

Tabla de contenido

1	Antecedentes
2	Marco Normativo
3	Objetivos
4	Metodología
4.1	ETAPA 1: Verificación del Alcance de la Norma NSR-10 A.10.1.3
4.2	ETAPA 2: Recopilación de la Información Documental existente de la Edificación.
4.3	ETAPA 3: Clasificación del Sistema Estructural.
5	Evaluación de la Estructura Existente
5.1	ETAPA 4: Solicitaciones Equivalentes
5.2	ETAPA 5: Analisis Elástico de la Estructura y de su sistema de cimentación.
5.3	ETAPA 6: Resistencia existente de la Estructura.
5.4	ETAPA 7: Resistencia efectiva de la Estructura.
5.5	ETAPA 8: Indice de Sobresfuerzo
5.6	ETAPA 9: Derivas
5.7	ETAPA 10: Indice de Flexibilidad
6	Intervención del Sistema Estructural
6.1	ETAPA 11: Tipo de modificacion
6.2	ETAPA 12: Analisis de la Estructura teniendo en cuenta las intervenciones propuestas.
6.3	Recomendaciones Generales de Mantenimiento.

1 Antecedentes

El proyecto ESPACIOS DE VIDA, tiene como fin la rehabilitación o reparación de las infraestructuras públicas de carácter cultural que hayan resultado afectadas por el fenomeno de la niña 2010-2011, identificadas y priorizadas por el Ministerio de la Cultura, en desarrollo del convenio interadministrativo No. 9677-09-267-2012 celebrado entre el Fondo Nacional de Calamidades - Subcuenta Colombia Humanitaria-Fiduprevisora S.A. y el Ministerio de Cultura, así como el contrato de cesión No.0441 celebrado entre el Ministerio de Cultura y Alejandro Sokoloff y Cia Ltda.

La Casa de la Cultura localizada en la Carera 12 con Calle 12, Calle la Iglesia en el municipio de Barranco de Loba, Departamento de Bolivar. Las coordenadas son 08° 57" Norte, 74° 07' Oeste, a una altitud de 23 msnm.

La Edificacion tiene un área de 198 m² en el primer piso, y 170 m² en un segundo nivel, para un total de área construida de 468 m². Se construyó en el 1990. La Edificación se usa como biblioteca, oficina, salon multiple, oficina deportes, bodega-salon de instrumentos.

Esta constituida por muros de carga en mamposteria, losa de entrepiso bidireccional, cubierta segundo piso en teja ondulada de asbesto-cemento
(*Inspección Visual visita al sitio*)

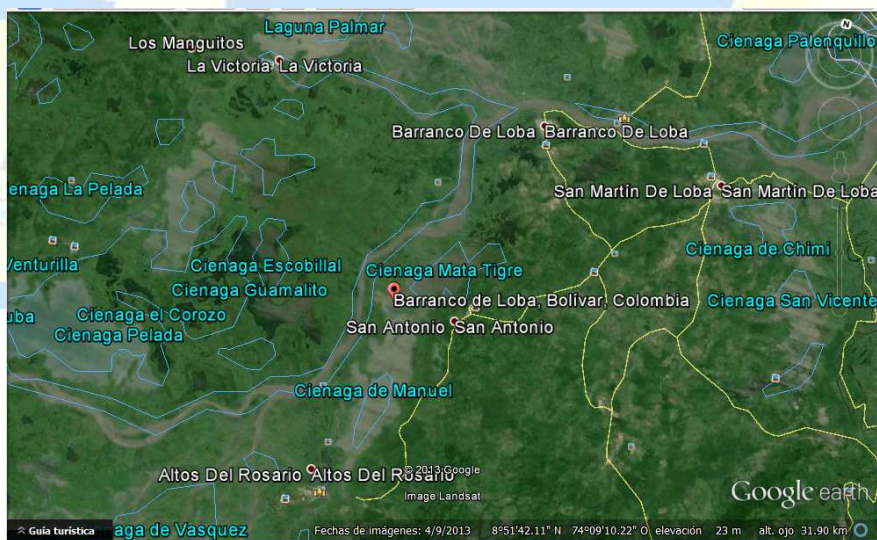


Fig. No. 1 – Localización Barranco de Loba (Google Earth)

2 Marco Normativo

- NSR-10 Titulo A.10

3 Objetivos

Evaluar la vulnerabilidad y la revisión estructural dando las recomendaciones para rehabilitar o repotenciar el sistema estructural de edificaciones existentes diseñadas y construidas con anterioridad a la vigencia de la presente versión del Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (NSR-10), de tal forma que si se interviene siguiendo los requisitos aquí presentados la estructura debe ser capaz de resistir temblores pequeños sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero con algún daño en elementos no estructurales, y temblores fuertes sin colapso.

El objetivo principal de la presente evaluación es la valoración y calificación del estado de los elementos de concreto reforzado que conforman la estructura de la edificación. Determinar si la resistencia mecánica actual de los elementos permanece dentro de un margen de seguridad adecuado, que no ponga en riesgo el funcionamiento de la estructura

4 Metodología

4.1 ETAPA 1: Verificación del Alcance de la Norma NSR-10 A.10.1.3

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica se aplica al edificio, por tratarse de una construcción existente antes de la vigencia de la Norma NSR-10. Los criterios presentados en la NSR-10 Capítulo A.10 se pueden utilizar en el diagnóstico o evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes antes de la vigencia del mismo.

4.2 **ETAPA 2: Recopilación de la Información Documental existente de la Edificación.**

Se ha recopilado la información existente y se realizaron ensayos con el fin de cumplir con los objetivos perseguidos en el estudio, llevandose acabo las siguientes actividades:

- **Inspección Visual:** Comprende la inspección preliminar realizada, en la cual se ha realizado una caracterización general de los daños que presenta la estructura de acuerdo a la sintomatología general que presenta esta. En esta pudimos apreciar la afectación de los elementos que componen la estructura los cuales se identifican en el Anexo No 1.01 (Recopilación de Información Visita al Sitio) en donde se consigna todos los datos obtenidos en la inspección visual; así como en el registro fotográfico en el Anexo 1.02 y mas adelante en este capitulo
- **Recopilación de información:** No se han obtenido planos estructurales de la edificación, solo se logro recopilar la información concerniente a la distribución arquitectónica y se logro determinar que la edificación fué construida en el año 1990. Consecuencia de esto se ha realizado levantamiento detallado del sistema estructural del inmueble.
- **Ensayos:** Con el fin de lograr una calificación adecuada para los concretos y el acero de refuerzo y obtener un diagnostico lo mas representativo posible, se han recomendado y efectuado los siguientes ensayos:
 - **Ensayo de medida de la profundidad de carbonatacion o baja del PH del concreto:** “El proceso de carbonatación como se ha denominado genéricamente a la baja de PH, es una agresión química. El resultado de esta acción química, es la reacción de los vapores ácidos del medio, que penetran por los capilares del concreto, con los constituyentes alcalinos del cemento principalmente el hidróxido de calcio, para formar carbonatos calcicos y carbonatos alcalinos o compuestos sulfatados y agua. Estos compuestos resultantes alcanzan un PH menor de 9,5, insuficiente para mantener pasiva la capa de oxido de acero que recubren. A este PH, bajo la acción de la humedad, oxigeno y cualquier electrolito del medio se inician procesos de corrosión severos en el acero de refuerzo que producen ruptura del concreto por

expansión o aumento de volumen de la armadura, pérdida de su sección y de la adherencia o anclaje”. Basado en este concepto y teniendo en cuenta que la estructura presenta signos visibles de humedad y condiciones propicias para que se presente este fenómeno se decidió tomar muestras para este ensayo. A continuación presentamos una tabla con los sitios donde se tomaron las muestras y los valores obtenidos:

<u>Elemento</u>	<u>Localización</u> (Ver Anexo 1)	<u>pH en mm</u>	<u>Recubrimiento</u>
viguetas	Hall de Acceso	Fenofaleina No da color a profundidad 5cm	4 cms
Vigas	Hall de Acceso	Fenofaleina No da color a profundidad 5cm	6 cms

Fig. No. 2 – Resultados de pruebas carbonatación y determinación recubrimiento.

o Recubrimiento de la Armadura y estado general del acero de refuerzo:

Esta verificación se realizó a través de un recorrido sistemático y ordenado sobre toda la estructura, con miras a determinar el grado de compromiso del refuerzo si lo existiese y la cuantía y posición del acero transversal y longitudinal para la toma de decisiones relacionadas con la vida útil de este.

o Localización de Armaduras: Mediante la utilización de un detector de barras PROFOSCOPE PLUS, se determinaron las barras de refuerzo de las columnas y de las vigas. El procedimiento para este ensayo fue el siguiente (Se realizó una regata en una columna y se descubrió el refuerzo longitudinal y el refuerzo transversal, se midió el diámetro de las barras descubiertas y se realizó un escaneo con el detector de barras y determinándose una correlación con los diámetros medidos. Se escogieron varios sitios de elementos similares (vigas, columnas

con igual sección y cargas similares). En estos sitios se realizó un barrido con el detector de barras, arrojando valores de diámetro de barras. Se promedió los resultados y se realizó el ajuste arrojado en la correlación, resultando una armadura probable de la sección.

- Caracterización de daños: No presenta grietas, ni fisuras. La prueba con fenoftaleina no dio color hasta los 5 cms de profundidad, o que nos indica que existe carbonatacion de los elementos. Al descubrir el acero no presenta deterioro, se observa en vigas y viguetas el refuerzo con diametro nominal conservado. Se aprecia manchas de salitre blancas en muros internos de fachada segundo piso. La cubierta en Asbecto-Cemento y la estructura de cubierta en buen estado. Pisos de ceramica en el 1er y 2do piso en buen estado. No se aprecia reformas y/o ampliaciones.

En las siguientes fotografías se muestra lo expuesto anteriormente:



Fotografía No. 1 – Acceso Principal – Deterioro por falta de mantenimiento



Fotografía No. 2 – Vigas y Viguetas Losa Entrepiso



Fotografía No. 3 – Determinación de Ubicación y dimensiones acero de refuerzo



Fotografía No. 4 – – Entrepiso Biblioteca



Fotografía No. 5 – Muro exterior – manchas humedad



Fotografía No. 6- – Humedad muro interno fachada principal



Fotografía No. 6- – Humedad muro interno fachada principal



Fotografía No. 7 – Localización y espaciamiento armaduras

4.3 ETAPA 3: Clasificación del Sistema Estructural.

La estructura de la edificación, en terminos generales, se encuentra en buen estado. En algunos sitios se ha encontrado elementos con manchas de humedad, zonas superficiales, esencialmente por falta de impermeabilización y falta de mantenimiento.

La estructura no presenta irregularidades en la planta de la edificación, la cantidad de muros en ambas direcciones son aproximadamente iguales, no presenta irregularidades en altura.

En referencia, a la calidad durante la construcción, los habitantes del lugar manifiestan que no los materiales de buena calidad son de difícil consecusión, lo

mismo el agua para la elaboración del concreto y las mezcla de cemento. El Sitio por estar en un ambiente desertico requiere cuidados especiales en el curado del concreto que no se tuvieron en cuenta.

El sistema estructural está constituido por placas reticulares bidireccionales, apoyadas sobre muros de mamposteria. No se encontraron columnas de confinamiento, ni vigas de amarre corona en la cubierta.

El suelo se ha clasificado como CL con indice de plasticidad bajo (Ver Anexo No.1 – Recopilación información visita de campo).

La estructura es del tipo de muro de mamposteria no confinada. Considerando el requerimiento del NSR-10 para este tipo de estructuras, de la tabla A.3.-1, A). Sistemas Muros de Carga, 2). Muros Estructurales, i). Muros de Mamposteria no confinada (no tiene capacidad de disipación de energía). Para la zona de amenaza intermedia, no se permite estructura de este tipo. Por lo anterior la edificación no cumple con los criterios de diseño establecidos en el NSR-10.

Teniendo en cuenta la anterior se ha calificado la estructura asi:

<ul style="list-style-type: none">• Calidad del diseño de la estructura original y su sistema de cimentación y de la construcción de la misma	Mala
<ul style="list-style-type: none">• El Estado de Mantenimiento y Conservación	Bueno

Fig. No. 3 – Calificación del estado de la estructura.

EESE INGENIERIA SAS
Ingenieria de Consulta y Construcción

COMPONENTE	VULNERABILIDAD			
	Baja = 1 , Media = 2, Alta = 3			
Descripción	Calificación Componentes	Calificación Aspecto	Factores de Ponderación	Vulnerabilidad Ponderada
ASPECTOS GEOMETRICOS				
Irregularidad en planta de la Edificación	2	1.33	20%	0.27
Cantidad de muros en las diferentes direcciones	1			
Irregularidad en altura	1			
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS				
Calidad de las juntas en las pegas en mortero	3	3.00	30%	0.90
Tipo y disposición de las unidades de mampostería	3			
Calidad de los materiales	3			
ASPECTOS ESTRUCTURALES				
Muros confinados y reforzados	3	2.67	30%	0.80
Detalles de columnas y vigas de confinamiento	3			
Vigas de amarre o corona	3			
Características de las aberturas	2			
Entrepiso	2			
Amarre de las Cubiertas	3			
CIMENTACION				
Suelos	2	2	20%	0.40
CALIFICACION GLOBAL DE VULNERABILIDAD SISMICA		ALTA		2.37

Fig. No. 4 – Calificación vulnerabilidad sísmica de la estructura en la inspección visual.

5 Evaluación de la Estructura Existente

5.1 ETAPA 4: Solicitaciones Equivalentes

- Movimientos Sísmicos equivalentes:

¿ La Estructura pertenece a Grupos III, IV?	Si	
¿ Fecha de Diseño y construcción?	1990	
¿ Que norma se utilizó en el diseño?	Decreto 1400 Dic/84 NSR-98 (Ley 400/97) NSR-10	X
¿Fue intervenida con NSR-98?	No	
CRITERIOS DE EVALUACIÓN		
A.10.4.2.1 Nivel de Seguridad Equivalente a construcción nueva	Indice sobreesfuerzo < 1.0 Indice flexibilidad < 1.0 Indice sobreesfuerzo < 1.0 Indice flexibilidad < 1.5	X

A.10.4.2.2 Nivel de Seguridad limitada	Indice sobreesfuerzo < 1.0 Indice flexibilidad < 1.0	
	Indice sobreesfuerzo < 1.0 Indice flexibilidad < 1.0 Memorial firmado por el diseñador estructural y el propietario en el cual se declare que se utilizó el nivel de seguridad limitada. Este memorial se debe protocolizar mediante escritura pública en Notaría.	
Elementos no estructurales	1) Elementos de fachada 2) Columnas Cortas o cautivas 3) Elementos en mal estado	X

Fig. No. 4 – metodología de evaluación.

Por lo tanto, se seguirá, para la evaluación de vulnerabilidad, lo estipulado en 10.4.2.1 del NSR-10: Movimientos sísmicos para un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva, con un coeficiente de disipación de energía de la estructura existente (R').

- Clasificación del Sistema Estructural:

Sistema Estructural de resistencia sísmica está conformado por SISTEMA DE MURO DE CARGA, que es un sistema que no dispone de un pórtico esencialmente completo y en el cual las cargas verticales son resistidas por muros de carga y las fuerzas horizontales por muros estructurales o pórticos con diagonales.

Los muros son de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía) con capacidad de resistencia a fuerzas horizontales y verticales con $R_o=1.0$.

- Coeficiente de Capacidad de disipación de Energía R' :

Como se trata de Edificación de Mamposteria no reforzada se usará $R' = 1.0$ (NSR-10 A.10.4.2.4.d).

- Fuerzas Sísmicas:

La Fuerza Sísmica F_s se determina por el Método de la Fuerza Horizontal Equivalente y se distribuirá en altura de acuerdo al mismo método.

Grupo de Uso:	Grupo III= Edificaciones de atención a la comunidad (NSR-10 A.2.5)
Coefficiene de Importancia:	$I=1.25$ (NSR-10 A.2.5.2)
Zona de Amenaza Sísmica:	Intermedia
$A_e =$	0.07
$A_a =$	0.15
$A_v =$	0.15
Perfil del Suelo:	D

Con estos parametros se ha calculado la fuerza sismica, para la estructura intervenida.

- Fuerzas Gravitacionales:

- Carga Viva:

Cubierta	: 50 kg/m ²
Entrepiso	: 180 kg/m ²
Viga Canal	: 100 kg/m ²

- Carga Muerta:

Cubierta Canaleta 90	: 20 kg/m ²
Entrepiso	: 400 kg/m ²
Viga Canal	: 200 kg/m ²

- Combinaciones de Carga:

El análisis de los elementos teniendo entre otras, las siguientes combinaciones de carga principales:

1.4D

1.2D + 1.6H

1.2D + 1.6L + 1.6H

1.2D + 1.6H + 1.0E

1.2D + 1.6H - 1.0E

0.9D + 1.6H + 1.0E

0.9D + 1.6H - 1.0E

- Propiedades de los Materiales:

Para efectos de la evaluación de la estructura, considerando el estado de la misma, se ha usado los siguientes valores de resistencia de los materiales, para los elementos existentes:

- Concreto : $f'c = 21$ MPa
- Acero : $Fy = 420$ MPa
- Mampostería : $f'm = 17,5$ Mpa

En los elementos a construir se especificará, especialmente teniendo en cuenta la durabilidad, los siguientes valores de resistencia de los materiales:

- Concreto : $f'c = 28$ MPa
- Acero : $Fy = 420$ MPa
- Mampostería : $f'm = 17,5$ Mpa

5.2 ETAPA 5: Analisis Elástico de la Estructura y de su sistema de cimentación.

Bajo los criterios de diseño del NSR-10, la edificación no cumple con los requerimientos exigidos para la zona de amenaza sísmica intermedia, en la cual esta ubicada. Por lo tanto, sin realizar análisis mediante modelo matemático es posible concluir que es necesario contemplar el reforzamiento tal que la estructura modificada cumpla con los requerimientos en referencia.

No se realizará en análisis de resistencia de la estructura existente, ni la determinación de los índices de sobreesfuerzo, e índice de flexibilidad. Sin embargo, para la estructura repotenciada se realizarán con el propósito de verificar que cumpla con los parámetros dados en la norma y con los requerimientos de funcionalidad estructural.

Los capítulos 5.3 a 5.7 no se realizaron para la estructura existente, pero sí en la estructura repotenciada, teniendo en cuenta la solución planteada en el Capítulo 6 en donde se detalla la intervención a efectuar en la estructura.

5.3 ETAPA 6: Resistencia existente de la Estructura.

La resistencia efectiva de los miembros de la estructura (N_{ex}) el nivel de fuerza o esfuerzo al cual el elemento deja de responder en el rango elástico o el nivel al cual los materiales frágiles llegan a su resistencia máxima o el nivel al cual los materiales dúctiles inician su fluencia; estos son obtenidos al aplicar los modelos de resistencia.

No se ha realizado el análisis para la estructura actual por las consideraciones explicadas en el capítulo 5.2. En el Anexo No. 2, se encuentra el análisis y resistencia de la estructura intervenida.

5.4 ETAPA 7: Resistencia efectiva de la Estructura.

La resistencia efectiva de la estructura, a partir de la resistencia existente, afectandola por los coeficientes de reducción obtenidos de los resultados de la calificación de la calidad y el estado de la estructura, así:

$$N_{ef} = \Phi_c \cdot \Phi_e \cdot N_{ex}$$

Los coeficientes se han determinado de la tabla A.10.4-1 del NSR-10 dependiendo de la calificación de la calidad y estado de la estructura:

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Fig. No. 4 – Valores Φ_c y Φ_e Tabla A.10.4-1 NSR-10

No se ha realizado el analisis para la estructura actual por las consideraciones explicadas en el capitulo 5.2. En el Anexo No. 2, se encuentra el analisis y resistencia de la estructura intervenida considerando la adición de porticos, propuestos en la solución, con capacidad para resistir fuerzas horizontales y convirtiendo estos porticos en la estructura principal.

5.5 ETAPA 8: Indice de Sobresfuerzo

El índice de sobreesfuerzo como el máximo cociente obtenido para cualquier elemento o sección de éste, entre las fuerzas internas solicitadas obtenidas del análisis estructural realizado para las solicitaciones equivalentes definidas y la resistencia efectiva obtenida:

- Indice de Sobresfuerzo de los elementos: Indice de sobreesfuerzo de cada uno de los elementos individuales.
- Indice de Sobresfuerzo de la estructura: se evalua los indices de mayor sobreesfuerzo individual y su importancia dentro de la resistencia general de la estructura.

En el Anexo No. 2, se presentan los resultados de un análisis de la estructura intervenida, considerando el máximo índice de sobreesfuerzo admitido debe ser menor a 1.0.

5.6 ETAPA 9: Derivas

Se ha obtenido las derivas en base a los resultados de los desplazamientos horizontales obtenidos del análisis elástico.

5.7 ETAPA 10: Índice de Flexibilidad

Se ha obtenido un índice de flexibilidad por efectos horizontales como el cociente entre las derivas obtenidas del análisis elástico y las derivas permitidas por el código NSR-10 en el Capítulo A.6 y también se ha obtenido un índice de flexibilidad para efectos verticales obtenido de las deflexiones verticales medidas en la edificación y las deflexiones permitidas en el NSR-10.

- Índice de flexibilidad del piso: Cociente entre la deflexión o deriva obtenida del análisis de la estructura y la permitida, para cada uno de los pisos de la edificación
- Índice de flexibilidad de la estructura: Mayor valor de los índices de flexibilidad de los pisos de toda la estructura, para deflexiones verticales y para derivas.

En el Anexo No. 2, se presentan las derivas de piso y los índices de flexibilidad de la estructura y de piso de la estructura intervenida.

ESE INGENIERIA SAS
Ingeniería de Consulta y Construcción

6 Intervención del Sistema Estructural

6.1 ETAPA 11: Tipo de modificación

Se desea modificar la capacidad del sistema estructural para que sea capaz de resistir las solicitaciones que exige el Reglamento NSR-10 y así obtener un mejor comportamiento sísmico de la edificación.

Se propone las siguientes intervenciones de la estructura para obtener la capacidad requerida:

- Se implementará columnas y vigas en el primer piso, y columnas y vigas en el segundo piso que conformarán el sistema principal ante sollicitaciones horizontales.
- Las columnas a nivel de cimentación se uniran mediante vigas de amarre.
- Las columnas estarán desplazadas de los ejes de muros con el fin de poder construir las vigas de amarre sin interferir con los muros.

- Clasificación del Sistema Estructural con la intervencion:

Sistema Estructural de resistencia sismica está conformado por muros de carga para fuerzas gravitacionales, y un sistema de muros de concreto para las fuerzas horizontales.

Según la NSR-10 la clasificación del nuevo sistema estructural en la Tabla A.3-1: A.) Sistema estructural de porticos resistentes a momentos, 2) Con capacidad moderada de disipacion de nergia (DMO) b.) de concreto($R_o = 5.0$).

6.2 ETAPA 12: Analisis de la Estructura teniendo en cuenta las intervenciones propuestas.

Se ha modificado el modelo matematico para tener en cuenta las modificaciones propuestas, obteniendose los resultados de sobrefuerzos requeridos por la Norma NSR-10.

En el Anexo No. 2 se presentan los resultados de este nuevo modelo. En el plano se presentan los elementos diseñados en la intervención de la estructura.

6.3 Recomendaciones Generales de Mantenimiento.

Teniendo en cuenta la revisión y estado analizado de la estructura, recomendamos a continuación el procedimiento para rehabilitar la estructura y ampliar su vida útil:

Realizar limpieza en general a través de hidrolavado con chorro de agua caliente, procurando mantener una presión suficiente para remover las partículas sueltas, preferiblemente mover en círculo la boquilla para una adecuada y eficaz limpieza de superficie. El chorro se aplicara perpendicular a la superficie distribuida en círculos para conseguir una distribución uniforme y permitir la remoción de todos los residuos que puedan perjudicar la adherencia.

Demolición de las áreas circundantes donde se encuentre el acero de refuerzo comprometido y que sea necesario reparar espesores de más de un centímetro. Para esto deberán utilizarse taladros o martillos neumáticos de máximo 20 kg, de tal manera que la roto percusión no fisure el concreto no afectado. En zonas donde no es necesario profundizar demasiado, se recomienda utilizar una escarificación mecánica con una maquina escarificadora o un taladro roto percutor.

Limpieza del acero de refuerzo, a través de medios mecánicos, para el caso particular es de gran utilidad utilizar gratas mecánicas, instaladas en pulidoras o maquinas similares.

Colocación de inhibidor de corrosión en el acero de refuerzo que ha estado expuesto. Una referencia utilizada por este consultor es el sikatop - armatec 108.

Reparación de las zonas afectadas a través de mortero de reparación estructural del tipo sika top 122 en capas sucesivas no mayores de 2cm.

En caso de que alguna superficie este expuesta a humedad, se deberá realizar un tratamiento de impermeabilización.



EESE INGENIERIA SAS
Ingenieria de Consulta y Construcción