades, en donde se emplazará el proyecto, tomando en cuenta los diferentes riesgos como sísmicos, creciente sobre ríos, desgastes, fallas tempranas de los elementos de la estructura.

Encofrados: En las construcciones tradicionales de hormigón armado los encofrados utilizados en su mayoría son de madera por su bajo costo. La madera es un material que se adapta a diversas formas y dimensiones, por lo que las restricciones que se presentan para el diseño estructural en las construcciones tradicionales son mínimas.



Foto 23 Encofrados de madera del puente sobre el río Yanuncay, construcción hormigón armado.
Fuente: www.mercurio.com.ec

Los encofrados utilizados son de madera de Seike, para poder ser utilizados hasta 3 veces. Los tableros de madera se arman con anterioridad para optimizar el tiempo de encofrado en zapatas, pantallas de estribos, estructuras que deben ser conformadas en el menor tiempo posible debido a que la humedad proveniente del nivel freático puede llegar a afectar os encofrados y fundición de los mismos. Para los apuntalamientos se utiliza madera de eucalipto.

Para el montaje de los encofrados en estructuras superiores como losas y vías y diafragmas, se apoyan en cerchas metálicas, éstas son hiperestáticas unidas



mediante pernos, que se apoyan sobre muros de gaviones improvisados dentro de la construcción como obra falsa. Las cerchas pueden presentarse en módulos de 3 a 5 metros.



Foto 24 Cercha metálica para encofrado de losas.
Puente sobre el río Yanuncay
Fuente: www.mercurio.com.ec

2.2.2 Condiciones para la selección de materiales

Al igual que los estándares y normas para el diseño estructural es de vital importancia tomar en cuenta las normas para la selección del material, se mencionan la Normas de la A.S.T.M. (Sociedad Americana para el ensayo de materiales.) y La norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2014). Estas normativas se refieren al control de calidad del hormigón, con el cual se llevan a cabo estas obras, a los áridos (arena, gravas), cemento, agua y el acero de refuerzo, y en general, a todos los materiales tomados en cuenta en la construcción tales como alambres, cables, madera, conectores, clavos, etc.

En la selección de materiales se debe tomar en cuenta diferentes puntos de vista, tanto como constructores como diseñadores; entre los cuales se puede citar:

Factor Económico: en muchas de las ocasiones puede ser un papel determinante para ejecución de la obra. Dentro de este factor se considera la disponibilidad del material; es decir, un material difícil de obtener será mucho más costoso que los locales. Incluye también el transporte del material, mientras más alejado se encuentre el material del lugar de ejecución de la



obra, mayor será el costo del mismo.

Otra de las condiciones que intervienen en el factor económico, es el mantenimiento necesario del material; es así como el costo del mantenimiento de un puente de estructura metálica, será mayor que uno de hormigón armado. De ahí que en el Cantón Cuenca se observa un gran número los puentes de Hormigón Armado tanto en el casco urbano como rural.

Como ejemplo dentro de lo económico, se cita el uso de encofrados: Lo óptimo sería contar con encofrados metálicos, pero tratándose de empresas públicas como Municipios y prefecturas, los costos que implican este tipo de encofrados comparados con los de madera son altos por lo que resultan inconvenientes en relación a su beneficio.

2.3 Estimación del grado de aplicación

En el Cantón Cuenca así como en todo el Ecuador es usado comúnmente el método de construcción tradicional, dado que, es conocido por la mayoría de profesionales constructores, incluso al nivel de albañiles y obreros, es el que más se emplea en las construcciones del cantón; Generalmente, las construcciones en las cuales es evidente la aplicación de prácticas muy artesanales y rudimentarias de construcción estas se encuentran emplazadas en las parroquias tanto rurales como urbanas de la ciudad.

Los puentes de Hormigón Armado frecuentemente son de tipo Viga, Losa y de arco.

Los puentes en viga son los puentes más utilizados, especialmente en vanos cortos y medios; son resistentes a la flexión siendo vertical la reacción en sus apoyos.

Estos tipos de estructura se pueden observar en la mayoría de los puentes citados dentro del documento, añadiendo a la lista el puente ubicado en el sector conocido como Playa de los Ángeles, perteneciente a la parroquia Santa Ana. Obra efectuada por el Ing. Diego García miembro del equipo de trabajo del GAD Cuenca.



Foto 25 Diseño de puentes de hormigón que se mantiene, zona rural sector playa de los Ángeles Parroquia Santa Ana Ing. Diego García.

Los puentes de losa se pueden considerar un tipo de puentes viga, debido a que la reacción en sus apoyos es vertical, y su modelo de cálculo es similar. Por extensión, los pórticos y los falsos túneles cubiertos entran en esta categoría.

Un ejemplo que podemos citar es el puente ubicado sobre la quebrada de Sacay en el paseo 3 de noviembre, construido por el Ing. Jorge Amaya. El puente es de losa maciza apoyada sobre los estribos de hormigón armado.



Foto 26 Diseño de puente de losa el puente se funde directamente sobre los estribos de hormigón armado, ubicado en la quebrada de Sacay en el paseo 3 de Noviembre zona Urbana, Ing. Jorge Amaya.

Un puente tipo Pórtico, es el puente frente al Hospital Vicente Corral Moscoso, que une la Av. El Paraíso con la Av. Paseo de los Cañaris. Construido con la ayuda del Ing. Fredy Correa Molina, hoy encargado de la construcción de puentes del GAD Cuenca



Foto 27 Puente "El Paraíso"
Puente en arco, similar al de Misicata.

Los puentes en arco trabajan a compresión, transfiriendo el peso propio del puente y las sobrecargas hacia los apoyos ubicados en los extremos. Por lo general, en las construcciones dentro del Cantón el tablero del puente se encuentra sobre la estructura de arco.

Como parte de la labor de la Municipalidad de Cuenca, se tiene el puente de Chaguarchimbana construido sobre el Río Yanuncay para descongestionar el tráfico del puente de Gapal. Es un puente de arco de hormigón Armado, construido por el Ing. Francisco Loja. Tiene 30 metros de luz y 15 metro de ancho, con veredas de 2 metros a cada lado y un parter de área verde de 1m de ancho para dividir las calzadas, 7 vigas longitudinales y 6 vigas rigidizadoras del arco de 0.4 m de sección 3 a cada lado, como se observa en la siguiente imagen:



Foto 28 Disposición de vigas longitudinales y transversales



Foto 29 Puente de Chaguarchimbana sobre el río Yanucay
Fuente: GAD Cuenca

2.4. Evaluación.

El propósito de exponer las obras que han construido diferentes profesionales, y mostrar el método que han empleado para realizarlas, es para tener una visión general de la construcción de los diferentes puentes en la ciudad de Cuenca; y la exposición de las obras que se encuentran en estado de construcción, da una visión general de los métodos aplicados.

Debido al crecimiento poblacional, el movimiento de mercadería de diferentes tipos y características en el Cantón Cuenca, hace indispensable la creación de nuevos puentes que faciliten su traslado tanto peatonal como motorizado en las diferentes parroquias urbanas y rurales.

En las construcciones emplazadas en las parroquias rurales, es común casi en su totalidad la construcción tradicional de hormigón armado antes mencionada, usan encofrados de madera contruidos de forma artesanal y el hormigón es elaborado in situ sin un mayor control de calidad. El uso de esta técnica de construcción se debe a que muchos obreros de estas áreas dominan dicha técnica, pero ello constituye un freno, al desarrollo tecnológico de la construcción en la ciudad de Cuenca y el Ecuador.

La utilización de la madera en las construcciones, constituye un método de construcción poco productivo, porque limita el uso repetido de los encofrados en la misma obra o incluso en otras edificaciones, también porque se producen desperdicios de madera durante el desencofrado de los elementos, sin



embargo es el que se ha venido usando frecuentemente por su rentabilidad y economía.

Se puede citar como razones para la elección del método de construcción tradicional las siguientes:

Experiencia adquirida durante la práctica, con una extensa trayectoria durante muchos años en este modo de construcción. Este aspecto está presente no solo en los ejecutores de obra sino también en los diseñadores.

Los estudiantes de las nuevas generaciones de las carreras de Arquitectura, Ingeniería Civil y se podría mencionar hasta mecánica, que se incorporan a la rama de la construcción realizan prácticas pre-profesionales en las que reciben conocimientos para construir con un método tradicional. Por tanto, desde la formación profesional misma no se induce a la superación de estas técnicas tradicionales con alto grado de componente artesanal.

Otra de las razones para que se continúe el uso, casi en su totalidad, como método la construcción tradicional, es que muchas de las entidades constructoras cuentan además de la experiencia con equipos y herramientas propios para esta forma de construir, en particular de los elementos para los encofrados de madera para la colocación del hormigón. En este aspecto se produce la usual resistencia al cambio; existe una resistencia al cambio tanto tecnológico como cultural ya que no se usa la tecnología y se sigue aplicándolos antiguos métodos de construcción sin tomar en cuenta los riesgos pero sin embargo es necesario también tomar en cuenta la economía del país que en los últimos periodos ha disminuido, aunque cabe mencionar que en las construcciones de los últimos años se nota la exigencia con mayor rigurosidad de los diferentes estándares de la construcción como medida de mitigación de desastres ya sea por factores humanos así como naturales.



CAPITULO III

3. CONSTRUCCIONES PREFABRICADAS EN HORMIGÓN

3.1 Descripción y principios básicos

Con el afán de cubrir luces mayores, con un menor peso y mayor resistencia, evitando la laboriosidad del encofrado y hormigonado in situ, se inicia con la implementación del método de los elementos prefabricados, aunque no es muy utilizado en Cuenca, pero por las ventajas que presenta sobre todo en este tipo de estructuras (Puentes), se espera que su aplicación se incremente.

Algunas de las ventajas de este método dentro de los puentes, se citan a continuación:

- Los elementos que conforman un puente, se fabrican en un sitio diferente al de su montaje, por lo que se puede avanzar en la construcción de otros elementos como por ejemplo, mientras se prefabrica las vigas del puente, se puede avanzar en obra con la construcción de cimientos, estribos, etc. Lo que implica una reducción en el tiempo de ejecución de la obra.
- Se dispone de mayor espacio en obra ya que los elementos se encuentran en la fábrica, ventaja aprovechada en los lugares inaccesibles, vías en las que no se puede interrumpir tráfico con la acumulación de material, etc.
- Se utilizan elementos de mayor resistencia, con menor vibración y menor peralte en relación a su luz.
- Los elementos utilizados son de mejor calidad y acabado, ya que los materiales utilizados para su elaboración pasan por un control de calidad adecuado y cada elemento cuenta con la garantía de la empresa fabricante.



- Produce un ahorro en mano de obra, y material, deja de ser necesaria la adquisición de madera y el trabajo necesario para la elaboración de encofrados y apuntalamientos de los elementos del puente, sobre todo en puentes de luces grandes.
- Ventaja en el factor ambiental, se reduce la cantidad de escombros y desperdicios de materiales en obra, lo que contribuye a una menor contaminación.
- Disminuye el costo de mantenimiento, debido que no necesitan de revestimientos, pinturas o enlucidos en elementos expuestos a la intemperie.
- Reduce los riesgos laborales, el personal no se expone a la posibilidad de que algún puntal, o parte del encofrado no asegurado pueda ocasionarle alguna lesión al caerle encima; no es vulnerable a caídas sobretodo en puentes que cubren grande depresiones o aquellos puentes sobre vías de alto tráfico.
- Reduce los efectos por deformaciones con la edad del hormigón.

3.2 Tipos de prefabricados en elementos y componentes del hormigón

3.2.1 Tipos de prefabricados en elementos

En la actualidad, en muchos países existen diversos elementos prefabricados en puentes y clasificados de acuerdo a la función que desempeñan dentro de la estructura, como por ejemplo: (Hue, 2007)

- **Tableros de vigas:**
 - Tableros de vigas I
 - Tableros de vigas U o artesa
 - Tableros de monovigas (vigas artesa únicas)
 - Tableros de vigas artesa con junta longitudinal
 - Tableros losa de vigas en T invertida



- **Losas de tableros de vigas:**
 - Losas de encofrado perdido entre vigas
 - Prelosas o semilosas entre vigas o con vuelos exteriores
 - Losas de espesor completo
 - Losas para tableros de vigas metálicas

- **Tableros de dovelas:**
 - Dovelas de sección completa o incompleta
 - Dovelas de sección completa unidas por la losa de tablero
 - Dovelas unidas por las losas superior e inferior

- **Estribos:**
 - Estribos de tierra armada
 - Estribos de elementos verticales en cantiléver
 - Estribos de gravedad
 - Estribos de viga flotante sobre terraplén

- **Cimentaciones:**
 - Pilotes bajo encepados “in situ”
 - Pilotes formando fustes de pilas pórtico
 - Zapatas

- **Elementos auxiliares:**
 - Impostas y bordillos
 - Aceras
 - Barreras de seguridad

Dentro del cantón Cuenca, la producción de elementos prefabricados es escasa por lo que no existe un stock completo como el citado anteriormente.

La fábrica RFV Construcciones. Cia. Ltda. de los Ingenieros Carrasco, que más adelante detallaré, se encarga de la construcción, transporte y montaje de elementos prefabricados de Hormigón Pretensado y Hormigón Armado, para edificaciones y puentes; dispone dentro de su stock los siguientes elementos estructurales:



- **Superestructura**

Conformada por el tablero y la estructura que la soporta, es decir; la losa que conforma el piso, apoyadas en las vigas principales o viguetas para la transmisión de las cargas.

Dentro de los elementos disponibles están: Vigas I, Doble T, Losas Macizas y Prelosas.

Vigas I: Utilizadas para puentes luces entre 15 y 35 metros, se establece el límite mínimo debido a que para luces menores, no se justifica la utilización de Vigas I por el costo, se podría remplazar por el uso de otros elementos como por ejemplo vigas doble T o prelosas.

A continuación se presenta en la Tabla # 1, el tipo de Viga I disponible, con su respectiva sección, peso, dimensiones y la luz máxima admisible de acuerdo a la carga de diseño:

Tipo de Viga	Sección (m ²)	Peso por metro	Luz máxima (m)			Dimensiones en cm								
			HS-MOP	HS2044	PEATONAL	a	b	c	d	e	f	g	h	i
I - 70	0.1613	387 Kg	12	16	Variable	45	5	5	45	7.5	7.5	45	70	15
I - 105	0.2287	549 Kg	22	24		45	5	7.5	72.5	10	10	45	105	15
I - 120	0.2712	615 Kg	30	30		35	10	7.5	75	12.5	15	45	120	15

Tabla 1 Propiedades de las Vigas I. Fuente: Catálogo de Elementos hormigón pretensado para puentes Fábrica Carrasco RFV Construcciones.

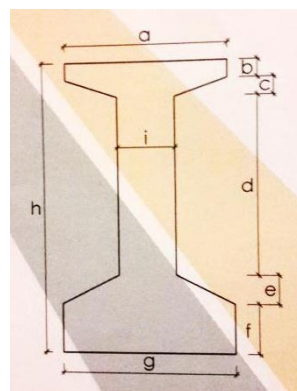


Foto 30. Sección vigas I



Foto 31. Vigas I, Puente Charasol - Azogues
Fuente: C-RFV construcciones

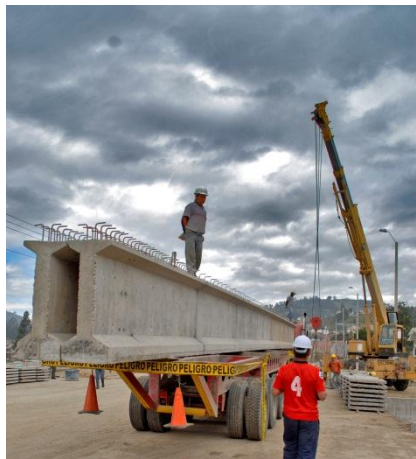


Foto 32 Vigas I, Puente La Calera
Fuente: C-RFV construcciones

Losas Doble T: Utilizadas para puentes luces menores a 15. Para puentes, las Losas Doble T no tienen alas para que esto le permita resistir una mayor carga.

En la Tabla #2, se muestra las propiedades de las variantes de losas doble T; con su respectiva sección, dimensiones y la luz máxima admisible de acuerdo a la carga de diseño:

Tipo	Luz máxima en m			Dimensiones en cm	
	HS-MOP	HS2044	PEATONAL	a	h
DT - 35	10	11	15	100	35
DT - 60	15.50	16.50	19	125	60

Tabla 2 Propiedades de las Losas Doble T. Fuente: Catálogo de Elementos hormigón pretensado para puentes Fábrica Carrasco RFV Construcciones.



Foto 33. Losas Doble T. Puente de la cárcel
Fuente: C-RFV construcciones

Losas Macizas y Prelosas: Utilizadas para puentes luces menores a 8m. Tiene un peralte de 20 cm, se usan en puentes en los que la altura libre es más importante que el consto que implica el uso de estos elementos. Por eso son frecuentemente utilizados en pasos a desnivel.



Foto 34 Prelasa prefabricadas Fuente: C-RFV construcciones

- **Sub estructura**

Compuesta por estribos y lo apoyos intermedios o vigas transversales en puentes de varios tramos.

La Constructora ofrece muros, estribos, y cimentaciones, estos elementos son producidos para edificaciones, pero que pueden ser adaptados para puentes, como por ejemplo, los muros del parque de la madre, el sub suelo del edificio Portal del Ejido, o la edificación de Mirasol



3.2.2 Componentes del hormigón

En la elaboración de vigas prefabricadas para cubrir grandes luces, se utiliza la técnica del pre tesado; ésta técnica se puede presentar en dos variantes: Pretensado y Postensado. Dentro del cantón Cuenca, la técnica más utilizada es la del Hormigón pretensado, por lo que se la detalla a continuación:

Se conoce como hormigón pretensado a la técnica de construir elementos estructurales sometidos a tensiones previas intencionalmente aplicadas, con el fin de formar un nuevo estado tensional dentro de límites establecidos para obtener un nuevo elemento de mejores características.

Es decir, que antes de estar sometido a las cargas de servicio, el estado tensional creado contrarresta al que se producirá con la aplicación de las mismas, de modo que el hormigón no supere los esfuerzos de compresión y tensión que es capaz de resistir; mejorando así la capacidad de soporte de la estructura.

La pre-compresión que el pretensado aplica al hormigón, disminuye los esfuerzos de tracción indeseables y evita el agrietamiento que producen. Esto también permite el control de deflexiones, siendo una gran ventaja sobretodo dentro de los puentes ya que permite diseñar luces mayores, con secciones transversales más pequeñas.

Materiales del Hormigón Pretensado

El hormigón pretensado esta conformado básicamente por el hormigón, acero pasivo o de armadura (corrugado) y el acero de pretensado.

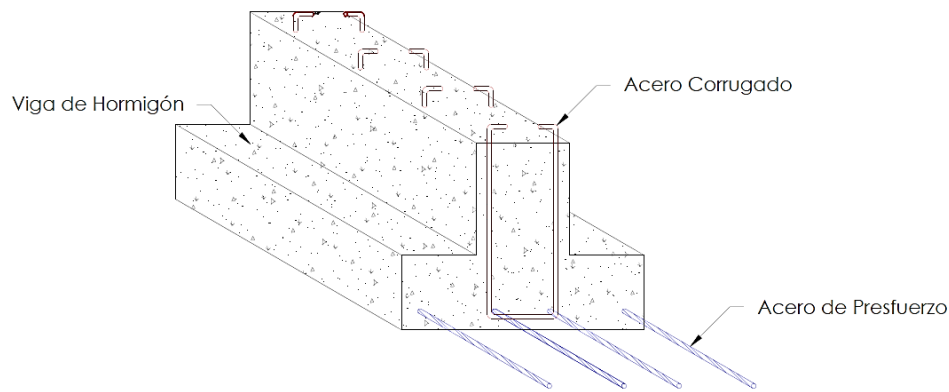


Foto 35 Esquema de estructura del hormigón pretensado

Hormigón: El hormigón requerido, es un hormigón de altas resistencias ya que tendrá que soportar esfuerzos y estados de carga mayores a las del hormigón normal. (Peñaloza Curipoma, 2014). Las altas resistencias ayudan a reducir la sección del elemento, obteniendo un ahorro en carga muerta permitiendo así grandes luces. (Flores Sigüenza, 2005)

En la práctica, sobre todo se trabaja en fábrica donde se permite un mejor control de calidad, se pueden alcanzar resistencias entre 400 kg/cm² y 500 kg/cm².(Carrasco Castro, 2010)

En el caso de la fábrica RFV, alcanzan resistencias entre 350 y 500 kg/cm², de acuerdo a las exigencias del elemento, para ello se apoyan con los elementos que componen al hormigón, por ejemplo: utilizan arena lavada, ripio de $\frac{3}{4}$ de pulgada, cemento Holcim HE 500 kg/m³, mantiene una relación agua-cemento menor a 0.41, complementado con el aditivo Sika Viscocrete 2100.



Foto 36 Tolvas con Agregados para la dosificación en la preparación de hormigón Fábrica C-RFV construcciones



Acero de refuerzo: Es el acero comúnmente utilizado en el hormigón armado, con su límite de fluencia de 4200 kg/cm², se le dice pasivo debido a que no es él quien reacciona con los esfuerzos de tesado pero sirve de armadura dentro de los elementos.



Foto 37 Acero de refuerzo
Fábrica C-RFV construcciones

Acero de pre-esfuerzo:

El acero utilizado es un acero de alta resistencias, es decir de mayor elongación al de refuerzo normal, de modo que sea capaz de resistir altísimos esfuerzos de tensión para mantenerlo aun con la pérdida que implica las deformaciones del hormigón. (Peñaloza Curipoma, 2014)

Al decir acero de alta resistencia, se refiere al acero de grado 270 Ksi, que alcanza un esfuerzo de rotura de $f_{pu}=19000$ Kg/cm², 3 veces más que un acero de refuerzo normal. (Carrasco Castro, 2010).

El acero de pre esfuerzo puede presentarse de tres maneras: Alambres redondos, Cable trenzado o torón, Varillas de aleación; sin recubrimiento de ningún tipo para mejorar su adherencia con el hormigón (Peñaloza Curipoma, 2014)

Los más utilizados, son los torones de 7 hilos, 6 de ellos trenzados a un recto



que se encuentra en el centro, lo que le mejora sus propiedades mecánicas. Los cables que lo conforman deben cumplir con la Norma ASTM A416. (Carrasco Castro, 2010)

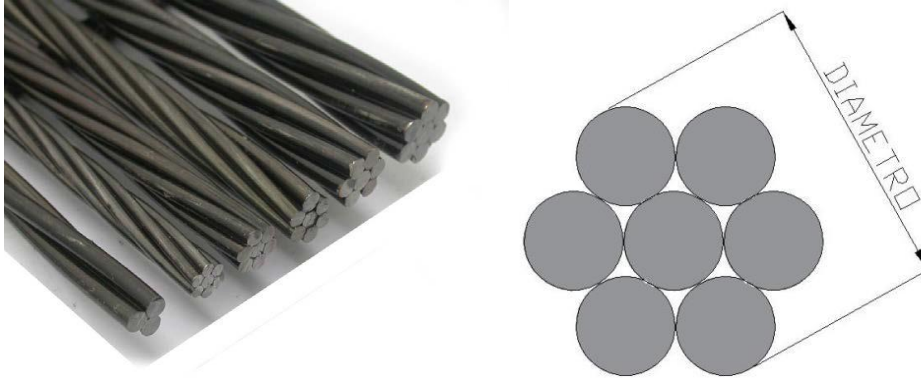


Foto 38 Esquema de torones para pretensado.



Foto 39 Disposición del Acero de Preesfuerzo
En una viga I Fábrica C-RFV construcciones

3.3 Instalaciones de Producción, medios de transporte y de montaje

3.3.1 Instalaciones de producción

Como se mencionó anteriormente, dentro de nuestro medio, fábricas que provean de elementos para puentes es la fábrica RFV Construcciones. Cía. Ltda. de los Ingenieros Carrasco. Ubicada a 3 Km. del distribuidor vial de



Guarancucho, vía a Jadán.

Inicia su producción en el año de 1997 con elementos prefabricados menores como: tapas, pozos para alcantarillado, etc, hasta que en el año 2002 empieza con la producción de elementos mayores para edificaciones y puentes. Hoy en día, cuenta con un sistema propio de producción (moldes y maquinaria), así como el conocimiento y la experiencia de su personal, lo que demuestra en la calidad de su producto.



Foto 40 Infraestructura Fábrica C-RFV construcciones



Foto 41 Área de doblado de acero de refuerzo Fábrica C-RFV construcciones



Foto 42 Puente Grúa, manipulación de elementos
Fábrica C-RFV construcciones



Foto 43 Tolvas de dosificación de material
Fábrica C-RFV construcciones

3.3.2 Medios de Transporte

Al tratarse de elementos de gran magnitud, se utilizan combinaciones vehiculares de tracto-camiones acoplados con semirremolques y plataformas. Doles, que son plataformas hidráulicas autoposicionantes que se adaptan a la geometría de la vía.

El transporte de los elementos se debe realizar con sumo cuidado para que no se produzcan esfuerzos ni deformaciones permanentes en los mismos.



Foto 44 Plataforma de transporte eje tándem para el transporte de elemento prefabricados
Fuente: C-RFV construcciones

3.3.3 Medios de Montaje

Al ser elementos de magnitud y peso considerables se usan grúas industriales.

En el capítulo 16 del ACI 318-14; así como en el capítulo 500 del manual NEVI12 volumen 3. Se recomienda considerar dentro del diseño, las fuerzas que se producen con la manipulación de elementos desde la fabricación hasta el montaje, de modo que no se produzcan esfuerzos ni deformaciones permanentes que dañen el elemento.

Recomiendan también que los elementos de la estructura deben ser colocados en su posición definitiva, de acuerdo a las cotas indicadas en el proyecto para garantizar un adecuado alineamiento e integridad estructural al momento del montaje.



Foto 45 Grúa hidráulica utilizada para el montaje de los elementos prefabricados
Fuente: C-RFV construcciones



Foto 46 Montaje de vigas I en el puente la calera, se utilizan dos grúas hidráulicas para un mejor manejo del elemento. Se aprecia también el trabajo coordinado del personal al momento del montaje para un correcto alineamiento
Fuente: C-RFV construcciones



Foto 47 Plataforma de transporte eje tándem para el transporte de elemento prefabricados
Fuente: C-RFV construcciones



3.4 Condicionantes al diseño

Como recomendaciones a cerca del diseño, manejo y montaje de los elementos prefabricados, tenemos como referencia el Código ACI 318-14 en el capítulo 16 (Hormigón Prefabricado), y en su capítulo 18 sobre los elementos pretensados, también se tiene como referencia las normas AASHTO, Manual NEVI 12 volumen 3 dentro del capítulo 500, CPE INEN 5.

Todas coinciden dentro de sus especificaciones en que se deben considerar en su diseño el comportamiento del hormigón pretensado dentro de sus diferentes etapas: Diseño al destensar el elemento, Diseño al colocar una carga muerta sobre el elemento, Diseño por cargas de servicio (elástico) a flexión, Diseño última resistencia a flexión y cortante. Por lo que se debe tener un control desde la elaboración hasta el montaje del elemento.

El diseño de elementos pretensados, se debe tomar medidas sobre los efectos que producen las deformaciones plásticas y elásticas, deflexiones, cambios de longitud y rotaciones provocadas por el pre esforzado considerando también efectos de retracción y temperatura.

3.5 Estimación del grado de aplicación

Como se citó anteriormente, el campo de aplicación de las estructuras prefabricadas es muy amplio, desde la prefabricación ligera como: Tubos, canales y acequias, entrepisos para viviendas, hasta la pesada como: Elementos para sistemas hidráulicos (presas), abastecimiento de agua potable, Edificaciones comerciales e industriales, muros de contención, cimentaciones, construcción de puentes, pasos a desnivel, pasos peatonales, etc.

Dentro de la construcción de puentes, se pueden prefabricar elementos tanto de su infraestructura como de su superestructura:

- **Tableros de vigas:**
 - Tableros de vigas I
 - Tableros de vigas U o artesa
 - Tableros de monovigas (vigas artesa únicas)



- Tableros de vigas artesa con junta longitudinal
- Tableros losa de vigas en T invertida

- **Losas de tableros de vigas:**
 - Losas de encofrado perdido entre vigas
 - Prelosas o semilosas entre vigas o con vuelos exteriores
 - Losas de espesor completo
 - Losas para tableros de vigas metálicas

- **Tableros de dovelas:**
 - Dovelas de sección completa o incompleta
 - Dovelas de sección completa unidas por la losa de tablero
 - Dovelas unidas por las losas superior e inferior

- **Estribos:**
 - Estribos de tierra armada
 - Estribos de elementos verticales en cantiléver
 - Estribos de gravedad
 - Estribos de viga flotante sobre terraplén

- **Cimentaciones:**
 - Pilotes bajo encepados “in situ”
 - Pilotes formando fustes de pilas pórtico
 - Zapatas

- **Elementos auxiliares:**
 - Impostas y bordillos
 - Aceras
 - Barreras de seguridad

Dentro del Cantón Cuenca, como campo de estudio, se encuentran: Vigas I, Losas Doble T, Losas Macizas y Prelosas, presentes en puentes viales, peatonales y pasos a desnivel.

En el acceso al nuevo centro de rehabilitación social, ubicado en la parroquia



Turi del cantón Cuenca, se encuentra el nuevo puente elaborado con una secuencia de losas doble T, sobre la cual se coloca el respectivo contrapiso de hormigón; el puente tiene una luz de 15 metros y esta bajo el cargo del Ing. José Vásquez.



Foto 48 Puente de Acceso al centro de Rehabilitación Social de Turi. Montaje de sus elementos
Fuente: C-RFV construcciones

El Ing. Fernando Zalamea fue parte de proyecto de ampliación del puente de la Calera, necesario para el nuevo paso del tranvía. Este consta de vigas I sobre la cual se ponen prelasas prefabricadas para después hormigonar su capa de rodadura.



Foto 49 Ampliación del puente La Calera para el proyecto tranvía
Fuente: C-RFV construcciones

En el sector de soldados, también se incorpora un puente de vigas I, para mejorar la calidad de vida de los usuarios sobretodo para el comercio de sus productos



Foto 50 Puente de Acceso a la comunidad de Soldados

Como parte del proyecto tranvía, esta la mejora de los puentes sobre los Ríos Yanuncay, Tomebamaba y Milchichig. A continuación en la Foto se muestra el puente sobre el río Yanuncay, en la avenida de las Américas. El puente consta de Vigas I, colocadas sobre los estribos y sobre ellas la prelosa.



Foto 51 Mejoramiento del Puente Yanuncay para el proyecto tranvía con sistemas de prefabricados.

Otra aplicación de las Vigas I, son los pasos a desnivel, como por ejemplo el de la avenida de las Américas a la altura la Av. Ordoñez Lazo



Foto 52 Paso a desnivel, Avenida de las Américas, Redondel avenida Ordóñez Lazo.



Una aplicación de las Losas doble T, es un puente que sirve de retorno en la autopista vía a azogues, el puente es construido por la fábrica C-RFV por contrato de la nueva estación de Servicio Primax. Esta ubicado tras la gasolinera y conecta directamente con el puente Sixto Durán Ballen.



Foto 53 Puente de retorno, autopista Cuenca – Azogues, Estación de Servicio Primax.

Los prefabricados, también pueden se utilizados en pasos peatonales, como es el caso del puente en el sector del Salado, construido como parte de la fase de recuperación de la Quebrada, consta de una viga doble T a la que se acoplan los barandales de madera.



Foto 54 Puente Peatonal, Quebrada del Salado.



3.6 Evaluación

La prefabricación dentro de Cuenca, en términos generales no es una tecnología muy utilizada, pero haciendo una comparación entre la prefabricación en edificaciones y elementos de puentes, el campo de los puentes e infraestructura vial es más desarrollado, por la complejidad que implica el encofrado y hormigonado sobretodo en lugares en donde los espacios son reducidos, luces de los puentes grandes, lugares en donde el tráfico no puede ser paralizado, etc.

La empresa productora C-RFV, ha impulsado el uso de esta tecnología, socializando orgullosos sus avances en la producción y los beneficios que conllevan a todos aquellos constructores que quieran formar parte de ella, en al conferencia abierta al público en la semana de la ingeniería, auspiciada por el Colegio de Ingenieros Civiles del Azuay.

Dentro de la enseñanza universitaria, desde el periodo marzo – agosto de 2015, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca ha introducido dentro de su malla curricular la asignatura “Tecnología de la Construcción”, con una metodología de enseñanza en el que el alumno interactúa con los miembros activos de la construcción; ingenieros, arquitectos, albañiles y va conociendo las ventajas y la reacción de estas personas ante las tecnologías tradicionales y prefabricadas.



CAPITULO IV

4. CONSTRUCCIONES PREFABRICADAS METÁLICAS

4.1 Descripción y principios básicos

Los primeros puentes metálicos construidos fueron de hierro fundido y posteriormente de hierro forjado, hasta que a finales del siglo XIX, el inglés Henry Bessemer patentó el acero, produciéndolo de forma industrial y a costo accesible, lo que revolucionó la construcción gracias a la alta resistencia por unidad de peso y la facilidad en la fabricación de este nuevo material, permitiendo puentes más largos y livianos que los logrados con hormigón.

El acero es utilizado para la construcción de elementos de la superestructura de los puentes o de las bases de mismo, pueden ser cables para puentes colgantes y atirantados, o como base de refuerzo para losas de hormigón armado (puentes mixtos) o refuerzos en bases, cimientos, vigas y plataformas.

Entre las ventajas de la construcción de puentes de acero podemos citar:

- Las propiedades no cambian con el tiempo, como ocurre con el hormigón tanto en sección como en composición.
- Es un material, considerado como ideal, es decir que las condiciones reales del material se asemejan más a la hipótesis de diseño, lo que implica una mayor confiabilidad.
- Es dúctil lo que hace que soporte de mejor manera grandes deformaciones evitando fallas tempranas en la estructura.
- Constructivamente, puede ser prefabricado en plantas y transportado hacia la obra, lo que permite que se avancen con trabajos necesarios como armado y fundido de estribos, antes de la llegada de las piezas de acero.



- Presenta gran facilidad de unir sus piezas debido los diferentes tipos de conexión que existe entre este material; como por ejemplo suelda, pernos, placas, etc.
- El montaje de las piezas, es mucho más rápido que con las de hormigón pre esforzado gracias a su bajo peso.
- Es versátil en la construcción, es decir, se adapta a cualquier forma arquitectónica
- Tiene un alto grado de control de calidad debido a la producción en fábrica en donde se puede realizar correcciones menores. Además se cuenta con un certificado de calidad de parte del proveedor del acero para la fabricación de elementos.
- Después del montaje, se pueden reforzar los elementos portantes con elementos rigidizadores como ángulos, placas, etc.
- El material puede ser reciclado; cuando las estructuras aun se encuentran en buen estado, pueden ser utilizadas para otras estructura, como es el caso de puente que existía en el sector de La Asunción y fue reubicado en el sector de Patamarca. También puede ser fundido y utilizado en a fabricación de acero de refuerzo.

4.2 Tipos de prefabricados en elementos y componentes metálicos

4.2.1 Tipos de prefabricados en elementos

En nuestro medio, la mayor productividad de puentes con acero estructural, se da en los puentes mixtos o puentes de viga; es decir vigas I o de cajón metálicas apoyadas sobre la infraestructura del puente y sobre ellas una losa de hormigón armado; esta puede ser maciza o alivianada, pudiendo llegar a ser tan liviana como un puente metálico en su totalidad, también se pueden encontrar superestructuras de armadura.

Superestructuras de viga: Las Vigas son el tipo más económico para el armado de puentes, tanto para luces pequeñas y medianas; pude alcanzar



luces de hasta 200 m de acuerdo al tipo de acero que utilice. Para conformar estos perfiles, se sueldan placas de acero formando los de tipo I o de cajón. (Santos Villacrés, 2014)



Foto 55 Superestructuras en viga
Fuente: Arq. Patricio Aguirre

Superestructura de armadura: Una armadura es una estructura organizada con miembros triangulares sometida a esfuerzos axiales, que trabaja como una viga pero tiene mayor rigidez y son mucho más livianas logrando un ahorro de acero, que es contrarrestado por los costos de armado; por lo que las hacen económicas para luces mayores a 150 metros y pueden llegar a 270 metros en luces simples (simplemente apoyadas), para luces mayores con el sistema de construcción en cantiléver se puede llegar a luces de 500 metros. (Santos Villacrés, 2014)



Foto 56 Superestructuras en Celosía
Fuente: google.com.ec



4.2.2 Componentes metálicos

Acero Estructural: El acero estructural es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98%) y carbono (menor al 1%), además de silicio, manganeso, azufre, fósforo y otros elementos en menor proporción. El contenido de carbono modifica las características del acero, como la dureza y la resistencia, de ahí se definen los grados, tratando que no se pierda el límite de fluencia. (McCormac, 2002)

Para la fabricación de puentes en nuestro medio los aceros más utilizados son: el A36 y el A588. El Acero ASTM A588/A588M; conocido también como acero “patinable”, es un Acero Estructural de Alta Resistencia y Baja Aleación con Esfuerzo de Fluencia Mínimo de 50 ksi (3514 kg/cm²) y espesor hasta 4 plg. (100 mm), cubre perfiles, placas y barras unidas por remaches, tornillos o soldada. Es resistente a la intemperie; es decir a la corrosión atmosférica, y con un manejo adecuado hasta puede ser usado sin pintura. (ASTM, 2004)



Foto 57 Planchas de acero estructural, A588
Fuente: ec.clasificados.com

4.3 Instalaciones de Producción, medios de transporte y de montaje

4.3.1 Instalaciones de Producción

La producción de elementos prefabricados de acero se realiza en talleres con las condiciones adecuadas y el personal calificado.

En el Cantón Cuenca, para elementos de puentes de acero, encontramos la



fábrica del Arquitecto Patricio Aguirre, ubicado en el Barrio Cruce de Monay, en la vía Baguanchi - Paccha.

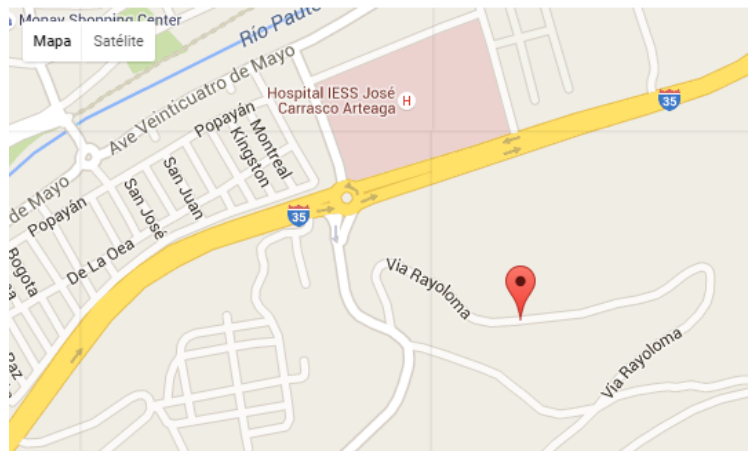


Foto 58 Ubicación Talleres Arq. Patricio Aguirre
Fuente: google.com.ec

El Arq. Patricio Aguirre, graduado en la universidad de Cuenca en el año 1980, cuenta con una experiencia en la construcción de puentes de 20 años, a nivel nacional, llegando a trabajar con instituciones como: Hidalgo & Hidalgo S.A, Unidad de Gestión Europa-Ecuador, I. Municipalidad de Gualaceo, Constructora Sarmiento Terreros, CONSORCIO RM, Construcción Cía. Ltda., FOPECA S.A., Asociación Constructora Mazar Impregilo Herdoiza Crespo, Ministerio de Obras Públicas, Técnica General de Construcciones y CONSERMIN S.A.

El taller cuenta con un área de aproximadamente 1250 m², en donde se realiza la limpieza del material, trazado, corte y armado de los elementos de la estructura.

Dentro del personal de trabajo se cuenta con un ingeniero mecánico, y soldadores capacitados. Todos profesionalmente actualizados.



Foto 59 infraestructura Talleres Arq. Patricio Aguirre
Fuente: www.patricioaguirre.com



Foto 60 Puente grúa con tecla de 10 toneladas para manipulación interna de elementos. Talleres Arq. Patricio Aguirre



Foto 61 Equipo de soldadoras. Talleres Arq. Patricio Aguirre

4.3.2 Medios de Transporte

Para el transporte de los elementos se utilizan trailers, camiones en cuyas plataformas posteriores se fijan los elementos de acero con ganchos y cadenas; no se presenta mayor problema en el transporte, ya que las dovelas son normalmente de 12 metros y se arman en el campo; de modo que la longitud de los las plataformas se acopla a la geometría de la vía.

Dentro de la NEVI 12 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas se recomienda tener las siguientes consideraciones para la manipulación, transporte y almacenamiento de elementos:

- La manipulación para la carga, descarga, transporte y mantenimiento se debe realizar con el cuidado suficiente para no generar esfuerzos no considerados en los elementos, para no dañar la geometría y de los elementos. De ser necesario se protegería las zonas que estarán en contacto con los cables, cadenas, o ganchos utilizados en la manipulación.
- El peso del elemento deberá constar en las guías de emisión del taller de producción, y aquellos cuyo peso exceda de 3 toneladas deberá llevar una marca que lo identifique.
- Las partes salientes de cada elemento que corran peligro de sufrir algún



daño, deberán ser protegidas con madera o algún material que impida que se doblen o dañen.



Foto 62 Plataforma de transporte



Foto 63 Camión con plataforma cargada con vigas
Fuente: www.patricioaguirre.com

4.3.3 Medios de Montaje

Como medios de montaje interno; es decir para manipular las dovelas y colocarlas adecuadamente sobre las plataformas, se utilizan pórticos estructurales con puentes grúa en cuyos extremos están colocados tecles para levantar las estructuras.



Foto 64 Pórtico con tecla de 5 toneladas para manipulación de dovelas



Foto 65 tecla de 5 toneladas para manipulación de dovelas

En obra, para el armado de las vigas, se traslada este pórtico estructural con los tecles, para manipular las dovelas y proceder a soldarlas unas con otras hasta lograr la longitud deseada.



Foto 66 Armado de vigas con ayuda del pórtico estructural
Puente el Salado Grande. Carretera Guamote-El Atillo-9 de Octubre- Macas
Fuente: www.patricioaguirre.com

Para el lanzamiento de las vigas y conformar la estructura del puente se puede realizar de dos maneras: Lanzamiento con contrapesos o lanzamientos con grúas.

Lanzamiento con contrapesos: Consiste en colocar rieles en los extremos del puente, por donde se deslizarán las vigas desde un extremo hacia el otro.

Para que la viga no se voltee, se suelda una “nariz de lanzamiento” tipo celosía, muy liviana, en la parte delantera de la viga para ganar longitud y en la parte de atrás un contrapeso.

Las vigas se arman sobre los rieles que fueron diseñados para que las vigas puedan rodar sobre ellas empujadas por el extremo donde está el contrapeso, hasta que esté en su posición final, luego son descendidas hasta ser colocadas sobre los respectivos estribos.

En cada lanzamiento se colocan 3 vigas, estas son arriostradas entre sí previamente para evitar el fenómeno de Pandeo lateral torsionante que puede darse al ser elementos esbeltos. Durante el proceso, se debe verificar y rectificar el alineamiento de las vigas.

En la siguiente serie de imágenes se muestra, el proceso de montaje de las vigas ASTM A588 para el puente sobre el Río Jurumbaino, en la provincia de Morona Santiago como parte del proyecto de mejoramiento de la vía Macas – Riobamba. Obra realizada por el Arq. Patricio Aguirre para la empresa



Foto 67 Lanzamiento del contrapeso o nariz de montaje
Fuente: Arq. Patricio Aguirre



Foto 68 Primeras vigas colocadas
Fuente: Arq. Patricio Aguirre



Foto 69 Lanzamiento del segundo tramo sobre el primer tramo colocado
Fuente: Arq. Patricio Aguirre



Foto 70 Deslizamiento del segundo tramo hasta su posición correspondiente
Fuente: Arq. Patricio Aguirre



Foto 71 Descenso de la viga hasta apoyarla sobre los estribos
Fuente: Arq. Patricio Aguirre



Foto 72 Vigas descendidas hasta el estribo correspondiente,
Fuente: Arq. Patricio Aguirre



Lanzamiento con grúas: Consiste en montar las vigas de una en una con la ayuda de grúas. En el taller consultado, no se recomienda por ser un método costoso, por lo que se ve más conveniente el lanzamiento con contrapesos.



Foto 73 Montaje de estructuras con grúa
Fuente: <http://www.esacero.com>

4.4 Condicionantes al diseño

Las consideraciones para el diseño y construcción de puentes de acero estructural podemos encontrar en las siguientes normativas:

- Especificaciones ANSI/AISC 360 – 10 para construcciones en acero.
- NEC 2014 capítulo 5 referente a estructuras de acero.
- Bridge Welding Code (AWS D1.5). Especificaciones para Soldadura en Puentes de Carretera.
- American Society for Testing and Materials (ASTM A588 y A6). Especificaciones de los Materiales.
- Normativa NEVI12 Volumen 3 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO).

De acuerdo a las especificaciones AISC; el diseño se realiza de acuerdo al método de factores de carga y resistencia (LRFD) o en base a las resistencias



admisibles (ASD)

En donde se considera la resistencia requerida de acuerdo a las combinaciones de carga y la compara con resistencias nominales, el diseño se encuentra correcto siempre y cuando la resistencia de diseño sea mayor o igual a la requerida.

El diseño deberá considerar los siguientes puntos:

- Diseño por estabilidad
- Diseño de conexiones simples o de momento
- Diseño para condicione de servicio
- Diseño considerando acumulación de agua
- Diseño a fatiga
- Diseño contra incendios
- Diseño contra la corrosión
- Anclajes con el hormigón

Se recomienda incluir cargas de construcción, lo que interviene la manipulación, transporte y montaje de la estructura.

4.5 Estimación del grado de aplicación

El acero tiene un amplio campo de aplicación en la construcción, entre los principales podemos citar:

- Edificios Metálicos: Galpones, Mezanines (Pisos Metálicos), Cubiertas, escaleras, cercas, aumentos de edificios
- Hangares, Naves Industriales con su cimentación y obras civiles complementarias.
- Puentes metálicos pueden ser: Vehiculares, Peatonales Puentes Colgantes, Atirantados, Celosías, vigas I, Reparación de Puentes con Problemas.



- Plantas Industriales: Montaje de Equipos Puentes Grúas.
- Torres de transmisión, Torres de comunicaciones y Chimeneas.
- Estructuras especiales: Estructuras Colgantes, Estructuras en Arcos (directriz circular, parabólica, catenaria, elíptica) y celosías.
- Fabricación de Tanques, Silos y tolvas de toda medida.
- Compuertas para represas hidráulicas.

En lo referente al tema de trabajo, se citarán algunos ejemplos de aplicación en puentes dentro del cantón:

Puente de Todos Santos, se utilizaron dos arcos con elementos de acero arriostrados como parte de la ampliación del puente de losa de hormigón armado existente.



Foto 74 Puente sector Todos Santos, puente en arco de acero estructural ASTM A588
Fuente: www.am-sur.com

Dentro de las obras que ha realizado el Arq. Patricio Aguirre está el paso peatonal de Nulti, construido en el año de 1998, de luz de 51.30 m en un tramo sobre el río y 37.43 m sobre el Río Cuenca.

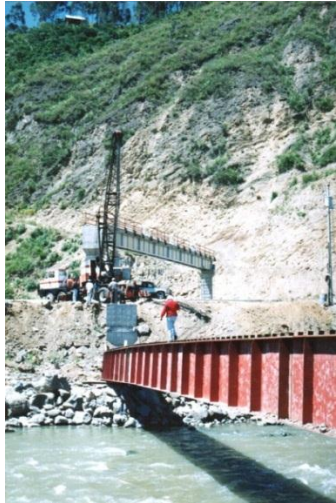


Foto 75 Paso peatonal Nulti
Fuente: www.patricioaguirre.com

Otra obra es la construcción, transporte, montaje y lanzamiento de las vigas metálicas para el Puente Nulti Sur, cuenta con una luz de 70.5 metros.

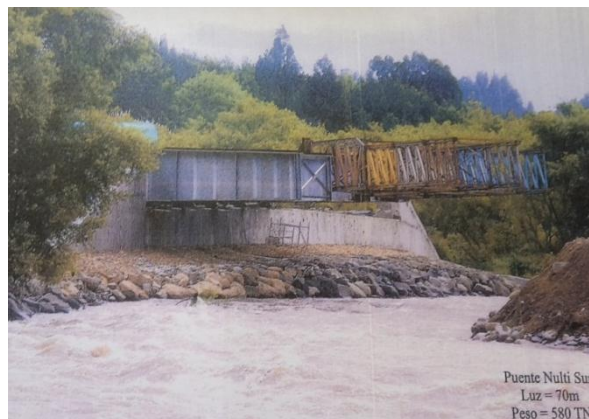


Foto 76 Construcción Puente Nulti Sur – Año 2007
Fuente: www.patricioaguirre.com



También se cita el puente sobre el Río Tomebamba, ubicado en el Paso 3 de Noviembre y Los Cerezos, sector Colegio Ciudad de Cuenca. EL puente de 19 metro de luz, consta de una estructura metálica de vigas I de 1.20 metros de peralte, la capa de rodadura es de hormigón Armado de 300 Kg/cm², fundido sobre placa colaborante; “Novalosa”. La construcción la realiza el Ing. Jorge Amaya.



Foto 77 Puente, Sector Ciudad de Cuenca. Ing Jorge Amaya



Foto 78 Rigidizadores en vigas, riostras entre vigas

Una estructura similar, presenta el Puente sobre el Río Tarqui, detrás del centro comercial Mall del Rio, construido con ayuda del Ing. Fredy Correa. Los elementos de acero fueron traías desde la ciudad de Guayaquil ya que en el Cantón no existen fábricas que las provean.



Foto 79 Puente mixto, Sector Mall del Río



Foto 80 Vista en perfil del puente Mall del Río

Otros ejemplos, con elementos metálicos, son los puentes construidos por el Ministerio de Transporte y obras públicas en el tramo Guangarcucho - Azogues de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián. Uno de los puentes esta sobre el Río Cuenca, con una luz aproximada de 150 metros.



Foto 81 Puente Sobre el Río Cuenca. Construcción MTOP
Fuente: www.eltiempo.com.ec



En las vigas en arco de los puentes peatonales ubicados en las riveras del Río Tomebamba, El paso peatonal frente al Hospital Regional, tiene una luz de 25 metros y de ancho de 5 metros. Su estructura es arqueada con 3 vigas metálicas redondas ASTM 588 y tablero de madera. EL diseño esta a cargo de la Empresa Raster del Ing. Fernando Zalamea.



Foto 82 Armado de pasarela peatonal sobre el Río Tomebamba
Fuente: www.elmercurio.com.ec



Foto 83 Colocado del tablero en pasarela peatonal sobre el Río Tomebamba
Fuente: www.elmercurio.com.ec

4.6 Evaluación

El uso de las estructuras metálicas dentro del cantón Cuenca se aprecia principalmente en las estructuras de grandes edificios en el perímetro urbano, ya sea para centros comerciales o bloques de departamentos.

En cuanto a puentes, dentro de la ciudad el número de puentes de acero o



mixtos es reducido comparado con los de hormigón, no por falta de conocimiento a cerca de la tecnología, sino por la conveniencia económica y estructural de acero en puentes de luces mayores a 50 metros; luces que no se encuentran dentro de la zona urbana.

El conocimiento de la tecnología se atribuye a la enseñanza desde las aulas universitarias, el diseño y aplicación de las estructuras de acero.

De los puentes con elementos de acero, en su mayoría son peatonales y de estructura arqueada, en donde no se necesita una cimentación mayor y la carga a la que son sometidos no es significativa en comparación con los puentes vehiculares además de resultar baratos en luces pequeñas.

En las afueras de la ciudad, otros cantones y provincias, especialmente en el oriente su principal opción en construcción siempre será el acero, por su alta relación resistencia/peso, facilidad de montaje por lo que abarata costos y reduce el tiempo de ejecución de la obra. Es por ello que se asume la carencia de plantas de fabricación de elementos para puentes dentro del entorno.

La relación entre el costo de la construcción de puentes relacionado con la luz y el material, mediante la siguiente grafica, se confirma que para luces pequeñas, las estructuras de acero resultan más costosas que las de hormigón armado y preesforzado. Para luces grandes, los metálicos son la opción más conveniente tanto económica como estructuralmente.

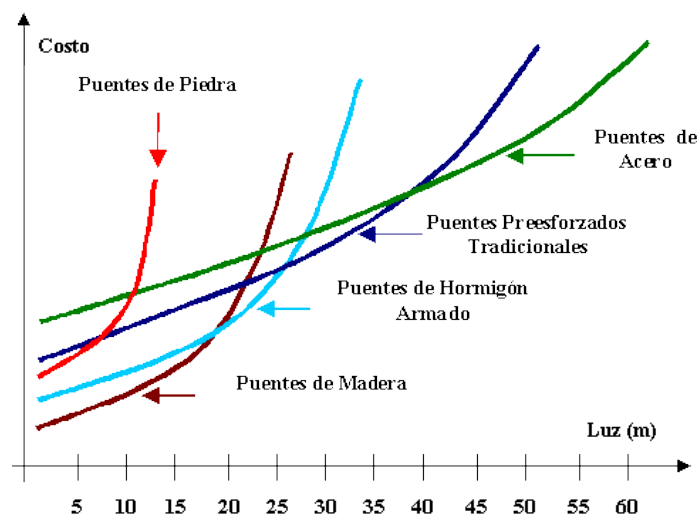


Foto 84 Relación Costo – Luz – Tecnología Constructiva.
Fuente: <http://publiespe.espe.edu.ec>



CAPITULO V

5. COLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a las evaluaciones y objetivos planteados dentro de este trabajo, se puede concluir que:

- De las fuentes de investigación analizadas para los puentes y viaductos en el cantón Cuenca, se encuentra la I. Municipalidad de Cuenca, en su departamento de Obras Públicas, en la que se pudo encontrar información sobre la construcción de puentes y viaductos dentro de la zona urbana y rural del Cantón Cuenca. Otra fuente de información la constituye el departamento de Vialidad del Gobierno Provincial de Azuay, donde se obtiene información de proyectos realizados en las zonas rurales del cantón, en especial de las parroquias más pequeñas y alejadas. Además cabe mencionar, la muy importante información brindada por los profesionales de la rama como ingenieros y arquitectos, siendo esenciales dentro de la ejecución de este trabajo.
- Habiendo obtenido toda la información de las diferentes tecnologías constructivas utilizadas en el cantón Cuenca, y clasificándolaS de acuerdo a las variantes: Hormigón Armado incluyendo los hormigonados in situ y premezclados, Prefabricados de Hormigón considerando los construcciones con la técnica del pretensado, y Prefabricados de Acero dentro de los cuales se consideró los puentes con superestructura de acero y losa de hormigón armado (puentes mixtos), se concluye que todas éstas tecnologías son aplicadas en la construcción de puentes y viaductos tanto en las zonas urbanas como rurales.
- Al evaluar la situación que presenta cada variante tecnológica de la construcción se concluye que:



- El Hormigón Armado es la Tecnología constructiva más utilizada, en el Cantón Cuenca con un porcentaje del 70% en relación a las demás tecnologías; tomando en cuenta el uso de hormigón mezclado en obra siendo el caso de los convenios parroquiales que tiene la Prefectura del Azuay; como el uso del hormigón premezclado en puentes de luces mayores ubicados en el área urbana del cantón.

Esta tecnología es la más aplicada gracias a la propiedad del hormigón de adaptarse a la forma del encofrado, pudiendo elaborarse puentes en viga, losa, arco, pórtico. A esto se le suma que para luces pequeñas resulta más económica aplicado este tipo de tecnología constructiva.

- En la aplicación de la tecnología con prefabricados de hormigón cabe mencionar que es adecuada para luces de mayor longitud que las de hormigón armado, ya que éstas cumplen con los estándares de calidad y seguridad adecuados para la construcción; esta tecnología ha ido ganando popularidad por sus ventajas en ahorro de tiempo en la construcción. En el cantón Cuenca, el stock de elementos prefabricados de hormigón es el necesario para cubrir las necesidades de los constructores.
- Según la investigación, la aplicación de la tecnología en puentes con prefabricados de acero, se encuentran en su mayoría fuera del área urbana para luces mayores a 50 metros siendo aquí óptimo el uso de esta tecnología por su alta resistencia y bajo peso. Su principal desventaja en relación a las tecnologías anteriores es la poca fabricación de estos elementos dentro del Cantón.
- En el Cantón Cuenca se encuentran aplicadas en los diferentes puentes y viaductos las tecnologías antes mencionadas en las cuales no se han observado problemas tanto en la estructura como en seguridad concluyendo que en los puentes de Hormigón Armado no ha existido mayor crecimiento tecnológico ya que se han mantenido los mismos procesos constructivos; en cambio en los prefabricados de hormigón, ha existido un avance tecnológico ya que se rige a normas y procesos



actuales para la elaboración de elementos prefabricados; hablando de los elementos prefabricados de acero tampoco ha existido un mayor crecimiento tecnológico en el cantón Cuenca debido a que no existe fabricación de estos elementos a gran escala.

5.2 Recomendaciones

- Para mejorar las fuentes de consulta e información, se recomendaría hacer un inventario de los puentes existentes dentro de Cuenca, con su respectiva ubicación y constructor, y mantener una misma nomenclatura ya que muchas veces se tiene diferentes asignaciones para un mismo puente.
- Para mejorar el grado de desarrollo tecnológico en la construcción se debe fortalecer los conocimientos básicos de las asignaturas mediante proyectos aplicativos en las diferentes obras civiles.
- Se podría implementar nuevas tecnologías constructivas mejorando las características del hormigón con nuevos compuestos como la fibra de vidrio, volviéndolo resistente al ataque de los factores medioambientales en especial de aquellas estructuras que están en contacto con el agua (Río o Mar) o con un medio ambiente húmedo; o con nuevas formas de alivianamiento y refuerzo como las fibras de polímero reforzado, pudiendo obtener estructuras de gran longitud y de bajo peso.



BIBLIOGRAFÍA

- A.V.B. (2010, June 6). Los puentes históricos sobre el Tomebamba. *Diario El Mercurio*. Retrieved from www.elmercurio.com.ec
- ACI318. (2014). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. US.
- Aquino, D., & Hernández, R. (2004). *MANUAL DE CONTRUCCIÓN DE PUENTES DE CONCRETO*.
- Astudillo, F., Astudillo, I., & Jara, P. (2014). *Utilización de sistemas constructivos industrializados existentes en el medio aplicados al diseño de: multifamiliar, centro educativo y centro de salud*.
- Carrasco Castro, F. (2010). *Hormigón pretensado. Diseño de elementos isostáticos*.
- CEAC, G. (2001). *Materiales de Construcción*. España.
- Escrig Pérez, C. (2010). Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón, 7. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2117/8398>
- Flores Sigüenza, C. A. (2005). *Ayudas al diseño en forma de tablas para la selección de vigas postesadas*. Universidad de Cuenca - Cujae.
- Guerrero Baca, L. F. (2006). Una Cultura Constructiva. *Apuntes*, 20, 182–201.
- Hue, F. (2007). Elementos prefabricados de hormigón en puentes. *Fabricación Investigación Y Aplicaciones Del Cemento Y Del Hormigón*, 79(908), 8.
- Jackson, D. (1972). *El Maravilloso Mundo de la Ingeniería*. (J. Dorado, Ed.) (primera). Madrid.
- Loja Suconota, M. (2015). *Investigación de las principales tecnologías constructivas de edificaciones utilizadas en la Ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Mattheib, J. (1980). *Hormigón armado*. Reverté.
- McCormac, J. C. (2002). *Diseño de estructuras de acero: método LRFD*. Marcombo.
- Monjo Carrió, J. (2005). La evolución de los sistemas constructivos en la edificación.



Procedimientos para su industrialización. *Informes de La Construcción*, 57(499-500), 37–54. <http://doi.org/10.3989/ic.2005.v57.i499-500.481>

NEC. (2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Ecuador.

NEVI12. (2013). Norma para Estudios y Diseño Vial (NEVI) - Volúmen 3. Ecuador.

Orozco, E. (2008). Notas sobre materiales, técnicas y sistemas constructivos. *Tecnología Y Construcción*, 24, 9–18. Retrieved from http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012008000200002&nrm=iso

Peñaloza Curipoma, B. A. (2014). *Análisis y diseño de elementos de hormigón pretensado*. Universidad de Cuenca.

Pérez-Somarriba, F. (1996). Las innovaciones tecnológicas en la arquitectura. *Informes de La Construcción*, (446), 5–13.

Rodríguez, G. (1977). reflexiones sobre algunos materiales de construcción y la industrialización de la edificación, 29.

Romo P, M. (2003). Curso de Puentes y Viaductos. *Escuela Politécnica Del Ejército*.

Saad, M. A. (1983). *Materiales de Construcción*. México.

Santos Villacrés, A. (2014). *DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA CON EL USO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN PUENTES METÁLICOS UTILIZANDO LA NORMA AWS D1.5*. Universidad Politécnica Nacional.

V.A Ghio, M. Campero, L. F. A. (1997). La Revista Ingenieria de Construccin. *Pontificia Universidad Catolica de Chile (Escuela de Ingenieria)*, 15, 48.

Zalamea, E. (2012). Mampostería Post-tensada . Una alternativa constructiva para Ecuador y regiones sísmicas Post tensioned masonry . A way to build in Ecuador and seismic regions.