

**Universidad Católica Santa María La Antigua**  
**Proyecto de Investigación**

Ing. Ernesto Ng

**Uso y aplicación de materiales no metálicos como refuerzo de concreto.**

La mayoría de las construcciones en nuestro medio utilizan estructuras de concreto reforzado. Las estructuras de concreto reforzado contienen barras de acero de refuerzo para resistir las tensiones. Tales estructuras como losas, vigas y columnas de concreto reforzado son una alternativa económica en nuestro medio.

Sin embargo las estructuras de concreto reforzado no están exentas de tener grietas las cuales se producen en las zonas de tensión.

El concreto reforzado se deteriora muy rápidamente en condiciones de humedad y ambientes agresivos debido a que por las rajaduras se atacan las barras de refuerzo. Al oxidarse las barras de refuerzo, el material se expande produciendo agrietamientos mayores en los elementos de concreto lo cual a su vez deja expuesto el acero de refuerzo haciendo que los elementos pierdan su capacidad a la flexión y lleguen al colapso.

En Panamá tenemos condiciones de alta humedad donde las estructuras de concreto se ven seriamente afectadas y se reduce considerablemente el ciclo de vida de las mismas.

Recientemente se han desarrollado nuevos materiales no metálicos en base de carbón reforzado, fibras de vidrio, fibras reforzadas de polímeros (FRPs) que permiten utilizar concreto reforzado para las estructuras pero que en lugar de utilizar barras de acero como refuerzo utilizan barras de fibras reforzadas de polímeros (FRPs).

Con la alternativa de poder utilizar estos nuevos materiales para reemplazar el acero de refuerzo se elimina la posibilidad del agrietamiento de las estructuras debido a la oxidación de las barras de refuerzo.

Estos nuevos materiales tienen un costo mayor y una serie de condiciones para su instalación que necesita ser estudiada. También es importante demostrar el comportamiento de estas barras bajo condiciones de flexión, compresión y cortante además de su compatibilidad con el concreto.

Nos proponemos estudiar varios aspectos:

Características mecánicas de los nuevos materiales. Será necesario estudiar el comportamiento de las barras sometidas a flexión, compresión y tensión. También las características de resistencia al fuego y cambios de temperatura.

Compatibilidad con el concreto. Será necesario estudiar el comportamiento de las barras dentro del concreto y la compatibilidad de las deformaciones de ambos materiales. La respuesta de los mismos bajo las condiciones de carga.

Respuesta del concreto reforzado con FRP bajo flexión, cortante y torsión. Es necesario realizar las pruebas de cargas de flexión, cortante y torsión a elementos de concreto reforzado con FRP.

Facilidades para la preparación (corte y doblado). Es necesario estudiar las condiciones de corte y doblado de las barras, así como las condiciones de instalación del mismo.

Costos de los elementos. Es necesario estudiar los costos de los nuevos elementos, incluyendo los costos de instalación.

Una vez determinados todos los aspectos técnicos y económicos de los elementos individuales de hormigón, se procederá a evaluar el uso de estos materiales en la construcción de nuevas obras sometidas a condiciones de agresividad del ambiente o a la reparación de obras bajo estas condiciones.

Se pretende encontrar relaciones de costos de los elementos reforzados con elementos no metálico vs costos de los elementos de concreto reforzado normal.

También se desea establecer alguna relación o función de costos en base a las propiedades técnicas o resistencia de los elementos reforzados con elementos no metálicos a fin de encontrar puntos de equilibrio para ambos sistemas de refuerzo.

Se desea obtener alguna relación del valor de las estructuras en función del ciclo de vida de los elementos reforzados con elementos no metálicos.

De esta evaluación se pretende determinar cual es el limite de la aplicabilidad de estos materiales a las condiciones locales en Panamá o el uso de los mismos en estructuras nuevas.

**Universidad Católica Santa María La Antigua**  
**Proyecto de Investigación**

**Perfil del Proyecto**

Ing. Ernesto Ng

- 1. Título del Proyecto:**  
**Uso y aplicación de materiales no metálicos como refuerzo de concreto.**
- 2. Instituciones participantes:**  
Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas de la Universidad Santa María La Antigua.  
ISIS Canada. Intelligent Sensing for Innovative Structures.
- 3. Coordinador responsable del proyecto:**  
Ing. Ernesto Ng
- 4. Colaboradores:**  
Ing. Germán Ponce. Director de la Escuela de Ingeniería Civil.  
Ing. Fernando Bethancourt. Profesor del curso de Ensayo de Materiales.
- 5. Ubicación exacta del proyecto:**  
Todas las pruebas se realizarán en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Santa María La Antigua.
- 6. Justificación:**

El comportamiento del hormigón armado con acero de refuerzo incluye la producción de grietas por las cuales se afecta la armadura del acero, limitando, al oxidarse las barras de acero de refuerzo, la vida útil de las estructuras, sobre todo las sometidas a ambientes húmedos y agresivos.

El uso de materiales no metálicos para reforzar estructuras de concreto es una innovación reciente ( 1999) que se ha ensayado exitosamente en Estados Unidos y Canadá, bajo condiciones climáticas particulares, en donde los drásticos cambios de temperatura representan un factor de mayor variabilidad.

En Panamá no se ha tenido la experiencia con el uso de materiales no metálicos como refuerzo para estructuras de concreto. Sin embargo nuestro colaborador ISIS ha estado ensayando con proyectos reales de estructuras nuevas y en rehabilitación de otras en Canadá ( , 2000) durante el último lustro.

Las condiciones de humedad y variaciones de temperatura en Panamá son súmamente agresivas para los elementos de concreto reforzado ( , 1998). Por ello, es necesario el conocimiento sobre la rentabilidad y el efecto en el ciclo de vida de las estructuras de nuevos elementos de concreto, reforzados con elementos no metálicos.

Es necesario el conocimiento sobre el comportamiento de estos nuevos materiales no metálicos utilizados para refuerzo del concreto en nuestras condiciones climáticas, tanto por el aporte académico que representa este conocimiento como para su difusión y aplicación profesional.

**7. Objetivos:**

**8.**

Estudiar el comportamiento de estructuras de concreto reforzado con materiales no metálicos y su aplicación a ambientes húmedos y agresivos.

**Objetivos específicos:**

Comprobar el comportamiento de las estructuras de concreto reforzado con materiales no metálicos, en sustitución de las barras de acero.

Demostrar la eficiencia de los mismos en ambientes agresivos.

Demostrar su aplicabilidad en la reparación de estructuras de concreto reforzado.

Determinar las funciones de rentabilidad de estos materiales y sus funciones de costos.

**9. Componentes del proyecto:**

a) Pruebas de laboratorio.

Se realizarán pruebas de laboratorio de las barras de FRPs sometidas a tensión para determinar su capacidad (ACI, 1958). Se realizarán pruebas para determinar su capacidad al corte y doblado, (según el método de ACI, 1998). Para establecer controles de referencia frente a distintos tratamientos, se realizarán pruebas de laboratorio para comprobar los diseños de mezcla de concreto a ser empleados. También se efectuarán pruebas estandarizadas de concreto (según ASTM) frente a diversos materiales tales como agregados, cemento y refuerzo.

b) Fabricación de elementos de concreto:

Se fabricarán losas y vigas de concreto reforzadas con FRPs y se someterán a pruebas de flexión, (ACI). Se fabricarán columnas de concreto reforzadas con FRPs y se someterán a pruebas de compresión (ACI). Se fabricarán vigas de concreto reforzadas con FRPs y se someterán a pruebas de fuerza cortante (ACI).

c) Pruebas de resistencia a ambientes agresivos.

Las muestras agrietadas de los elementos falladas se someterán a pruebas de intemperie durante ciclos de secado y humedecido ( ) para verificar el comportamiento ante los elementos. Se compararán con los elementos de control antes descritos.

d) Reparación de los elementos fallados.

Los elementos fallados se repararán con productos epóxicos (qué, cuál, cómo, según quién) y se volverán a evaluar en los ensayos antes descritos.

e) Análisis de costos.

Se realizaran análisis de costos de la fabricación de los elementos de concreto reforzados con materiales no metálicos para diversas características, a fin de establecer las funciones de costos vs resistencia de los elementos ( , 2002) Se estimará el ciclo de vida de los elementos para ponderar en el tiempo los costos y determinar las gráficas de rentabilidad, (según.... ).

#### **10. Impacto social y ambiental.**

Se tratará de determinar el impacto social que pudiera tener el uso de estructuras de concreto reforzado con elementos no metálicos desde el punto de vista de su ciclo de vida.

También el impacto económico al producirse estructuras con menos mantenimiento.

El impacto ambiental se evaluará en el sentido de que estas estructuras tienen un ciclo de vida mas prolongado.

También la alternativa de su uso en ambientes agresivos tales como plantas de tratamiento en las cuales se requiere de mayor protección en los elementos de concreto reforzado.

#### **11. Productos esperado.**

Se espera lograr comprobar todas las propiedades estructurales de los elementos reforzados con materiales no metálicos y la transferencia de estos conocimientos a los estudiantes y profesionales del ramo, a nivel nacional. Los conocimientos derivados de este trabajo tendrán aplicabilidad en entornos con características climática similares (áreas intertropicales). Para ello, se espera determinar los requerimientos de resistencia que hagan factible su uso en ambientes agresivos tales como plantas de tratamiento de aguas, obras marinas, puentes, obras sanitarias, etc., particularmente bajo condiciones climáticas tropicales.

#### **12. Presupuesto general.**

Materiales

Concreto	1,000.00
Acero de refuerzo	500.00
Formaletas	500.00
FRP	1,000.00

Mano de obra	
Ayudantes	500.00
Investigadores	2.000.00
Consultoría	2,000.00
Bibliografía	500.00
Equipos	1,000.00
Pruebas de laboratorio	1,000.00
Total	10,000.00
Administración	1,500.00
Total	11,500.00

Bibliografía:

ACI 318-2002 Building Code Requirements for Concrete Structures.

AASHTO. American Association of State Highways and Transportation Officials. 1994. Standard Specification for Highway Bridges. Washington, D.C.

Mufti, Aftab. Bakht, Baidar. Jaeger, Leslie. Bridge Superstructures. New Development. National Book Foundation. Islamabad. 1996.