

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil - Fase 2.

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

Piza Agila Carlos Enrique

Vera Aguilar Washington Xavier

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año – 2020

## **DEDICATORIA**

Le dedico este proyecto a mis padres quienes han estado conmigo en las situaciones difíciles y en los momentos más felices, todos mis logros se los debo a ellos porque sé que se sacrificaron para que hoy esté aquí, me formaron con reglas y libertades, pero siempre confiando en mí. Ellos son mi motivación para alcanzar mis metas, en la que incluye esta, la culminación de mi carrera. También a mis amigos con los cuales he pasado toda mi vida universitaria apoyándonos unos a los otros, sin dejar a nadie atrás. A mis abuelos, uno ahora me cuida desde el cielo, pero sé que ambos estarían muy orgullosos de mí.

### **Carlos Enrique Piza Agila**

El presente proyecto se lo dedico a los seres más importantes en mi vida: A mis padres, que cultivaron y forjaron en mí los valores necesarios para triunfar en la vida, a mis hermanos Douglas y Cinthia que, a pesar de la distancia estuvieron dispuestos a ayudarme en cualquier momento, y finalmente a mi novia Karen que siempre estuvo desde un inicio en cada detalle y situación de mi vida, brindándome el apoyo necesario para salir adelante y cumplir juntos las metas propuestas sin importar las dificultades.

### **Washington Xavier Vera Aguilar**

## **AGRADECIMIENTOS**

Reconocemos el más sincero agradecimiento a los docentes y a las autoridades de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de ESPOL quienes han impulsado este proyecto de ayuda social y han depositado su confianza en nosotros para llevarlo a cabo, en especial a la subdecana Ph.D Ana Rivas y al tutor de conocimientos Ph.D Pedro Rojas quien con su guía semana a semana permitió que este proyecto se realice satisfactoriamente. Esperando que se siga confiando en los nuevos ingenieros para reafirmar la importancia de nuestra carrera para un bien común.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Carlos Enrique Piza Agila y Washington Xavier Vera Aguilar damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

---

Piza Agila Carlos Enrique

---

Washington Xavier Vera Aguilar

## **EVALUADORES**

Ing. Miguel Chávez, Ph.D.

**PROFESOR DE LA MATERIA**

Ing. Pedro Rojas Cruz, M.Sc., Ph.D.

**PROFESOR TUTOR**

## RESUMEN

El proyecto se centra en resolver una problemática social en los sectores populares de Guayaquil, realizando un estudio en Bastión Popular y la Isla Trinitaria donde predominan las construcciones informales. La desigualdad económica y la migración interna han provocado las catalogadas invasiones, familias asientan sus casas en terrenos deshabitados sin registro en el municipio, realizando construcciones sin nivel técnico con errores constructivos que se agravan por la condición del suelo de la ciudad, provocando vulnerabilidad sísmica en las viviendas y peligro para la vida de los habitantes.

En consideración a la situación económica de las familias, se ha desarrollado una solución como medida de prevención, la cual consistió en la elaboración de procesos constructivos para la reparación local de los elementos deficientes en las viviendas. Realizando diseños factibles económicamente, utilizando equipos y materiales de fácil acceso en el mercado local.

Se determinó que existen errores típicos en las viviendas evaluadas, mostrando deficiencias estructurales repetitivas como daños en columnas, inadecuadas conexiones y pésima calidad de materiales; no obstante, las reparaciones devuelven el monolitismo de los elementos restituyéndolos por materiales de mejor calidad y mayor resistencia garantizando un mejor desempeño ante sismos frecuentes.

Con este proyecto se hace un llamado a las autoridades para que analicen el peligro latente que viven estas familias debido a las malas condiciones de sus viviendas, creando un plan de ayuda social de reparación ya que muchas no poseen recursos para solventar estos errores, contrarrestando así las pérdidas humanas y económicas que podrían provocarse ante un terremoto.

**Palabras clave:** construcciones informales, peligro, reparación local, prevención.

## **ABSTRACT**

The project focuses on solving a social problem in the popular sectors of Guayaquil, carrying out a study in Popular Bastion and Trinitarian Island where informal constructions predominate. The economic inequality and the internal migration have caused the catalogued invasions, families build their houses in uninhabited lands without registry in the municipality, making constructions without technical level with constructive errors that are aggravated by the condition of the soil of the city, causing seismic vulnerability in the houses and danger for the life of the inhabitants.

In consideration of the economic situation of the families, a solution has been developed as a preventive measure, which consisted of the elaboration of constructive processes for the local repair of the deficient elements in the houses. Making economically feasible designs using equipment and materials easily accessible in the local market.

It was determined that there are typical errors in homes with repetitive structural deficiencies such as damage to columns, inadequate connections and poor quality materials, however, the repairs returns the monolithism of the elements ensuring better performance against frequent earthquakes by better quality materials and greater resistance.

With this project we call on the authorities to analyze the latent danger that these families are living due to the bad conditions of their houses, creating a plan of social help for repairs since many do not have resources to solve these defects, thus counteracting the human and economic losses that could be caused by an earthquake.

**Palabras clave:** Informal constructions , danger, local repair, preventive.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	10
1. INTRODUCCIÓN .....	10
1.1 Antecedentes .....	10
1.2. Descripción del Problema .....	11
1.3 Justificación del proyecto .....	12
1.4 Objetivos.....	12
1.5 Información relacionada al área de estudio.....	13
1.5.1 Generalidades .....	13
1.5.2 Ubicación Geográfica .....	13
1.5.3 Demarcación Política.....	14
1.5.4 Organización Comunitaria .....	14
1.5.5 Población .....	14
1.5.6 Actividad Productiva .....	15
1.5.7 Topografía.....	16
1.5.8 Clima.....	16
1.5.9 Flora.....	17
1.6 Fundamentación Teórica .....	18
1.6.1 Jojutla 2017 .....	18
1.6.2 Proyecto RADIUS.....	20
1.6.3 Parámetros de vulnerabilidad sísmica .....	21
1.6.4 Niveles de desempeño sísmico .....	21
1.6.5 Evaluación de vulnerabilidad Sísmica.....	22
CAPÍTULO 2 .....	26
2. METODOLOGÍA.....	26
2.1 Formulación, descripción y selección de alternativa óptima .....	26
2.1.1.1 Características técnicas.....	26
2.1.1.2 Características económicas.....	27

2.1.1.3 Características sociales.....	28
2.1.1.4 Características ambientales .....	28
2.1.1.5 Características legales .....	29
2.1.2 Descripción de las alternativas .....	30
2.1.3 Selección de alternativa óptima.....	33
2.2 Información técnica necesaria.....	34
2.2.1 Viviendas de Bastión Popular.....	34
2.2.2 Viviendas de Isla Trinitaria.....	40
2.2.3 Deficiencias Comunes en construcciones informales .....	44
2.3 Metodología de reparación .....	44
CAPÍTULO 3 .....	45
3. DISEÑO, RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	45
3.1 Información técnica procesadas.....	45
3.2 Identificación de elementos deficientes.....	46
3.2.1 Conexión Inadecuada de Viga - Columna .....	46
3.2.2 Remoción Intencional de hormigón .....	47
3.2.3 Segregación del hormigón en elementos estructurales .....	48
3.2.4 Grietas en paredes de bloques de hormigón o ladrillo. ....	49
3.2.5 Cavidades en muros de hormigón ciclópeo .....	50
3.2.6 Conexiones de cubierta.....	51
3.3 Consideraciones para el Diseño .....	53
3.3.1 Determinar soluciones para reparación de elementos deficientes .....	53
3.4 Procesos constructivos .....	58
3.4.1 Reparación de fisuras inclinadas de 45° aprox. en paredes. ....	58
3.4.2 Reparación de fisuras o grietas horizontales y verticales.....	60
3.4.3 Reparación de la segregación de hormigón en la base de la columna. ....	61
3.4.4 Reparación de la conexión viga-columna. ....	62
3.4.5 Reparación en columna debido a la remoción intencional. ....	63
3.4.6 Reparación de muros de contención con menos de 10 cavidades en 1m <sup>2</sup> .....	64
3.4.7 Reparación de muros de contención con más de 10 cavidades en 1m <sup>2</sup> .....	65
3.4.8 Reparación de conexión de cubierta con estructura de madera .....	66
3.4.9 Reparación de conexión de cubierta con estructura de acero .....	67
3.4.10 Análisis y detalles del diseño.....	69
3.5 Presupuesto.....	78
CAPÍTULO 4 .....	80
4. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL .....	80

4.1 Descripción del proyecto.....	80
4.2 Objetivos de la evaluación de impacto ambiental.....	80
4.3 Ubicación del proyecto.....	81
4.4 Descripción de actividades del proyecto .....	81
4.4.1 Fase de Construcción.....	81
4.4.2 Fase de Operación.....	82
4.4.3 Fase de Cierre.....	82
4.5 Identificación de los medios y factores ambientales.....	83
4.5.1 Medio Físico.....	83
4.5.2 Población .....	84
4.6 Línea Base.....	84
4.6.1 Área de Influencia.....	84
4.6.2 Zonas cercanas a manglares .....	85
4.6.3 Medio Socioeconómico .....	85
4.6.4 Registro Ambiental .....	85
4.7 Valoración de los impactos ambientales .....	86
4.8 Medidas de prevención.....	89
4.9 Conclusiones de EIA.....	91
CAPÍTULO 5.....	92
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
5.1 Conclusiones .....	92
5.2 Recomendaciones .....	94
BIBLIOGRAFÍA .....	96
APÉNDICES .....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Vulnerabilidad sísmica de Bastión Popular y la Isla Trinitaria [González & Loja, 2019]	11
Figura 1.2 Epicentros de sismos Mw > 6.0 en Ecuador. [Parra, 2016]	13
Figura 1.3 Ubicación zonas de estudio Bastión Popular e Isla Trinitaria en la ciudad de Guayaquil. Fuente: Google Earth	13
Figura 1.4 Parroquias urbanas de Guayaquil. [Fuente: M.I. Municipalidad de Guayaquil]	14
Figura 1.5 Viviendas de muestra de Bastión Popular del Bloque 11 y 10 A [Desarrollado: Google Earth Pro]	15
Figura 1.6 Viviendas de muestra de Isla Trinitaria Barrio Mandela 2 [Desarrollado: Google Earth Pro]	15
Figura 1.7 Topografía de Bastión Popular [Desarrollado: Google Mapper, 2020]	16
Figura 1.8 Mapa de Isotermas del Ecuador desde 1985-2010. [INAMHI, 2010]	17
Figura 1.9 Mapa zona protegida “Manglar El Salado”. [Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, 2014]	17
Figura 1.10 Instituto Educativo Morelos de Jojutla. [Fotografía: P. Rojas, 2017]	18
Figura 1.11 Vivienda de hormigón y ladrillos. [Fotografía: P. Rojas, 2017]	19
Figura 1.12 Edificio comercial y viviendas. [Fotografía: P. Rojas, 2017]	19
Figura 1.13 Intensidad del sismo Proyecto RADIUS. [Argudo, 1999]	20
Figura 1.14 Daño Estructural viviendas de Bastión Popular [González & Loja, 2019]	22
Figura 1.15 Daño estructural viviendas de la Isla Trinitaria [González & Loja, 2019]	23
Figura 1.16 Calidad de la construcción de la Isla Trinitaria [González & Loja, 2019]	23
Figura 1.17 Calidad de la construcción de Bastión Popular [González & Loja, 2019]	24
Figura 1.18 Grado de daño en las zonas de estudio. [González & Loja, 2019]	25
Figura 2.1 Curva evolutiva de costos de una construcción. [Rostam, 1984]	27
Figura 2.2 Matriz de Objetivos de Desempeño Sísmico [Bertero, 2002]	28
Figura 2.3 Reparación global de una vivienda de dos pisos [Sika Perú, 2015]	30
Figura 2.4 Vista en alzado de aumento de sección de una columna [ICOTEC, 2010]	31
Figura 2.5 Placas de polímeros reforzados con fibra de carbono [SIKA, 2012]	31
Figura 2.6 Guía de reparación de muros. [Consejería de Obras Públicas y Ordenamiento del territorio de Murcia, 2012]	32
Figura 2.7 Vivienda de hormigón 2 pisos deficiencias señaladas [González & Loja, 2019]	35
Figura 2.8 Vivienda de bloque de ladrillo [González & Loja, 2019]	35
Figura 2.9 Vivienda inspeccionada deficiencias señaladas [González & Loja, 2019]	36
Figura 2.10 Iglesia Evangélica construcción de hormigón de un piso [González & Loja, 2019]	36
Figura 2.11 Vivienda residencial de hormigón de un piso [González & Loja, 2019]	37
Figura 2.12 Vivienda inspeccionada deficiencias señaladas [González & Loja, 2019]	38
Figura 2.13 Vivienda con muro de contención dañado en la base de la estructura [González & Loja, 2019]	38
Figura 2.14 Vivienda residencial de un piso de bloque de hormigón [González & Loja, 2019]	39
Figura 2.15 Vivienda residencial de dos pisos de bloques de hormigón [González & Loja, 2019]	39
Figura 2.16 Vivienda de un piso con ampliación para garaje [González & Loja, 2019]	40
Figura 2.17 Vivienda residencial de un piso [González & Loja, 2019]	40
Figura 2.18 Vivienda de un piso [González & Loja, 2019]	41
Figura 2.19 Vivienda residencial de un piso [González & Loja, 2019]	41
Figura 2.20 Viviendas de dos pisos con un puente [González & Loja, 2019]	42

Figura 2.21 Viviendas de dos pisos con inadecuadas ampliaciones [González & Loja, 2019] ..	42
Figura 2.22 Vivienda de dos pisos con un local en la parte inferior [González & Loja,2019].....	43
Figura 2.23 Ampliación lateral de una vivienda de dos pisos [González & Loja, 2019] .....	43
Figura 3.1 Dimensiones típicas de elementos estructurales a reparar. Unidades: mm .....	45
Figura 3.2 Vivienda de dos pisos de hormigón con inadecuada conexión entre la columna y la viga con segregación y varillas expuestas. [González & Loja, 2019] .....	46
Figura 3.3 Remoción intencional de hormigón en elementos estructurales inadecuada conexión con otras estructuras [González & Loja, 2019] .....	47
Figura 3.4 Columnas con falta de recubrimiento y varillas de refuerzo expuestas [González & Loja, 2019] .....	48
Figura 3.5 Fisuras, huecos y grietas en paredes de ladrillo [González & Loja, 2019] .....	49
Figura 3.6 Fisuras horizontales en paredes de bloque de hormigón [González & Loja, 2019] ..	49
Figura 3.7 Cavidades en muros de contención de hormigón ciclópeo en el sector de Bastión Popular [González & Loja, 2019] .....	50
Figura 3.8 Inadecuadas conexiones en apoyos de cubierta de estructura de madera. [González & Loja, 2019].....	51
Figura 3.9 Inadecuada conexión de apoyo de estructuras de cubierta de perfil metálico [González & Loja, 2019] .....	52
Figura 3.10 Esquema de conexión inadecuada de unión viga-columna (Unidades: mm). [Autores].....	53
Figura 3.11 Esquema de fisuras inclinadas en paredes de bloques de hormigón [Autores] (Unidades: mm).....	54
Figura 3.12 Esquema de fisuras verticales y horizontales en paredes de bloques de hormigón [Autores] (Unidades: mm).....	54
Figura 3.13 Esquema de deficiencia estructural falta de recubrimiento en columnas [Autores], Unidades: mm .....	55
Figura 3.14 Remoción intencional de hormigón en columnas [Autores].....	55
Figura 3.15 Muro de contención con 4 ratoneras en 1m <sup>2</sup> [Autores] .....	56
Figura 3.16 Muro de contención con más de 10 ratoneras en 1m <sup>2</sup> [Autores] .....	56
Figura 3.17 Esquema de deficiencia: Inadecuada conexión de estructura de madera para cubierta [Autores] .....	57
Figura 3.18 Esquema de deficiencia: Inadecuada conexión de estructura de acero para cubierta [Autores].....	57
Figura 3.19 Sección transversal del bloque con dimensiones a picar [Autores].....	58
Figura 3.20 Zonas del bloque donde colocar el puente de adherencia epóxico [Autores].....	58
Figura 3.21 Lugar específico de varilla de acero de refuerzo en el bloque [Autores] .....	59
Figura 3.22 Zonas de la pared removidas y lugares del acero de refuerzo en vista en alzado [Autores].....	59
Figura 3.23 Dimensiones a picar en el bloque vista lateral de la pared [Autores] .....	60
Figura 3.24 Vista en alzado de la pared 3 cm de espesor a picar [Autores].....	60
Figura 3.25 Remover partes afectadas [Autores].....	61
Figura 3.26 Zonas de la armadura en donde colocar el desoxidante [Autores].....	61
Figura 3.27 Colocación de encofrado en las columnas [Autores] .....	61
Figura 3.28 Zona afectada de conexión con varillas corroídas [Autores] .....	62
Figura 3.29 Colocación de encofrado en la conexión [Autores] .....	62
Figura 3.30 Área de columna a picar y remover [Autores] .....	63
Figura 3.31 Lugares del concreto viejo donde aplicar el adherente [Autores] .....	63
Figura 3.32 Remoción de material deficiente y colocar puente adherente en hormigón viejo [Autores].....	64

Figura 3.33 Esquema de encofrado y restitución con mortero de reparación [Autores] .....	64
Figura 3.34 Colocar malla hexagonal galvanizada [Autores] .....	65
Figura 3.35 Vista lateral del muro de contención [Autores, Unidades: mm] .....	65
Figura 3.36 Esquema de conexión restitución de hormigón de la columna [Autores, Unidades: mm] .....	66
Figura 3.37 Esquema del corte de perfil L 50X3mm [Autores, Unidades: mm] .....	66
Figura 3.38 Esquema de conexión emperrada vista en alzado [Autores, Unidades: mm] .....	67
Figura 3.39 Vista en planta de la columna [Autores, Unidades: mm] .....	68
Figura 3.40 Perspectiva de la conexión soldada [Autores, Unidades: mm].....	68
Figura 3.41 Esquema de pared rehabilitada con fisuras inclinadas [Autores] .....	69
Figura 3.42 Esquema de pared rehabilitada de fisuramiento vertical y horizontal [Autores].....	70
Figura 3.43 Esquema de columna rehabilitada [Autores].....	71
Figura 3.44 Esquema de conexión viga – columna rehabilitada [Autores] .....	72
Figura 3.45 Esquema de columna rehabilitada [Autores].....	73
Figura 3.46 Esquema de muro de contención rehabilitado [Autores].....	74
Figura 3.47 Esquema de muro de contención rehabilitado [Autores].....	75
Figura 3.48 Esquema de reparación de conexión de cubierta [Autores] .....	76
Figura 3.49 Esquema de reparación de conexión de cubierta [Autores] .....	77
Figura 3.50 Vivienda de un piso del sector de Bastión Popular [González & Loja, 2019].....	78
Figura 4.1 Decibeles permisibles en Ecuador [TULSMA, 2008].....	83
Figura 4.2 Área de influencia del proyecto [Autores, Desarrollado: Google Earth Pro] .....	84
Figura 4.3 Mapa zona protegida “Manglar El Salado” [Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, 2014] .....	85
Figura 4.4 Documento ambiental requerido para el proyecto [SUIA, 2020].....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Desempeño sísmico de una estructura [NEC, 2015].....	21
Tabla 1.2 Resultados del ensayo de rebote de materiales [González & Loja, 2019] .....	24
Tabla 4.1 Actividades del proyecto [Autores].....	81
Tabla 4.2 Valores Máximos Permisibles de material particulado en el aire [Anexo IV TULSMA] .....	83
Tabla 4.3 Posibles impactos por las actividades del proyecto [Autores].....	86
Tabla 4.4 Matriz de Conesa-Fernández [Autores] .....	88
Tabla 4.5 Medidas de mitigación de impactos del proyecto [Autores].....	89

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

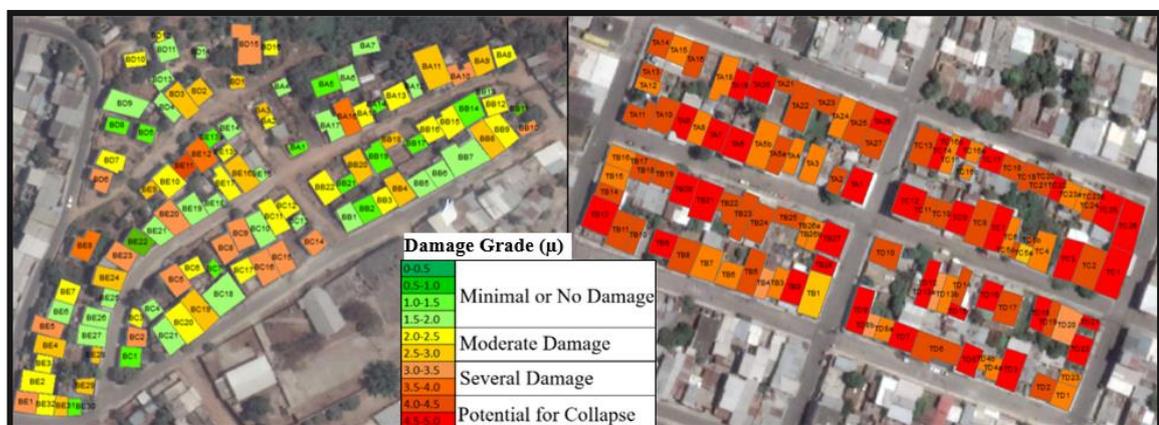
El Ecuador se encuentra ubicado en el llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico” la zona con mayor actividad sísmica del mundo, que origina terremotos los cuales son producidos por movimiento de placas tectónicas y por actividad volcánica. Se registran miles de movimientos telúricos imperceptible al día; sin embargo, a lo largo de la historia han ocasionado terremotos devastadores en la mayoría de los países. En el año 1906 se registró el terremoto con mayor magnitud en la historia del Ecuador siendo de 8.8 en la zona costera de Esmeraldas. Recientemente en el año 2016, el país registró otro terremoto de gran magnitud de 7.8 en la escala de Richter con epicentro en la ciudad de Pedernales, Manabí, el cual ocasionó grandes pérdidas económicas alrededor de mil millones de dólares, pérdidas humanas registrando 700 fallecidos y más de 7000 heridos (IGEPN, 2018). El terremoto evidenció la informalidad de la construcción en el Ecuador y alertó a las ciudades más alejadas que se vieron afectadas por el sismo, como el caso de Guayaquil.

La ciudad de Guayaquil posee una formación geológica vulnerable debido a que tiene un tipo de suelo aluvial y de roca sedimentaria, por estar ubicada a orillas del río Guayas; por ende, gran parte de la zona urbana está sobre suelos blandos o rellenos. Además, está a 160 Km de la unión de dos placas tectónicas la de Nazca y del Pacífico las cuales crean una zona de subducción ocasionando gran actividad sísmica (Hayes, Wald, & Johnson, 2012). Por esta razón las construcciones en la ciudad deberían tener diseños sismorresistentes; sin embargo, la realidad muestra algo totalmente diferente como lo evidencia la investigación realizada por estudiantes de ESPOL en conjunto con estudiantes de maestría de la University of Colorado Boulder, quienes desarrollaron la evaluación de vulnerabilidad sísmica de las viviendas en dos sectores de Guayaquil en la Isla Trinitaria y Bastión popular, determinaron distintas deficiencias estructurales por motivo de ser construidas informalmente. El presente proyecto complementará la investigación otorgando métodos de reparación respecto a estas deficiencias considerando que las soluciones propuestas sean viables económicamente.

## 1.2. Descripción del Problema

En Guayaquil habitan alrededor de 3 millones de personas siendo la ciudad más poblada en el Ecuador; esto se produjo debido a la gran migración interna que ha experimentado la ciudad a lo largo de la historia. Personas de otras provincias o zonas rurales vienen a buscar mejores oportunidades de trabajo a la ciudad, siendo una de las razones principales que existan asentamientos ilícitos o invasiones no controladas por ningún ente municipal (Villavicencio, 2011). Las áreas de estudio son la Isla Trinitaria y Bastión Popular siendo parte urbana de la ciudad, pero que al principio fueron catalogadas como invasiones. Al transcurrir los años estos sectores han ido incluyéndose al catastro municipal, lo cual ha sido beneficioso para ellos debido a que carecían de servicios básicos. Partiendo de la premisa que son familias de bajos recursos económicos han ido construyendo sus viviendas poco a poco mejorando su calidad de vida; sin embargo, por la falta de dinero han construido sin ningún diseño técnico, es decir, realizando construcciones informales poniendo en peligro sus propias vidas.

Considerando un sismo de diseño de 8 en la escala de Richter en base al análisis de la evaluación de vulnerabilidad de las viviendas antes mencionadas, como indica la figura 1.1 se obtuvo que en promedio los daños en las viviendas superarían los severos, siendo potenciales al colapso debido a la ubicación geográfica y el factor de ductilidad de la estructura, es decir por la mala condición del suelo, por procesos constructivos deficientes en las viviendas y por no tener un diseño estructural sismorresistente.



**Figura 1.1 Vulnerabilidad sísmica de Bastión Popular y la Isla Trinitaria [González & Loja, 2019]**

### **1.3 Justificación del proyecto**

Al plantear la posibilidad de que ocurra un sismo con gran magnitud en la ciudad, los sectores evaluados de Bastión Popular y la Isla Trinitaria quedarían devastados con daños severos y tendencia al colapso de sus viviendas. Estas consecuencias son a causa de errores comunes suscitados por construcción informal evidenciando deficiencias estructurales y no estructurales tales como materiales inadecuados, malas conexiones y la falta de conocimientos lo cual provocaría que peligrase la vida de las familias que habitan en estos lugares. La falta de diseños sismo-resistentes incrementan la probabilidad de que las estructuras fallen al estar sometidas a las fuerzas sísmicas producidas por los movimientos telúricos; sin embargo, la capacidad de rehabilitar o reforzar sus viviendas son casi nulas debido al bajo poder económico de las familias. Por esta razón, se pretende investigar técnicas de reparaciones económicas para viviendas las cuales sean asequibles y con procesos constructivos viables utilizando materiales de fácil acceso, brindando así un apoyo que se pueda ajustar a un plan de prevención por parte de la M.I Municipalidad de Guayaquil logrando así que las familias reparen sus viviendas, vivan dignamente y ante todo seguras.

### **1.4 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Desarrollar procesos constructivos de rehabilitación estructural de viviendas no dúctiles en sectores populares de la ciudad de Guayaquil, siendo viables económicamente para las clases sociales más bajas.

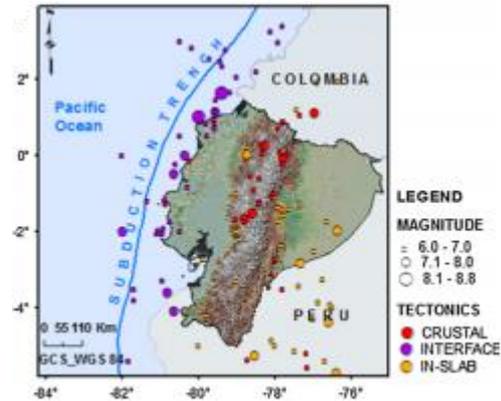
#### **Objetivos Específicos**

1. Identificar daños frecuentes estructurales y no estructurales en viviendas populares de Guayaquil.
2. Realizar metodologías de reparación estructural optimizando los recursos económicos.
3. Proveer procesos constructivos de albañilería para las deficiencias encontradas.
4. Mejorar las condiciones estructurales de las viviendas siendo capaces de prevenir el colapso ante sismos de menor magnitud.
5. Implementar técnicas las cuales incrementen la durabilidad de los elementos afectados.

## 1.5 Información relacionada al área de estudio

### 1.5.1 Generalidades

A lo largo de la historia por su ubicación el Ecuador ha estado expuesto a sismos de gran magnitud como se observa en la figura 1.2 registrando sismos de mayor a 6 en la escala de Richter (Parra, Benito, & Gaspar-Escribano, 2016).



**Figura 1.2 Epicentros de sismos  $M_w > 6.0$  en Ecuador. [Parra, 2016]**

### 1.5.2 Ubicación Geográfica

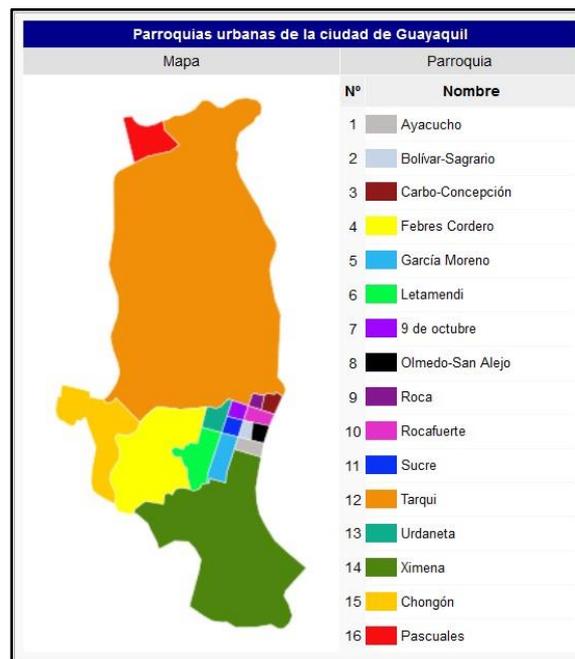
El proyecto se basa en dos sectores de Guayaquil los cuales son Bastión Popular y La Isla Trinitaria, como muestra la figura 1.3 Bastión Popular se encuentra en el norte y la Isla trinitaria al sur de la ciudad. A causa de su ubicación ambos sectores presentan propiedades de suelo distintas, en el primer caso las viviendas están sobre roca y sobre rellenos o suelo blando en el otro.



**Figura 1.3 Ubicación zonas de estudio Bastión Popular e Isla Trinitaria en la ciudad de Guayaquil. Fuente: Google Earth**

### 1.5.3 Demarcación Política

El cantón Guayaquil está organizado por 21 parroquias como se puede observar en la figura 1.4, de estas 16 son urbanas y 5 rurales. Las áreas de estudio se encuentran ubicadas en la zona urbana de la ciudad, Bastión Popular es parte de la parroquia Tarqui y la Isla Trinitaria de la parroquia Ximena. Ambas parroquias son urbanas; sin embargo, existen viviendas que aún son invasiones es decir no están registradas por el catastro municipal.



**Figura 1.4 Parroquias urbanas de Guayaquil. [Fuente: M.I. Municipalidad de Guayaquil]**

### 1.5.4 Organización Comunitaria

El Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Guayaquil rige la ciudad, siendo elegidos democráticamente por elecciones populares por el derecho a sufragio de los habitantes de cada parroquia.

### 1.5.5 Población

En censo popular del 2010 se cuantificaron el número de habitantes de la ciudad de los cuales el sector de Bastión Popular poseía un total de 85172 habitantes y en la Isla Trinitaria se obtuvo 75605 habitantes. (INEC, 2011). Estos valores debieron haber incrementado considerablemente considerando el aumento exponencial de la población en la ciudad. Por esta razón se escogieron muestras de cada población para realizar el estudio como se muestra en las figuras 1.5 y

1.6, para el sector de Bastión se seleccionó las viviendas en la parte más alta del cerro, siendo 123 casas inspeccionadas y para la Isla Trinitaria se seleccionaron 108 viviendas del sector Mandela 2.



**Figura 1.5 Viviendas de muestra de Bastión Popular del Bloque 11 y 10 A [Desarrollado: Google Earth Pro]**



**Figura 1.6 Viviendas de muestra de Isla Trinitaria Barrio Mandela 2 [Desarrollado: Google Earth Pro]**

### 1.5.6 Actividad Productiva

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) realizó la Encuesta de Estratificación de Nivel Socioeconómico a las ciudades más pobladas del Ecuador, que permitió encasillar a grupos socioeconómicos según la realidad de los hogares, quedaron establecidos 5 clases de grupos. En la zona de estudio ambos barrios son populares obteniendo en base a la encuesta que las clases más representativas en estos sectores son las dos más bajas C<sup>-</sup> y D. Para los

grupos C, los jefes de familias en su mayoría desempeñan trabajos de servicios, comerciantes, operadores máquinas, de instalaciones, y otros inactivos. Sólo un 48% de los hogares está afiliado al IESS. Para los grupos D, los jefes de hogares realizan labores no calificadas, comerciantes, vendedores informales y muchos más inactivos. Sólo el 11% está afiliado al IESS. (INEC, 2011)

### 1.5.7 Topografía

Bastión Popular se eligió por su ubicación geográfica la cual se encuentra en una zona con curvas de nivel de cotas hasta los 75 msnm con una diferencia hasta el nivel más bajo de 30 msnm, es decir se encuentra sobre un cerro, como se muestra en la figura 1.7, por otro lado, la segunda zona de estudio es la Isla trinitaria las cuales están en una zona plana con curvas de nivel sólo bordean los 3 msnm.

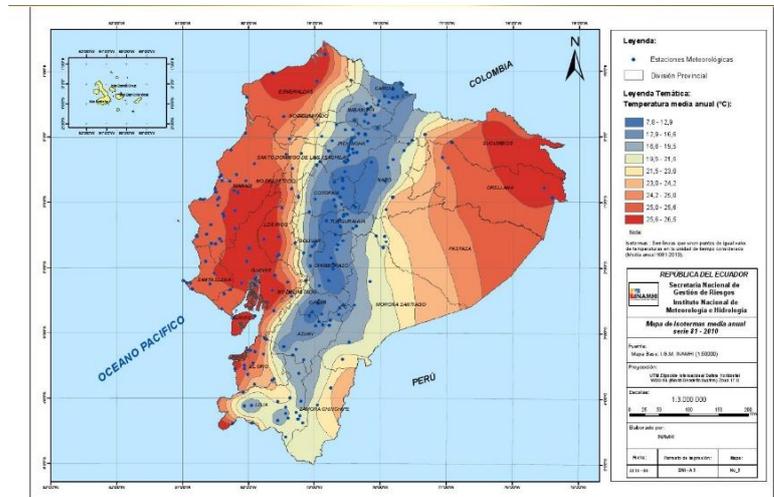


**Figura 1.7 Topografía de Bastión Popular [Desarrollado: Google Mapper, 2020]**

### 1.5.8 Clima

La ciudad de Guayaquil está sometida a dos corrientes marinas las cuales son, una fría proveniente por la corriente de Humboldt y la cálida por El Niño, por esta razón el clima de la ciudad posee un tipo tropical sabana. En todo el año tiene sólo dos estaciones invierno época de lluvias y el verano época seca. La temperatura media de la ciudad se encuentra entre los 25°C siendo de color rojo como se ilustra en la figura 1.8 la cual indica los isotermas del Ecuador y la zona de

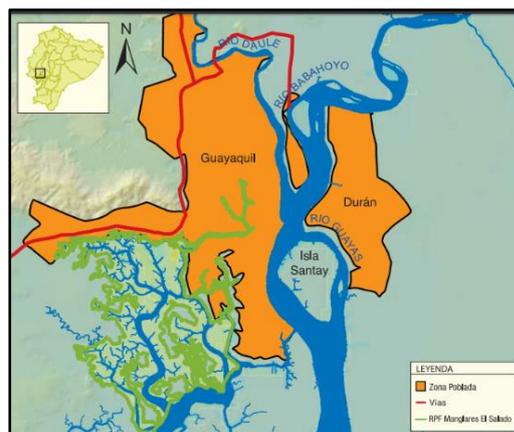
Guayaquil posee la temperatura más alta según el rango mostrado (INAMHI, 2010).



**Figura 1.8 Mapa de Isotermas del Ecuador desde 1985-2010. [INAMHI, 2010]**

### 1.5.9 Flora

El sector de Bastión popular al ser un área de cerro posee grandes árboles en su mayoría de mangos según las inspecciones realizadas, además de algunas zonas que no sufrieron asentamientos de viviendas las cuales aún poseen la maleza típica de este tipo de lugares. Por otro lado, la Isla Trinitaria la cual está rodeada del estero salado como se muestra en la figura 1.9 se encuentra la zona protegida del “Manglar El salado”, para este manglar se ha creado una reserva ecológica debido a que posee 10635 hectáreas de manglar y el resto del estuario, la cual es importante para la flora del Golfo. (Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, 2014)



**Figura 1.9 Mapa zona protegida “Manglar El Salado”. [Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, 2014]**

## 1.6 Fundamentación Teórica

### 1.6.1 Jojutla 2017

México es uno de los países referentes para nuestro país respecto a normativas de construcción debido a que con su experiencia por ser un país sísmico ha aportado datos importantes para realizar distintos documentos respecto a diseños sismorresistentes como con el devastador sismo de 1985 el cual dejó grandes enseñanzas y cambios en los códigos. En año 2107 en Jojutla, Morelos se registró un sismo de magnitud de 7.1 en la escala de Richter, el cual ocasionó grandes daños en la ciudad debido a que las estructuras estaban realizadas con malos procesos constructivos, falta de aplicación de las nuevas normas sismorresistentes y por ampliaciones inadecuadas en los inmuebles. Se cuantificaron alrededor de 73 muertes y más de 23000 edificaciones afectadas con daños estructurales y no estructurales. (Servicio Sismológico Nacional, 2017) Las inspecciones posteriores al sismo identificaron varias causas las cuales fueron que la mayoría de las edificaciones en la zona urbana, que poseen plusvalía, son diseñadas arquitectónicamente, pero con diseño estructurales defectuosos que no cumplen los criterios sísmicos vigentes. Por otro lado, en las zonas rurales, fueron mucho más vulnerables por la falta de controles de las viviendas y el abuso de la “autoconstrucción” debido a que los albañiles no se rigen por las normativas y códigos sino únicamente por su empirismo. (García-Carrera, Mena-Hernández, & Bermúdez-Alarcón, 2018).

En la figura 1.10 se muestra como una escuela tuvo un colapso total de la estructura debido a que las columnas fallaron por falta de confinamiento y estribos demasiados espaciados.



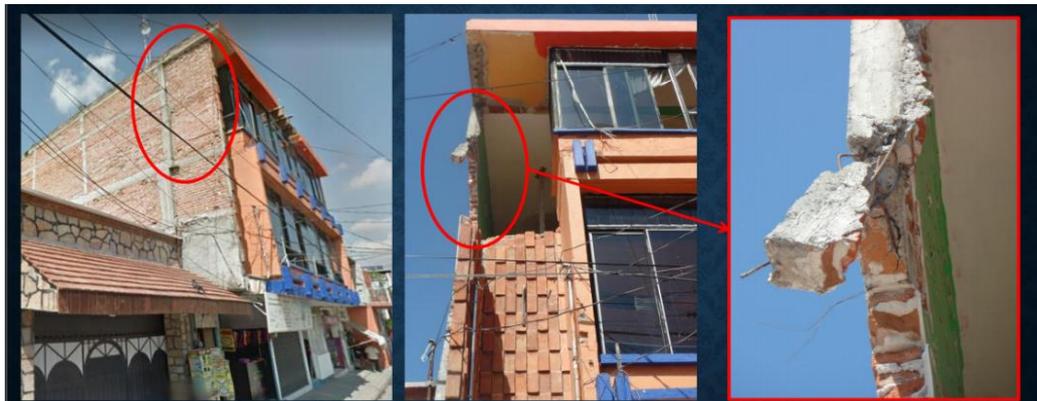
**Figura 1.10 Instituto Educativo Morelos de Jojutla. [Fotografía: P. Rojas, 2017]**

En la figura 1.11 se muestra una vivienda de una planta la cual después del sismo sufrió pérdida del enlucido y elementos de fachada y además de un colapso parcial de la mampostería. En las inspecciones se determinó un grave daño estructural.



**Figura 1.11 Vivienda de hormigón y ladrillos. [Fotografía: P. Rojas, 2017]**

En la figura 1.12 se observa una vivienda de 3 plantas la cual muestra fallas de mampostería, fractura de columna y ausencia de pilaretes esquineros, sólo posee bloques de ladrillo.

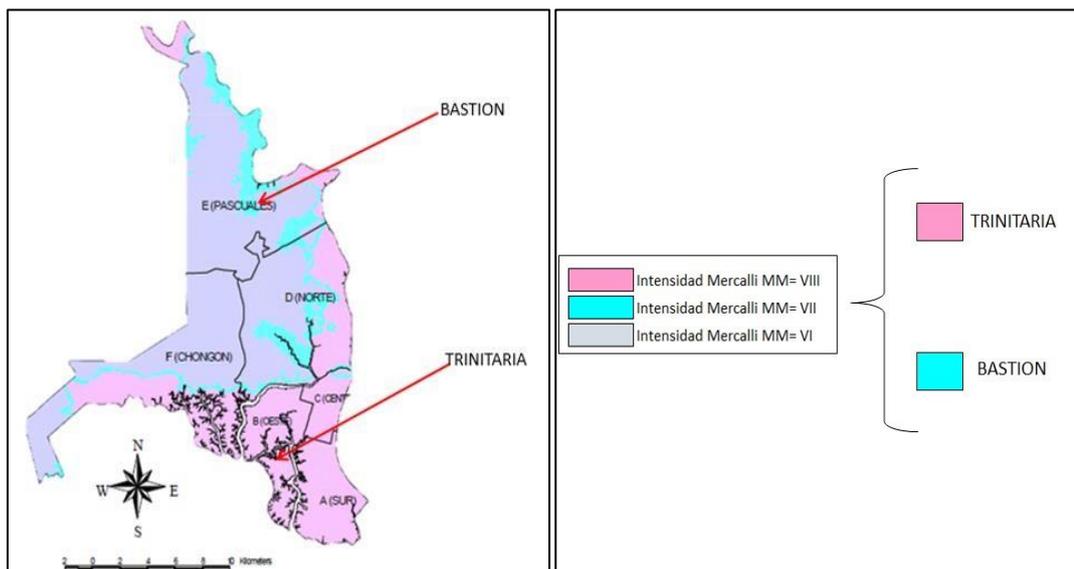


**Figura 1.12 Edificio comercial y viviendas. [Fotografía: P. Rojas, 2017]**

Se referencia el terremoto de la ciudad de Jojutla debido a que posee cierta similitud con la ciudad de Guayaquil, en lo que se refiere a la parte urbana marginal, la cual es nuestro caso de estudio, demostrando visualmente las consecuencias de la informalidad, falta de criterios técnicos al momento de construir y hacer caso omiso de las especificaciones de las normativas de construcción sísmica vigentes.

### 1.6.2 Proyecto RADIUS

En el año 1999 se realizó el proyecto RADIUS en donde la ciudad de Guayaquil fue una de las elegidas para desarrollar la investigación de la evaluación de riesgos en zonas urbanas ante desastres sísmicos, respaldado por la Municipalidad de Guayaquil para ser parte del Plan de desarrollo urbano de la ciudad. El proyecto se basó en la probabilidad de ocurrencia de un sismo de magnitud 8 en la escala de Richter a 200 km de la ciudad de Guayaquil. Al evaluar los efectos de un sismo de tal magnitud se identificaron las distintas intensidades en las diferentes zonas de la ciudad, debido a que existen distintas variaciones geológicas y por ende la velocidad de la roca sometida al sismo serán diferentes tal como lo muestra la figura 1.13, en donde resalta las zonas de estudio de Bastión y Trinitaria con intensidades en escala de Mercalli VII y VIII respectivamente. (Argudo, 2000).



**Figura 1.13 Intensidad del sismo Proyecto RADIUS. [Argudo, 1999]**

En el año 1999 se determinó que las pérdidas económicas estimadas serían alrededor de 2000 millones de dólares de ese tiempo. Por tanto, el proyecto concluyó con un plan para la Gestión del Riesgo sísmico y un plan de acción el cual se realizó en base a la evaluación de riesgo sísmico que estuvieron respaldados por entes institucionales, además de aumentar la conciencia del existente riesgo sísmico para la ciudad y las autoridades. Por parte de la amplia cobertura mediática que obtuvo el proyecto se pudo difundir a la ciudadanía y también a las autoridades competentes para reducir el riesgo existente.

### 1.6.3 Parámetros de vulnerabilidad sísmica

En el análisis de evaluación de vulnerabilidad sísmica se implementaron diferentes parámetros ponderados para realizar el estudio, se partió de distintas metodologías de matrices de vulnerabilidad sísmica y se concluyó que los siguientes parámetros son los indicados para realizar la evaluación (González & Loja, 2019).

1. Tipo de sistema resistente
2. Posición del edificio
3. Número de pisos
4. Configuración en planta
5. Regularidad vertical
6. Piso blando/aberturas
7. Daño existente
8. Calidad de construcción

### 1.6.4 Niveles de desempeño sísmico

La filosofía de un diseño sismorresistente comprende tres niveles de desempeño estructural ante tres ocurrencias de sismos para cualquier tipo de estructura.

**Tabla 1.1 Desempeño sísmico de una estructura [NEC, 2015]**

Nivel de desempeño	Sismo	Objetivo	Daño
Nivel de servicio	Sismo de servicio	Ocupación Inmediata	No hay daño en los elementos estructurales y no estructurales
Nivel de daño	Sismo ocasional	Protección de la vida	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trabaje la estructura al límite de su resistencia elástica.</li><li>• Sin daños elementos estructurales.</li><li>• Daños en los elementos no estructurales.</li></ul>
Nivel de colapso	Sismo de diseño	Prevención de colapso	<ul style="list-style-type: none"><li>• La estructura llega al rango inelástico.</li><li>• Cierta grado de daño elementos estructurales.</li><li>• Severos daños en los elementos no estructurales</li></ul>

### 1.6.5 Evaluación de vulnerabilidad Sísmica

Del previo estudio realizado en la Fase 1 del proyecto se extrajo la información más importante para el desarrollo de la fase 2 la cual sería la rehabilitación local de las viviendas inspeccionadas tratando de reparar aquellas falencias encontradas que las encasillan como viviendas vulnerables.

#### 1.6.5.1 Daño Estructural

En las inspecciones realizadas a cada una de las casas de la zona de estudio, se realizó un balance estadístico en escala de grado de daño, lo cual nos muestra las condiciones estructurales de las viviendas y cuáles serían las más afectadas por el sismo. En la figura 1.14 se observa el grado de daño de las viviendas de Bastión Popular dándonos un 42% sin daño y 18% con daño severo y en la figura 1.15 se ilustra el daño en la Isla Trinitaria donde un 52% de las casas no poseen daño estructural y un 15% tienen daños severos, estos datos son una muestra del lugar; sin embargo, de algunas casas no se pudo conocer su interior por ende ese porcentaje de daño puede aumentar o disminuir de acuerdo con las condiciones internas de las viviendas. Adicionalmente, la deficiencia más relevante es la falta de recubrimiento en las columnas (González & Loja, 2019).



**Figura 1.14 Daño Estructural viviendas de Bastión Popular [González & Loja, 2019]**



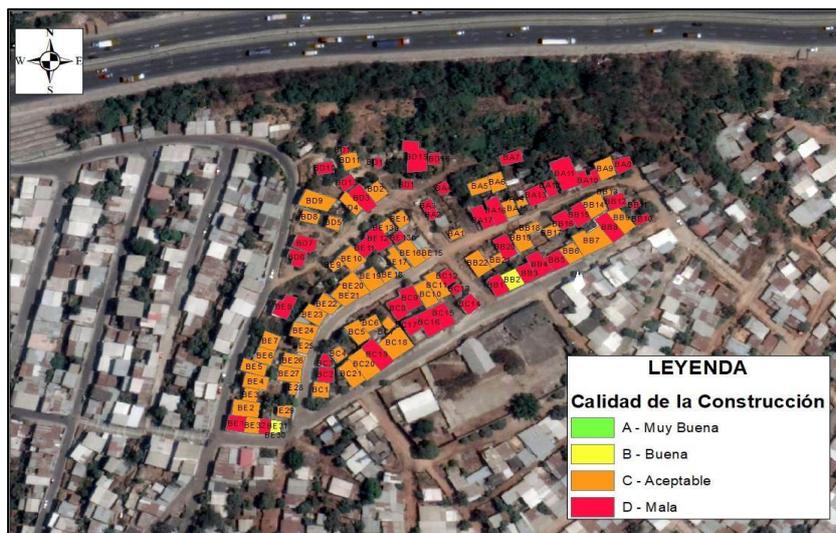
**Figura 1.15 Daño estructural viviendas de la Isla Trinitaria [González & Loja, 2019]**

### 1.6.5.2 Calidad de Construcción

El criterio de la calidad de construcción es subjetivo, depende del que realiza la inspección además de no tener una evaluación final respecto al total la vivienda como su interior. Según lo inspeccionado las figuras 1.16 y 1.17 indican que un 53% de las viviendas en Bastión popular y un 46% en la Isla Trinitaria poseen una construcción aceptable sin embargo no llegan ni al bueno en la escala mostrada, esto se debe a que las viviendas poseen ratoneras, discontinuidades en los elementos y demás deficiencias. (González & Loja, 2019)



**Figura 1.16 Calidad de la construcción de la Isla Trinitaria [González & Loja, 2019]**



**Figura 1.17 Calidad de la construcción de Bastión Popular [González & Loja, 2019]**

### 1.6.5.3 Calidad del material

Al inspeccionar las viviendas de la zona de estudio se realizó un ensayo para determinar la calidad del material con el que se realizaron las casas, se utilizó el ensayo de martillo rebote para obtener la resistencia a la compresión que posee el hormigón utilizado para la construcción, en donde los resultados salieron que la resistencia está entre 110 a 160 kgf/m<sup>2</sup>, lo cual implica que el hormigón utilizado es de pobre calidad.

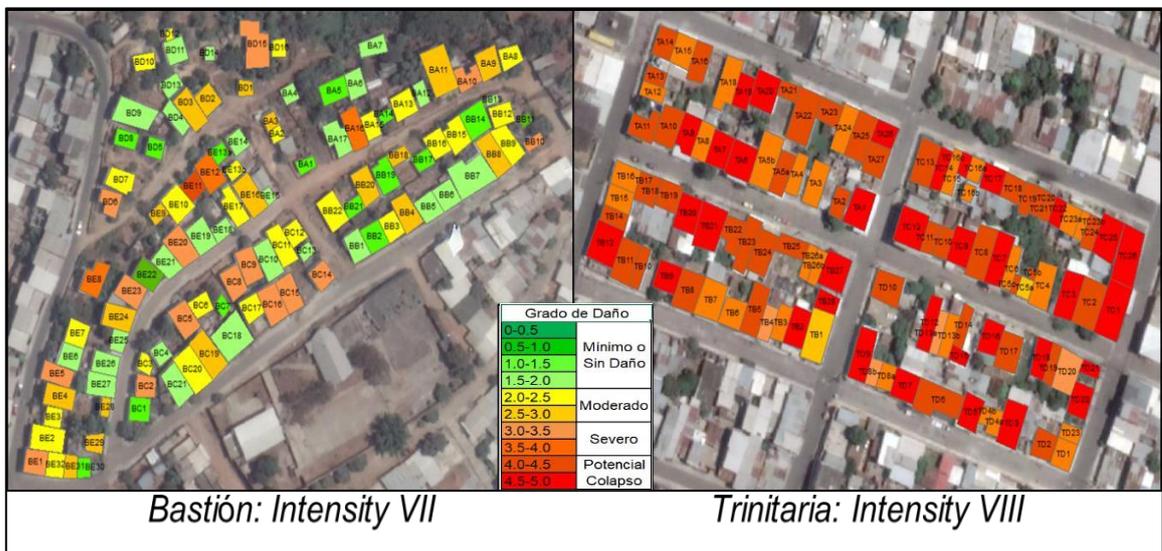
**Tabla 1.2 Resultados del ensayo esclerométrico [González & Loja, 2019]**

Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	
Trinitaria	Bastión Popular
110*	110*
110*	150*
129*	120*
129*	158*
158*	220
370	249
370	320

(\*) No cumplen la resistencia mínima a la compresión.

### 1.6.5.4 Vulnerabilidad Sísmica

No es correcto el suponer que la misma intensidad funciona para ambos sectores durante un evento sísmico debido a que las condiciones del sitio son diferentes en cada caso, por lo que el proyecto RADIUS adopta un sismo de diseño cuya intensidad varía con cada sector. Teniendo en cuenta esta información, se puede conocer los niveles de daño de ambos sectores mostrados en la Figura 1.18 ante el sismo de diseño en los sectores de Trinitaria muestra un grado de daño notablemente mayor que Bastión Popular, debido a que uno se encuentra sobre cerro roca firme y el otro en una zona de suelo blando.



**Figura 1.18** Grado de daño en las zonas de estudio. [González & Loja, 2019]

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Formulación, descripción y selección de alternativa óptima

#### 2.1.1.1 Características técnicas

Realizar un estudio previo de las viviendas es indispensable para desarrollar los procesos constructivos de reparación, debido a que se pueden determinar cada una de las deficiencias de las casas sean estructurales o no estructurales.

El proyecto se basa en las inspecciones realizadas en la fase 1 del proyecto de evaluación de vulnerabilidad sísmica, con el cual se deben determinar las afectaciones más comunes o repetidas en las viviendas para así desarrollar los procesos constructivos en base a cada una de esas falencias y plantear las soluciones pertinentes.

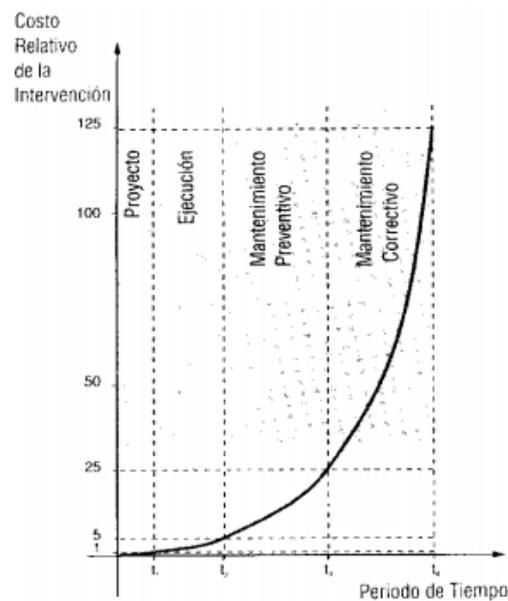
Una buena parte de las viviendas en la zona de estudio, necesitan reparaciones debido a que las casa son construcciones informales las cuales no poseen análisis técnicos, diseño estructural o planos. Por lo tanto, al presentar las soluciones deben ser lo más rápido posible de realizar y garantizar un proceso de construcción efectivo para que cada una de las reparaciones satisfagan los siguientes parámetros:

- ✓ Reemplazar hormigón de mala calidad
- ✓ Restaurar la integridad estructural de la vivienda
- ✓ Restituir la geometría de los elementos.
- ✓ Incrementar la durabilidad de los miembros afectados.

Las deficiencias estructurales son evolutivas es decir que tienden a agravarse con el tiempo incorporando nuevos problemas que en un principio eran más fáciles de resolver. Por lo tanto, es importante que las reparaciones se realicen lo más pronto posible y así poder garantizar la integridad de las personas que viven ahí. Las características antes mencionadas serán las principales para realizar los procesos constructivos de las alternativas.

### 2.1.1.2 Características económicas

El proyecto se debe manejar bajo el criterio de viabilidad económica debido al estrato social de las personas que viven en las zonas de estudio. Implementar metodologías de reparación con bajos presupuestos para que los dueños de las viviendas tengan a su alcance poder reparar las fallencias de sus casas. Por lo general una vivienda bien diseñada que cumpla con los criterios sismorresistentes y que cumplan los códigos de construcción va a poseer igualmente una curva ascendente de acuerdo con el tiempo de vida útil de la infraestructura tal como se describe en la figura 2.1. una línea de tendencia exponencial de la gráfica Costo vs Tiempo (Rostam, 1984)



**Figura 2.1 Curva evolutiva de costos de una construcción. [Rostam, 1984]**

Las viviendas de la zona de estudio no son proyectos nuevos y la curva mostrada en la figura 2.1 fue desarrollada con proyectos de nuevas construcciones. Sin embargo, si puede tener la misma tendencia exponencial debido a que lo importante es identificar que al transcurrir el tiempo y no realizar mantenimientos o reparar daños después de la etapa de construcción, como en el caso de estudio de una construcción informal los costos de una reparación van a incrementarse significativamente debido a que cada vez van a agravarse y desarrollar nuevos daños a raíz del problema inicial lo cual costaría demasiado para las personas que viven ahí.

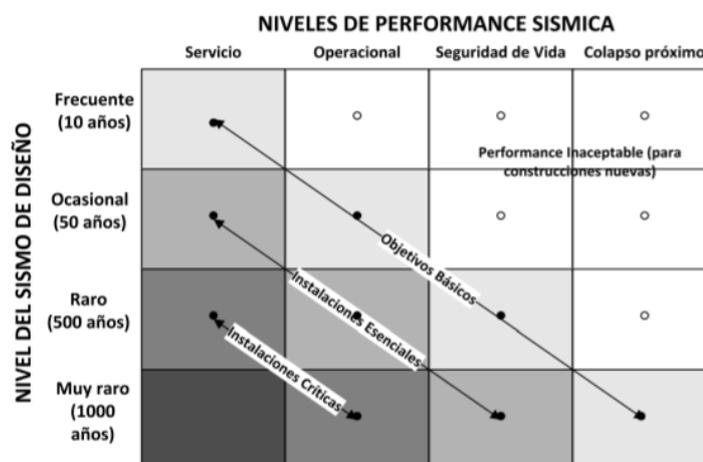
### 2.1.1.3 Características sociales

La zona de estudio radica en dos sectores populares de la ciudad de Guayaquil, la Isla Trinitaria y Bastión Popular, los cuales son catalogados según la INEC como clase C y D, las clases más bajas de la escala socioeconómica. Por lo tanto, de acuerdo con estas condiciones las familias que viven en estos sectores no poseen un poderío económico suficiente para poder rehabilitar sus viviendas.

Como se ha visto a lo largo de eventos telúricos en diferentes lugares alrededor del mundo, las viviendas más afectadas son las de zonas urbanas marginales con casas de 2 o un piso, las cuales poseen las mismas deficiencias estructurales, así como se ejemplificó en el capítulo 1, de los casos de Jojutla y Pedernales. Por esta razón es imperativo que se busquen soluciones rápidas y viables económicamente para que un ente municipal o gubernamental pueda poner en marcha un proyecto a gran escala y así ayudar a estas familias con las deficiencias de sus viviendas antes de que ocurra un sismo.

### 2.1.1.4 Características ambientales

Uno de los problemas medioambientales son los escombros que se producen luego de un colapso de la vivienda. Estos desechos contienen en su mayoría sustancias tales como el asbesto, plomo, arena, polvo, las cuales generan un problema de salud a corto y a largo plazo si no se cuenta con el debido protocolo de traslado. En el presente caso de estudio se tomaron en cuenta la vulnerabilidad de las viviendas tal como en la figura 2.2.



**Figura 2.2 Matriz de Objetivos de Desempeño Sísmico [Bertero, 2002]**

### 2.1.1.5 Características legales

La constitución de la Republica del Ecuador en su artículo 30 menciona:

*“Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.”*

En el campo legal de la construcción, para empezar con el levantamiento, remodelación, ampliación o modificación de una vivienda se necesita cumplir con los reglamentos de los GAD (Gobiernos Autónomos Descentralizados) y requisitos descritos en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015) tales como:

1. Estudios de suelo que comprende el número de sondeos y el tipo de suelo en la cual se va a asentar la vivienda.
2. Estudios estructurales en las que se detalla el tipo de vivienda, el análisis estructural de acuerdo con los parámetros sísmicos y los elementos estructurales involucrados.
3. Estudios sanitarios que involucra la esquematización de las redes de agua potable, aguas servidas, aguas lluvia y los respectivos aparatos hidrosanitarios con sus debidos accesorios.
4. Estudio del cableado eléctrico que representa la distribución de los accesorios y dispositivos que permiten la repartición de energía eléctrica desde la subestación correspondiente al domicilio de manera segura cumpliendo con las normas técnicas vigentes.

Cabe resaltar que la mayoría de las viviendas que se mencionan anteriormente, no cumplen con los permisos y requisitos mínimos para que hayan sido construidas, como se evidenció en las inspecciones realizadas en la fase 1 del proyecto. Por este motivo el proyecto se basa en garantizar que las reparaciones a realizar cumplan con su objetivo de resistencia y serviciabilidad en base a la condición actual, las cuales no llegan a ser elementos dúctiles, pero cuando exista algún evento sísmico menor, los habitantes posean mayor tiempo de evacuación ante un tentativo colapso y en el peor de los casos necesitarían una rehabilitación global o demolición.

## 2.1.2 Descripción de las alternativas

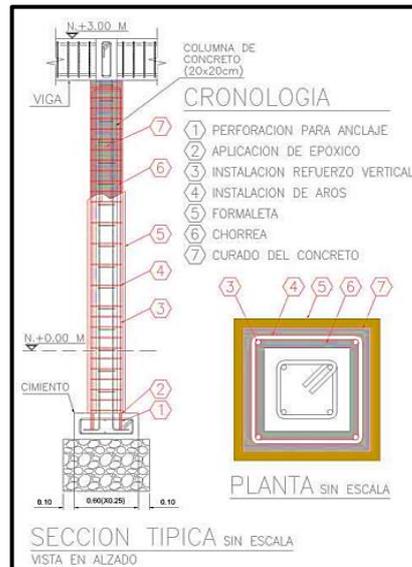
### 2.1.2.1 Alternativa A: Rehabilitación global

La rehabilitación global de una vivienda empieza desde la revisión de los planos de construcción analizando cada uno de los elementos de la estructura y realizando algunos ensayos de los materiales. Usualmente en una rehabilitación global se utilizan los métodos de recrecido o encamisados, para así aumentar las dimensiones de los elementos y por ende la capacidad de resistencia de las cargas por flexión, axial o cortante.

La técnica de encamisado con estructura metálica implica un análisis de la columna calculando la resistencia faltante, para así dimensionar la placa metálica que soporte la carga adicional y que el núcleo de hormigón actual no falle. Por otro lado, la técnica de recrecido se debe revisar la resistencia actual del elemento y calcular las dimensiones de sobre ancho y acero de refuerzo para la nueva área aumentando la capacidad de ductilidad y resistencia como el ejemplo mostrado en la figura 2.3 y 2.4 (ICOTEC, 2010).



**Figura 2.3** *Reparación global de una vivienda de dos pisos [Sika Perú, 2015]*



**Figura 2.4 Vista en alzado de aumento de sección de una columna [ICOTEC, 2010]**

### 2.1.2.2 Alternativa B: Rehabilitación parcial

Para elementos con fallas por flexión o cortante se han fabricado distintos elementos como placas de polímero reforzado con fibras de carbono para aumentar la ductilidad y resistencia de los elementos. En la figura 2.5 se muestran tejidos de polímero que cubren todo el elemento aumentando las dimensiones y por ende la resistencia axial. Sin embargo, se requiere de personal calificado para poder realizar estas reparaciones, tratamientos previos en los elementos para que la reparación sea satisfactoria y análisis para determinar las dimensiones requeridas.

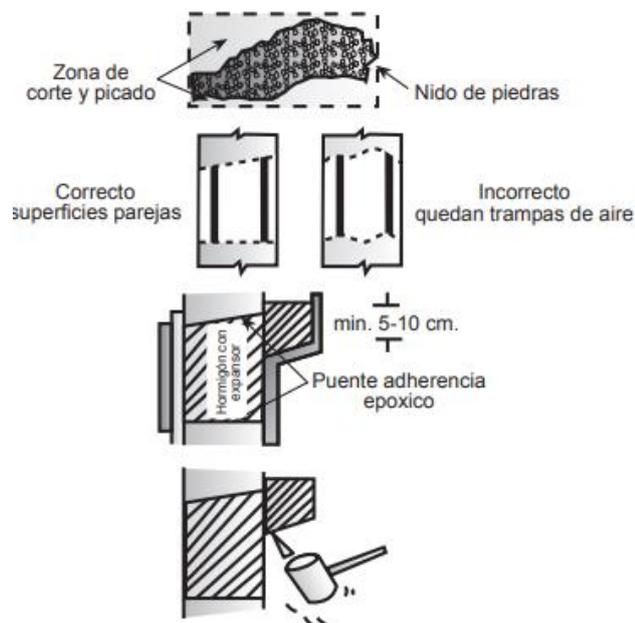


**Figura 2.5 Placas de polímeros reforzados con fibra de carbono [SIKA, 2012]**

### 2.1.2.3 Alternativa C: Rehabilitación local

En la técnica de rehabilitación local, se aíslan los elementos con deficiencias y se analiza las distintas alternativas para repararlo, focalizándose únicamente en el elemento, dependiendo del daño estructural o no estructural se desarrollan procesos constructivos para reparar dicha deficiencia de una manera económica debido a que no se necesita una gran cantidad de material o personal altamente calificado para realizarla como un proceso simple de reparación de un muro con segregación planteado en la figura 2.6.

De acuerdo con la investigación es común que después de un evento telúrico los países planteen guías de albañilería para poder reparar viviendas con daños, sin embargo, es importante recalcar que el principio de este método no es una adecuación sísmica sino únicamente una reparación para viviendas que poseen daños aplicando un conjunto de soluciones de reposición de lo que ya existe, con materiales que se ha evidenciado que poseen un comportamiento aceptable. Este método se basa en manuales de reparación los cuales son avalados por gobiernos de turno para apoyar a los afectados y superar crisis. Beneficia a los evaluadores de riesgos para poder determinar cuán dañada se encuentra la vivienda y así cuantificar el costo de la reparación así no haya ocurrido un evento sísmico que produzca el daño. (Consejería de Obras Públicas y Ordenamiento del territorio de Murcia, 2012)



**Figura 2.6** Guía de reparación de muros. [Consejería de Obras Públicas y Ordenamiento del territorio de Murcia, 2012]

### **2.1.3 Selección de alternativa óptima**

Para la selección de la alternativa óptima la característica que prevalece es la económica, debido a la clase social a la cual se dirige el proyecto, las viviendas de la Isla Trinitaria y Bastión Popular. La capacidad económica de las familias del lugar limita la elección de las técnicas de reparación debido a que deben ser asequibles económicamente. La reparación se debe ajustar a la condición actual que posean debido a que los elementos estructurales no cumplen las normas sismorresistentes por motivo de ser construcciones informales.

En todas las alternativas expuestas se cumplen las características técnicas debido a que cada proceso constructivo es avalado y desarrollado para el propósito de reparar un área deficiente. La alternativa A indica una reparación global la cual sería la ideal. Sin embargo, tendría un costo elevado para estas familias debido a que necesita un análisis profesional y mayor mano de obra, se cumpliría con las normativas, pero a costo de que las familias queden endeudadas. Por otro lado, no sería viable para un proyecto piloto del gobierno municipal debido al contexto actual por la disminución de presupuesto para realizar obras civiles. El mismo factor económico se presenta en la alternativa B la cual posee procesos experimentales de fabricación de elementos nuevos los cuales necesitan personal calificado para poder aplicarlos y eso implica un incremento en el presupuesto.

En conclusión, la alternativa elegida es la C aplicar una rehabilitación local para las viviendas de la zona de estudio, basándose en la característica económica indica que es la alternativa menos costosa y de igual manera cumple con la característica social, la cual es importante debido a que se ajustaría para desarrollar un plan de prevención de reparación hipotético con el presupuesto actual del gobierno municipal para que sea factible implementar un proyecto de esta índole. Con esto se brindaría un apoyo social a los hogares de estos sectores y reparar sus viviendas antes de que ocurra algún evento que pueda comprometer la vida de las familias cumpliendo con garantizar que vivan sin peligros tal como lo indica la constitución de la república. La alternativa escogida está enfocada para adecuar a la vivienda que resistan las cargas gravitacionales y eventos sísmicos menores aumentando la resistencia de los elementos e incrementando el tiempo de evacuación ante un sismo severo.

## **2.2 Información técnica necesaria**

El proyecto se basa en la inspección de 231 viviendas entre los sectores de Bastión Popular y La Isla Trinitaria, de las cuales se obtuvieron imágenes de las características de las casas cualificando sus sistemas estructurales y la calidad de los materiales implementados. Al ser el proyecto parte de una segunda fase de un proyecto global, se ha tenido acceso a las fotografías reales de las condiciones en que se encuentran las viviendas en la actualidad.

Realizando un estudio a las fotografías se puede comprobar que las viviendas son de familias de clase social baja quienes han construido sus casas materiales inadecuados de mala calidad debido a la falta de dinero para contratar a un ingeniero, haciendo caso omiso a los códigos y siendo realizados por albañiles quienes se guían solo por el empirismo que poseen por su vida en la construcción. Por esta razón este tipo de viviendas son catalogadas como construcción informal extrayendo los casos complejos o errores de construcción repetitivos para así establecer un patrón de deficiencias estructurales en estas construcciones para determinar las reparaciones locales pertinentes como indica la alternativa óptima del problema.

### **2.2.1 Viviendas de Bastión Popular**

Las viviendas del sector son construidas en base a hormigones que no tienen la dosificación necesaria por esta razón no llegan a la resistencia a la compresión requerida, debido a que los materiales son hechos por una mano de obra no calificada que se guían por su experiencia y metodologías no tecnificadas. Por ejemplo, al realizar el hormigonado no se posee un control de calidad del material, estas construcciones son realizadas mediante paladas o en carretillas es decir que la cantidad de agua, piedra, arena y cemento colocado no aseguran que la mezcla va a cumplir con la resistencia esperada.

En consecuencia, las viviendas poseen problemas como segregación en sus elementos estructurales tal como se puede observar en la figura 2.7 las columnas pierden la geometría inicial reduciendo el área del elemento lo cual compromete el desempeño de la resistencia a la compresión y puede colapsar simplemente por carga gravitacional convirtiéndose en zonas críticas cuando exista un evento telúrico reduciendo el tiempo de que las personas puedan salir antes que sus viviendas colapsen.



**Figura 2.7 Vivienda de hormigón 2 pisos deficiencias señaladas [González & Loja, 2019]**

Algunas viviendas son construidas con ladrillos de arcilla debido a que son más baratos que los bloques de hormigón como se ve en la figura 2.8 y 2.9, lo cual no es incorrecto; sin embargo, el error radica en que para levantar la pared utilizan morteros de pega deficientes que no cumplen con la resistencia necesaria. Por lo tanto, se terminan generando grietas verticales y horizontales en las hendiduras de las uniones que con el paso del tiempo termina segregando todo el mortero de pega generando huecos en las paredes.



**Figura 2.8 Vivienda de bloque de ladrillo [González & Loja, 2019]**



**Figura 2.9 Vivienda inspeccionada deficiencias señaladas [González & Loja, 2019]**

Al analizar las fotografías del sector se determinó que existen 2 tipos de estructura de cubiertas, una con estructura metálica como la vivienda de la figura 2.10 y otras con cubiertas de estructura de madera como en la figura 2.11. Ambas estructuras poseen techados de láminas de zinc en las cuales sus uniones no son firmes debido a que las conexiones con los elementos de soporte que serían las columnas son ineficientes, el tipo de conexión aplicado no posee soporte y una unión rígida para soportar movimientos laterales.



**Figura 2.10 Iglesia Evangélica construcción de hormigón de un piso [González & Loja, 2019]**



**Figura 2.11 Vivienda residencial de hormigón de un piso [González & Loja, 2019]**

Las viviendas inspeccionadas del sector de Bastión Popular están en su totalidad sobre las laderas del cerro lo que implica que el suelo que soportan sus estructuras es firme, en el cual prevalece la roca según su condición geológica. Sin embargo, en la época invernal poseen problemas de deslizamiento de tierra por este motivo las viviendas poseen muros de contención en las bases de sus estructuras tal como se pueden visualizar posteriormente en las figuras de la 2.12 a la 2.15 las cuales son fotografías reales del lugar.

Por motivos de la mala calidad del hormigón se puede observar lo ineficiente que resulta el tipo de hormigón utilizado el cual es un tipo ciclópeo. Al no poseer un hormigón armado presentan fisuramiento a lo largo de su longitud que provoca finalmente segregación y vacíos alrededor de toda el área provocando pérdida de volumen del muro lo que se conoce como ratoneras. El objetivo de los muros es contener el deslizamiento de tierra por lo tanto está resistiendo fuerzas verticales y horizontales, al existir pérdidas de volumen se puede ocasionar volteo y terminar fallando, provocando el colapso en el peor de los casos de toda la vivienda.



**Figura 2.12 Vivienda inspeccionada deficiencias señaladas [González & Loja, 2019]**



**Figura 2.13 Vivienda con muro de contención dañado en la base de la estructura [González & Loja, 2019]**



**Figura 2.14** Vivienda residencial de un piso de bloque de hormigón [González & Loja, 2019]



**Figura 2.15** Vivienda residencial de dos pisos de bloques de hormigón [González & Loja, 2019]

### 2.2.2 Viviendas de Isla Trinitaria

Las viviendas de la Isla Trinitaria están ubicadas sobre un tipo de suelo aluvial de roca sedimentaria a causa de que las familias poblaron el sector que está cercano al estero salado, además en su mayoría este terreno es de relleno hidráulico es decir que la capacidad portante del material es débil. Por esta condición tiende a generar asentamientos por mala calidad de resistencia de los cimientos de la casa. Por lo tanto, se originan fisuras, grietas o segregación de enlucidos en las paredes tal como se puede observar en la figura 2.16 y 2.17.



**Figura 2.16 Vivienda de un piso con ampliación para garaje [González & Loja, 2019]**



**Figura 2.17 Vivienda residencial de un piso [González & Loja, 2019]**

En el sector de la Isla Trinitaria la mayoría de las viviendas son de un piso como las figuras 2.18 y 2.19; sin embargo, no son exentas a daños estructurales, el principal problema que poseen son en sus conexiones de cubiertas. Al igual que en Bastión Popular existen los mismo tipos de estructura, de madera y acero que no aseguran un desempeño eficiente ante un desplazamiento horizontal únicamente están funcionando respecto a una carga gravitacional.



**Figura 2.18 Vivienda de un piso [González & Loja, 2019]**



**Figura 2.19 Vivienda residencial de un piso [González & Loja, 2019]**

Las viviendas al ser construcciones informales carecen de un nivel técnico para realizar ampliaciones como lo podemos observar en las siguientes imágenes desde la figura 2.20 al 2.23. En las cuales se evidencia inadecuadas ampliaciones sin fundamentos en diseños estructurales para realizarlas. Incremento de pisos a partir de viviendas pequeñas con columnas discontinuas y falta de elementos estructurales en la parte superior como pilaretes o columnas. Pérdida de hormigón en sus columnas y huecos en los bloques de hormigón.



**Figura 2.20 Viviendas de dos pisos con un puente [González & Loja, 2019]**



**Figura 2.21 Viviendas de dos pisos con inadecuadas ampliaciones [González & Loja, 2019]**



**Figura 2.22 Vivienda de dos pisos con un local en la parte inferior [González & Loja, 2019]**



**Figura 2.23 Ampliación lateral de una vivienda de dos pisos [González & Loja, 2019]**

### 2.2.3 Deficiencias Comunes en construcciones informales

Al realizar el análisis de las fotografías mostradas en la sección 2.2. se observa que en las viviendas del sector existen múltiples deficiencias reiteradas de las cuales se ha determinado los siguientes errores que deben repararse debido a que son zonas críticas de acuerdo con los daños de las casas.

- Remoción intencional de hormigón en elementos estructurales.
- Segregación y falta de recubrimiento en la base de columnas.
- Inadecuadas conexiones viga-columna.
- Fisuras en paredes de hormigón.
- Vacíos en muros de contención de muros de hormigón ciclópeo.
- Inadecuada conexión en cubiertas.

### 2.3 Metodología de reparación

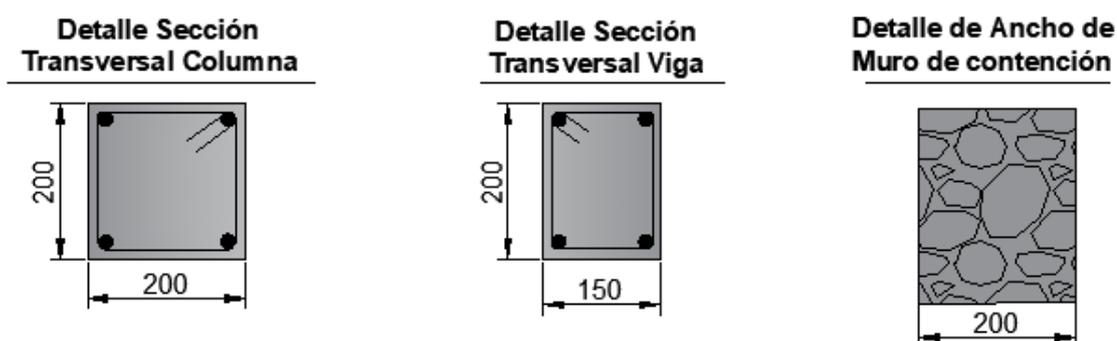
1. Identificación de elementos que necesiten rehabilitarse según fotografías locales de las partes deficientes o evaluación en sitio.
2. Realizar el levantamiento estructural del lugar, iniciar el relevamiento del caso de estudio debido a que no existen planos.
  - Determinar las dimensiones de los elementos estructurales.
  - Si el elemento lo permite observar la armadura, el número y diámetro de las varillas longitudinales y transversales.
  - Realizar ensayos de los materiales determinar la resistencia, propiedades del hormigón  $f'_c$  y acero  $f_y$ .
3. Método constructivo verificar la resistencia y serviciabilidad.
  - Evitar que las viviendas colapsen por carga gravitacional.
  - Incrementar la resistencia de los elementos que soporten la ocurrencia de un sismo frecuente (sismos menores o de menor magnitud).
  - Aumentar la durabilidad de los materiales de la estructura.
4. Evaluar el campo de acción y la parte económica para tomar decisiones.
5. Implementar las reparaciones locales en los elementos deficientes.

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑO, RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Información técnica procesadas

Para desarrollar el diseño de las reparaciones locales se estimaron las dimensiones típicas de los elementos estructurales de acuerdo con las inspecciones realizadas al sector, obteniendo valores representados en la figura 3.1. Las dimensiones comunes de estas viviendas son de 20cm de lado en columnas y en las vigas con dimensiones de 15cm de ancho con 20cm de largo. Además, en el sector de bastión Popular se encuentran muros de contención de hormigón ciclópeo los cuales tienen como máximo 20 cm de espesor.



**Figura 3.1 Dimensiones típicas de elementos estructurales a reparar. Unidades: mm**

Los elementos estructurales tienen armaduras de refuerzo con varillas de acero corrugados longitudinales de 12 mm tanto para vigas como columnas y a su vez con estribos de 5.5 a 8 mm, los muros de contención al ser únicamente de hormigón ciclópeo no poseen ninguna armadura de refuerzo de acero. Las dimensiones y cantidades de los elementos estructurales no cumplen con los códigos que especifica la NEC 2015 además no poseen planos de respaldo para la construcción, lo preocupante es que las viviendas carecen de un diseño sismorresistente lo cual agrava la posibilidad de un posible colapso tanto por el lugar en que se construyeron como por las deficiencias en sus sistemas estructurales, errores por falta de tecnicismo y por utilización de materiales mal dosificados tal como se evidencio en la investigación previa en la sección 1.6.5 con resistencia a la compresión del hormigón que sólo llegaban a los 160 Kg/cm<sup>2</sup>.

## 3.2 Identificación de elementos deficientes

### 3.2.1 Conexión Inadecuada de Viga - Columna

**Elemento:** Conexión Viga-Columna

**Ubicación:** Isla Trinitaria - Guayaquil, Ecuador.

**Deficiencia estructural:** Inadecuada conexión viga-columna.

**Evidencia:**



**Figura 3.2** Vivienda de dos pisos de hormigón con inadecuada conexión entre la columna y la viga con segregación y varillas expuestas. [González & Loja, 2019]

**Descripción de la deficiencia:** La pérdida de hormigón en el elemento reduce su capacidad de resistencia a la compresión en la columna y al perder esto provoca que las varillas se encuentran expuestas a agentes corrosivos tales como aire o agua, produciéndose la oxidación del refuerzo en el elemento perdiendo capacidad de flexión en la viga.

**Causas:**

- Hormigón mal vibrado y dosificación deficiente.
- Falta de recubrimiento requerido.
- Fallas de anclaje y/o de armaduras transversales.
- Mala distribución o insuficiencia de estribos, mal confinamiento.

### 3.2.2 Remoción Intencional de hormigón

**Elemento:** Columna

**Ubicación:** Isla Trinitaria - Guayaquil, Ecuador.

**Deficiencia estructural:** Remoción intencional del concreto

**Evidencia:**



**Figura 3.3 Remoción intencional de hormigón en elementos estructurales inadecuada conexión con otras estructuras [González & Loja, 2019]**

**Descripción de la deficiencia:** Remoción de hormigón por parte de los habitantes de la vivienda, con el fin de enganchar al refuerzo objetos y/o nuevas estructuras, exponiéndolo y, consecuentemente llevándolo a un estado de oxidación. Adicional se observan fallas longitudinales a lo largo del elemento.

**Causas:**

- Remoción del hormigón por los propios dueños del lugar o por falta de tecnicismo de albañiles.
- Colocar elementos de soporte adicionales como cables, clavos, etc.
- Facilidad de colocar una nueva estructura.

### 3.2.3 Segregación del hormigón en elementos estructurales

**Elemento:** Columna

**Ubicación:** Isla Trinitaria - Guayaquil, Ecuador.

**Deficiencia estructural:** Pérdida de recubrimiento en columnas con acero de refuerzo expuesto.

**Evidencia:**



**Figura 3.4 Columnas con falta de recubrimiento y varillas de refuerzo expuestas**  
[González & Loja, 2019]

**Descripción de la deficiencia:** En la mayoría de las viviendas se encuentran columnas con segregación o paños completos que han perdido el concreto es decir el área inicial del elemento ha cambiado reduciendo la capacidad portante del mismo disminuyendo la resistencia a la compresión.

**Causas:**

- Inadecuado espesor de recubrimiento de hormigón de la columna.
- Inadecuada dosificación del hormigón.
- Falta de compactación de la mezcla.
- Sobrecargas no previstas por ampliaciones inadecuadas.

### 3.2.4 Grietas en paredes de bloques de hormigón o ladrillo.

**Elemento:** Paredes

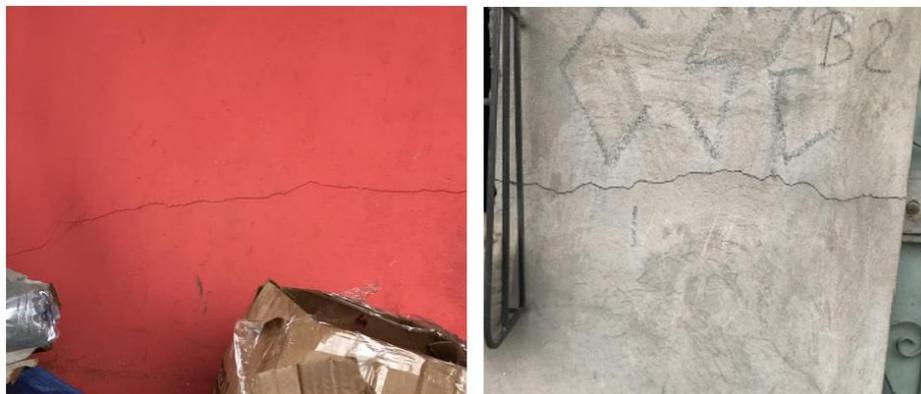
**Ubicación:** Bastión Popular e Isla Trinitaria

**Deficiencia estructural:** Fisuras o Grietas de más de 5 mm.

**Evidencia:**



**Figura 3.5 Fisuras, huecos y grietas en paredes de ladrillo [González & Loja, 2019]**



**Figura 3.6 Fisuras horizontales en paredes de bloque de hormigón [González & Loja, 2019]**

**Descripción de la deficiencia:** Elementos no estructurales como las paredes de bloque de hormigón o ladrillo presentan ciertas fisuras y grietas visibles al sobre pasar los esfuerzos de corte admisibles.

#### **Causas**

- Mortero de pega de mala calidad.
- Ladrillos de mala calidad.
- Grietas por esfuerzos de corte superiores a la capacidad del elemento.

### 3.2.5 Cavidades en muros de hormigón ciclópeo

**Elemento:** Muro de contención de hormigón ciclópeo

**Ubicación:** Bastión Popular

**Deficiencia estructural:** Segregación de hormigón creación de cavidades o “ratoneras”

**Evidencia:**



**Figura 3.7** Cavidades en muros de contención de hormigón ciclópeo en el sector de Bastión Popular [González & Loja, 2019]

**Descripción de la deficiencia:** Se encuentran espacios vacíos en la superficie de los muros de contención lo cual evidentemente disminuye el área y volumen a partir de esto genera una pérdida de capacidad portante. Además, ni poseen orificios para que el agua pueda drenar podría existir daños por humedad.

**Causas:**

- Inadecuado espesor del muro.
- No poseen diseños, es decir no se conoce la capacidad portante del elemento para la carga del suelo aplicada.
- Falta de compactación de la mezcla y/o mal dosificación.

### 3.2.6 Conexiones de cubierta

#### 3.2.6.1. Inadecuada conexión de cubierta con estructura de madera

**Elemento:** Cubierta

**Ubicación:** Bastión Popular

**Deficiencia estructural:** Inadecuada conexión de apoyo de estructuras de madera de cubiertas.

**Evidencia:**



**Figura 3.8 Inadecuadas conexiones en apoyos de cubierta de estructura de madera. [González & Loja, 2019]**

**Descripción de la deficiencia:** Los sectores evaluados al ser de bajos recursos optan por estructuras de cubiertas económicas como las de madera sin embargo los realizan sin un nivel técnico y cometen errores como los de la figura 3.8 los cuales no poseen una correcta unión con el elemento de soporte inferior dejando la impresión que están simplemente apoyado sin empotramientos.

**Causas:**

- Falta de diseño de conexión de cubiertas.
- No poseen empotramientos en la unión madera hormigón.
- Cuarterones de madera con daños por humedad.

### 3.2.6.2. Inadecuada conexión de cubierta con estructura de acero

**Elemento:** Cubierta

**Ubicación:** Bastión Popular

**Deficiencia estructural:** Inadecuada conexión de apoyo de estructuras de acero de cubiertas.

**Evidencia:**



**Figura 3.9 Inadecuada conexión de apoyo de estructuras de cubierta de perfil metálico [González & Loja, 2019]**

**Descripción de la deficiencia:** En la mayoría de las viviendas se encuentran deficientes conexiones en sus cubiertas, en el caso mostrado con estructuras de acero las cuales tienen un inadecuado proceso constructivo en su colocación de las correas en la unión con el elemento estructural de apoyo.

**Causas:**

- Falta de diseño de conexión de cubiertas con estructura de acero.
- No poseen placas de anclaje en la unión acero - hormigón.
- Inadecuada unión entre correas metálicas.

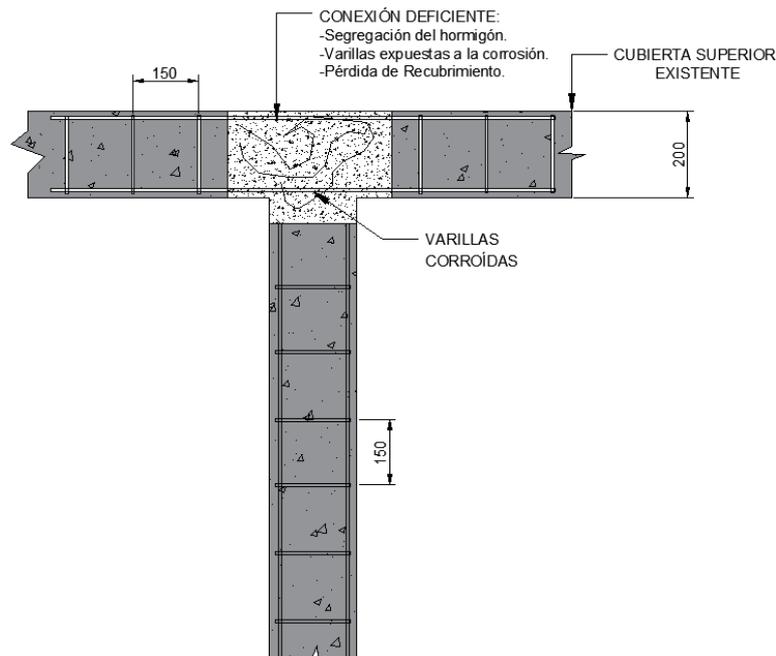
### 3.3 Consideraciones para el Diseño

Los países sísmicos como Chile, México, Colombia y Perú quienes son referente en tecnología constructiva para el Ecuador, sus gobiernos han desarrollado distintas metodologías de rehabilitación de estructuras y los han plasmado en manuales de reparación de viviendas de hasta 2 pisos debido a que estas son las más vulnerables. Las guías de reparación son una medida de prevención para antes o después de la ocurrencia de un terremoto, identificando los daños que poseen y aportando soluciones económicas. Por esta última razón este proyecto se ha basado en estos manuales para poder solucionar los problemas de las deficiencias estructurales de los hogares de estas familias de bajos recursos.

#### 3.3.1 Determinar soluciones para reparación de elementos deficientes

##### 3.3.1.1 Reparación de conexión inadecuada entre viga – columna

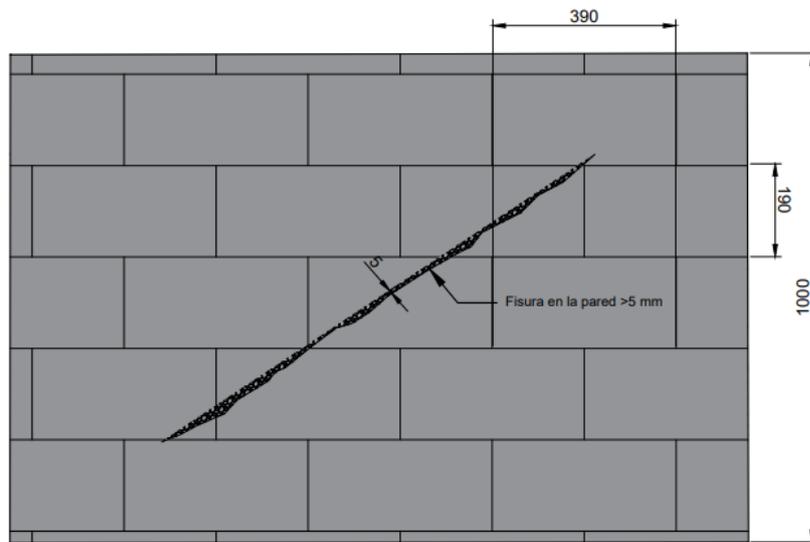
Para desarrollar los procesos constructivos apropiados se realizó un esquema de la deficiencia tal como muestra la figura 3.10, mostrando la conexión inadecuada, considerando las causas probables antes expuestas en la sección 3.2.1 la reparación consistiría de una restitución del monolitismo, demoliendo el elemento localmente aplicar desoxidante en varillas y reposición con mortero estructural tixotrópico (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2010).



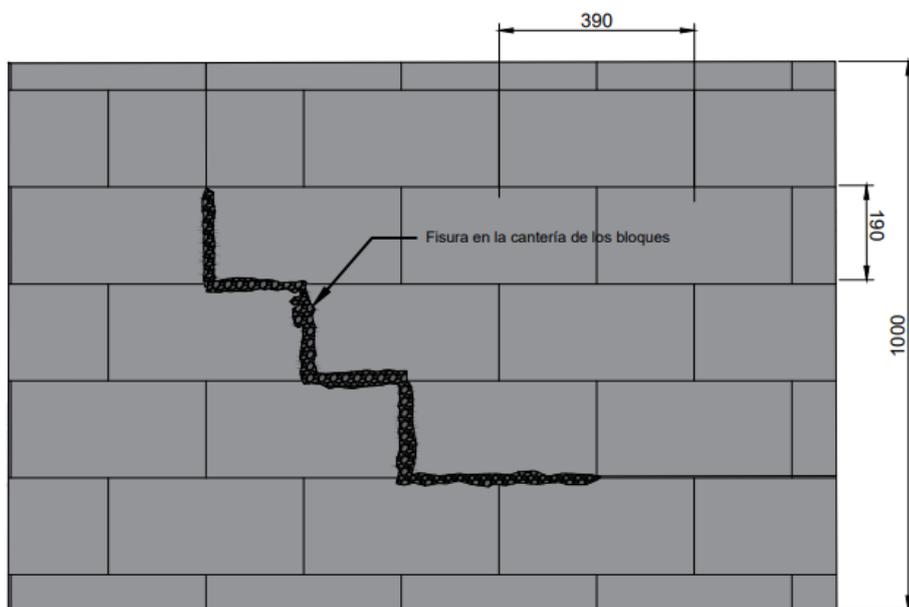
**Figura 3.10 Esquema de conexión inadecuada de unión viga-columna (Unidades: mm). [Autores]**

### 3.3.1.2 Reparación de fisuras en paredes de bloque de hormigón

Existen distintas condiciones y variaciones de la deficiencia, como muestran las figuras 3.11 y 3.12 partiendo de causas probables antes expuestas en la sección 3.2.4. La reparación consistiría en una reconstrucción del elemento, removiendo y reemplazando el mortero de pega, colocando de varillas de refuerzo en el caso de las fisuras inclinadas. Reconstruir el monolitismo del elemento restituyendo con mortero la unión de los bloques en las fisuras verticales y horizontales (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2010).



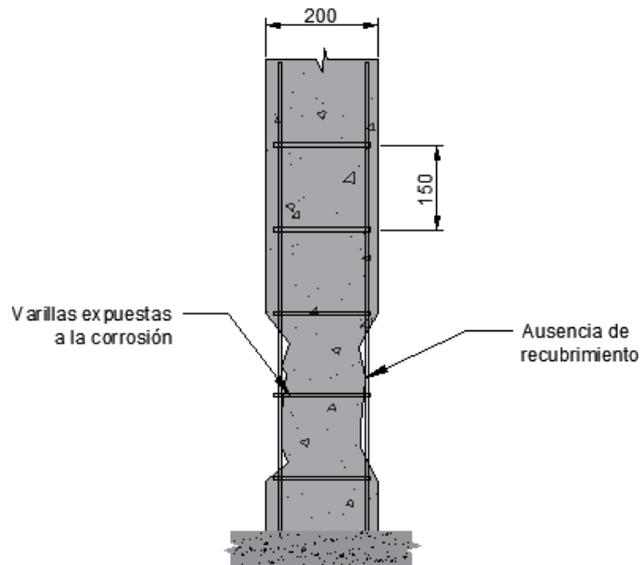
**Figura 3.11 Esquema de fisuras inclinadas en paredes de bloques de hormigón [Autores] (Unidades: mm)**



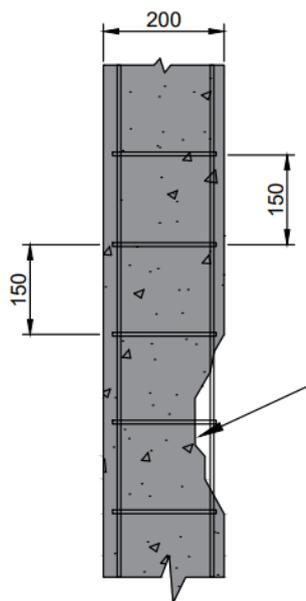
**Figura 3.12 Esquema de fisuras verticales y horizontales en paredes de bloques de hormigón [Autores] (Unidades: mm)**

### 3.3.1.3 Reparación de deficiencias estructurales en columnas

En las figuras 3.13 y 3.14 se ilustran las deficiencias encontradas en las columnas de las viviendas de los sectores evaluados, partiendo de las causas probables que conllevaron estos errores se determinan soluciones posibles. En primer lugar se debe remover el material deficiente, aplicar sustancias desoxidantes en las varillas de acero para proteger la armadura de refuerzo y restituir el monolitismo del elemento mediante morteros estructurales de alta resistencia en las zonas afectadas (Ministerio De Vivienda Y Urbanismo de Chile, 2018).



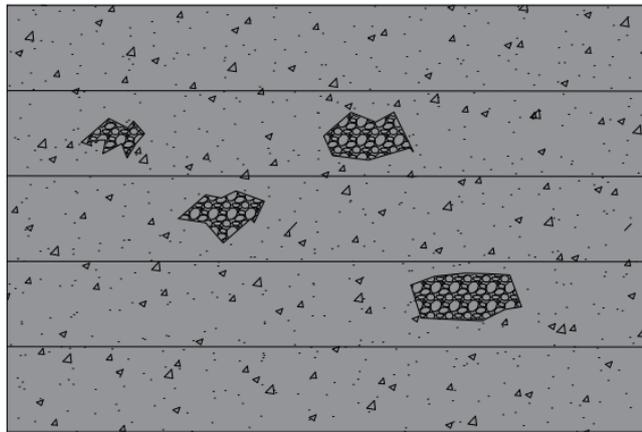
**Figura 3.13 Esquema de deficiencia estructural falta de recubrimiento en columnas [Autores], Unidades: mm**



**Figura 3.14 Remoción intencional de hormigón en columnas [Autores]**

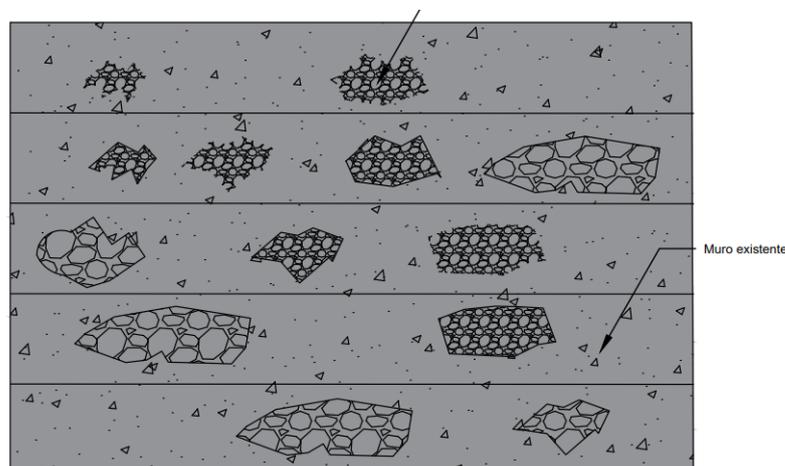
### 3.3.1.4 Reparación de huecos en muros de contención de hormigón ciclópeo

En las fotografías del sector de Bastión Popular las viviendas poseen muros de contención, en ciertos casos las lesiones que tienen los muros no son graves, pero en otros sí, por este motivo se dividirá la solución en dos. En el primer caso como muestra la figura 3.15 se realizará una reparación local de los huecos existentes al ser tan pocos y de menor volumen se devolverá el monolitismo del elemento con mortero de reparación estructural únicamente en las zonas afectadas. (Ministerio De Vivienda Y Urbanismo de Chile, 2018)



**Figura 3.15 Muro de contención con 4 ratoneras en 1m<sup>2</sup> [Autores]**

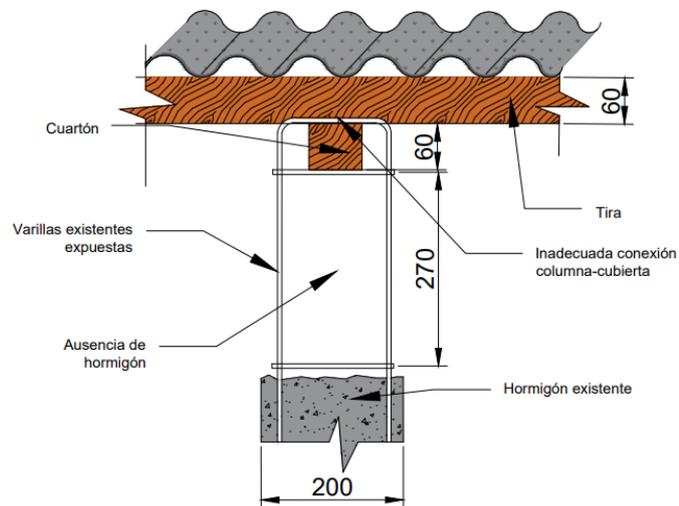
Para el segundo caso la figura 3.16 al tener mayor superficie dañada del área total muro se procederá a realizar un recrecido del elemento, colocando una malla hexagonal galvanizada y aplicando mortero de reparación con un espesor de enlucido de no más allá de 1.5 cm, estas reparaciones no se encuentran en manuales sin embargo lo que recomienda es la aplicación de hormigón lanzado, pero para el caso de estudio no sería viable económicamente.



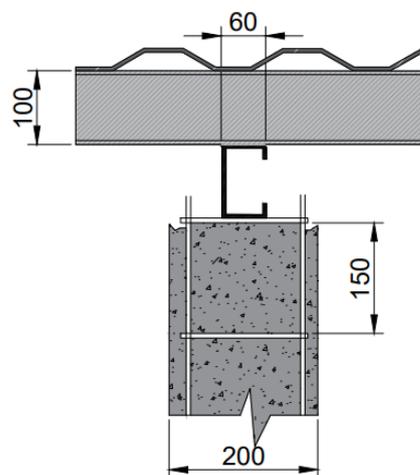
**Figura 3.16 Muro de contención con más de 10 ratoneras en 1m<sup>2</sup> [Autores]**

### 3.3.1.5 Reparación de conexiones de cubierta

A continuación, en las figuras 3.17 y 3.18 se ilustran los tipos de estructuras de conexión de cubiertas en los sectores evaluados. En la primera, la unión es por medio de cuartones de madera como indica la sección 3.2.6 no tienen un correcto empotramiento con el apoyo. La reparación pertinente implicaría que aseguremos la unión por medio de conexiones empernadas tanto entre madera-madera como madera-hormigón si existiese ausencia de hormigón en la parte inferior habría que restaurar esa zona mediante morteros estructurales autonivelantes. Por otro lado, en el segundo caso de estructura de acero se debe embeber la viga de apoyo en mortero autonivelante culminando de fundir la columna y aplicar una soldadura entre los perfiles de acero para asegurar su conexión.



**Figura 3.17 Esquema de deficiencia: Inadecuada conexión de estructura de madera para cubierta [Autores]**

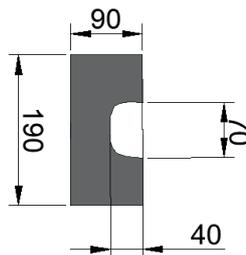


**Figura 3.18 Esquema de deficiencia: Inadecuada conexión de estructura de acero para cubierta [Autores]**

### 3.4 Procesos constructivos

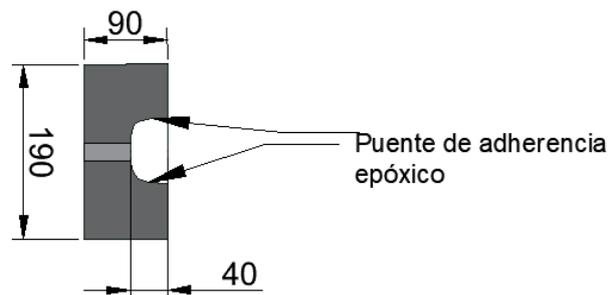
#### 3.4.1 Reparación de fisuras inclinadas de 45° aprox. en paredes.

1. Observar el fisuramiento y verificar que el espesor de la grieta tenga un ancho de más de 5mm para realizar el proceso constructivo posterior.
2. Proceder a picar la fisura con cincel y martillo en un ancho de 5 a 7 cm de espesor centrándose en la grieta, con una profundidad de alrededor de 4 cm desde la cara del bloque. Como se muestra en la figura 3.19 a continuación.



**Figura 3.19 Sección transversal del bloque con dimensiones a picar [Autores]**

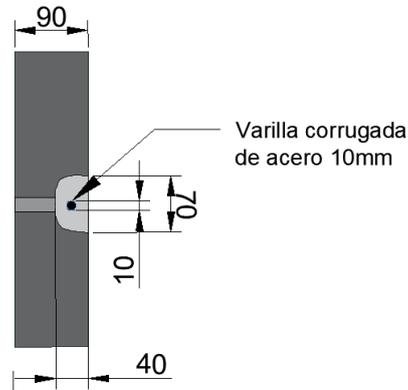
3. Retirar el material suelto procurando dejar una superficie rugosa limpiando el área con una escobilla debido a que no se puede dejar demasiado polvo por motivos de adherencia del puente epóxico.
4. Utilizando un puente adherente de dos componentes mezclar y aplicar en las superficies vacías en donde haya hormigón viejo como en la figura 3.20.



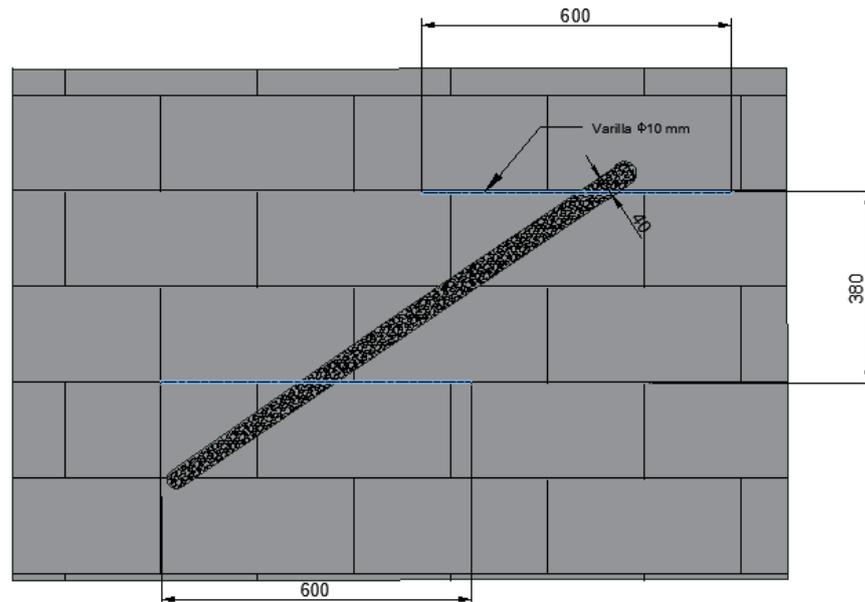
**Figura 3.20 Zonas del bloque donde colocar el puente de adherencia epóxico [Autores]**

5. Preparar la mezcla de hormigón predosificado con cantidad de agua según el fabricante.
6. Cada dos bloques de hormigón de la pared picar de manera horizontal como en la figura 3.22 unos 60 cm de longitud en el mortero de pega para colocar un refuerzo de acero.

7. Colocar una varilla de acero corrugado en la parte previamente picada de diámetro de 10 mm con una longitud de 60 cm tal como se muestra la figura 3.21.



**Figura 3.21 Lugar específico de varilla de acero de refuerzo en el bloque [Autores]**

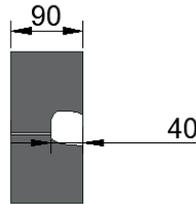


**Figura 3.22 Zonas de la pared removidas y lugares del acero de refuerzo en vista en alzado [Autores]**

8. Por último, colocar el mortero predosificado en toda la grieta de tal manera que se empuje el mortero hacia adentro para que no queden vacíos, procurar que el tiempo no sea muy largo entre la colocación del puente adherente y el mortero.
9. Por cuestión de curado del elemento se debe rosear la superficie rehabilitada con agua por lo menos 2 veces al día durante 3 días para que alcance la resistencia mínima requerida debido a que es un mortero de alta resistencia.

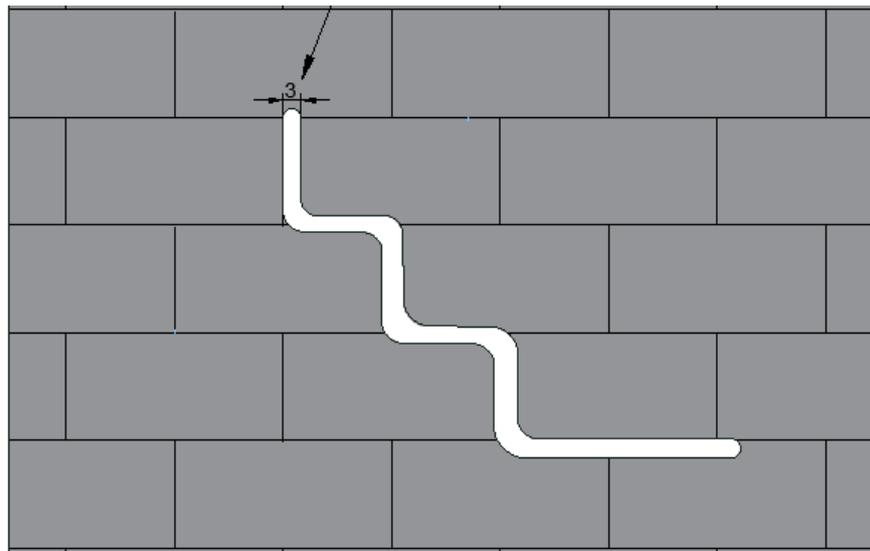
### 3.4.2 Reparación de fisuras o grietas horizontales y verticales.

1. Proceder a picar la fisura con cincel y martillo en un ancho de 3 cm de espesor centrándose en la grieta, con una profundidad de alrededor de 4 cm desde la cara del bloque como se muestra en la figura 3.23.



**Figura 3.23 Dimensiones a picar en el bloque vista lateral de la pared [Autores]**

2. Retirar el material deficiente como se observa en la figura 3.24 dejar una superficie rugosa limpiando el área con una escobilla debido a que no se puede dejar demasiado polvo por motivos de adherencia del puente epóxico.



**Figura 3.24 Vista en alzado de la pared 3 cm de espesor a picar [Autores]**

3. Por último, colocar el mortero predosificado expansivo hacia adentro de la grieta para que no queden vacíos procurando que el tiempo no sea muy largo entre la colocación del puente adherente y el mortero.
4. Se debe rosear la superficie rehabilitada con agua por lo menos 2 veces al día durante 3 días para que alcance la resistencia mínima requerida debido a que es un mortero de alta resistencia.

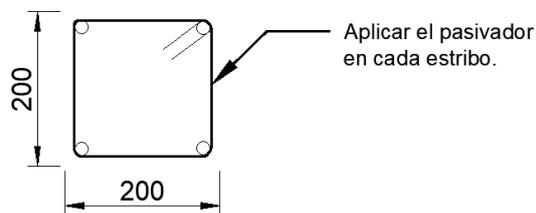
### 3.4.3 Reparación de la segregación de hormigón en la base de la columna.

1. Analizar las zonas afectadas del elemento.
2. Remover el concreto deficiente con el propósito que las varillas sobresalgan para realizar el procedimiento de limpieza respectivo como la figura 3.25.



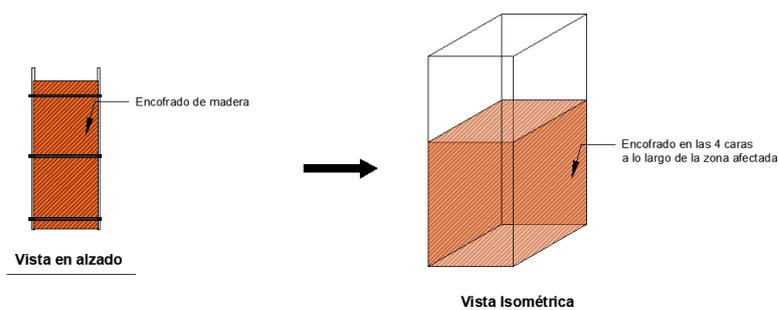
**Figura 3.25 Remover partes afectadas [Autores]**

3. Proceder con la limpieza de varillas mediante un cepillo metálico hasta remover la cantidad de oxido necesaria.
4. Una vez limpio, colocar un pasivador desoxidante en las varillas zonas indicadas en la figura 3.26.



**Figura 3.26 Zonas de la armadura en donde colocar el desoxidante [Autores]**

5. Realizar un pequeño encofrado en la zona afectada de tal manera como la figura 3.27 dejando un espacio razonable para verter el mortero de reparación.
6. Preparar el mortero de reparación predosificado y verterlo procurando dejar cada 20 cm que el mortero se auto nivele.

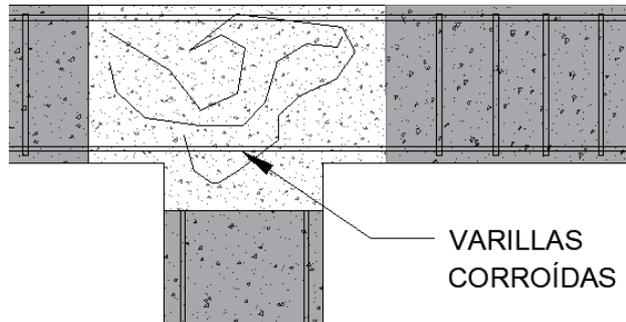


**Figura 3.27 Colocación de encofrado en las columnas [Autores]**

7. Después de 24 horas, proceder a remover el encofrado.

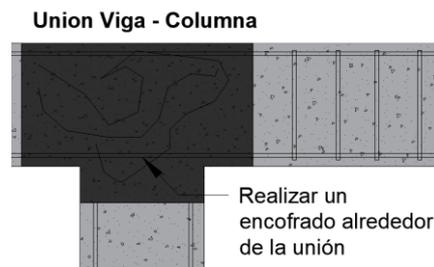
### 3.4.4 Reparación de la conexión viga-columna.

1. Verificar el grado de daño tanto en la columna como en la viga (Unión entre ambos elementos estructurales) tal como se muestra en la figura 3.28.



**Figura 3.28 Zona afectada de conexión con varillas corroídas [Autores]**

2. Proceder a picar con cincel y martillo parte de la unión afectada hasta dejar visible el núcleo tanto de la unión entre la viga y la columna. Esto dependerá de las dimensiones tanto de la viga y la columna para el picado.
3. Verificar visualmente el estado de las varillas. Si estas se encuentran demasiado corroídas, con el cepillo metálico, proceder a remover un poco el óxido, aunque éste ayuda en cierta parte a la adherencia de ciertos morteros.
4. Realizar un pequeño encofrado como se muestra en la figura 3.29 teniendo en cuenta que este debe estar listo debido a que en la zona donde se agregara el relleno de mortero debe estar con el puente adherente epóxico.

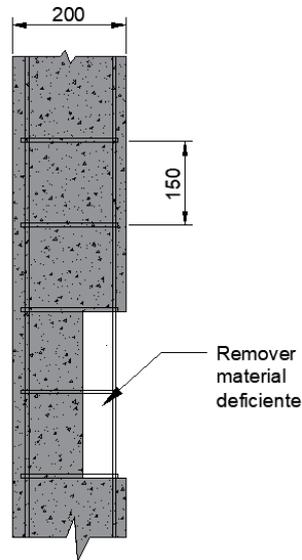


**Figura 3.29 Colocación de encofrado en la conexión [Autores]**

6. Después de aplicar el epóxico, proceder a colocar el encofrado y verter el mortero de reparación estructural.
7. Después de 24 horas retirar el encofrado.

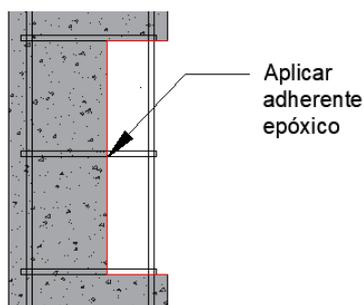
### 3.4.5 Reparación en columna debido a la remoción intencional.

1. Observar el grado de remoción de concreto en la columna y proceder a picar la parte afectada removiendo todo el material deficiente como en la figura 3.30.



**Figura 3.30 Área de columna a picar y remover [Autores]**

2. Verificar el estado de las varillas de acero de refuerzo. Si están corroídas, proceder con un cepillo metálico a remover un poco el óxido de estas. Como se indicó anteriormente, se recomienda dejar una mínima cantidad de óxido para incrementar la adherencia de los morteros.
3. Una vez removido el óxido, proceder a colocar el puente adherente epóxico en la zona afectada (concreto viejo) como se muestra en la figura 3.31.

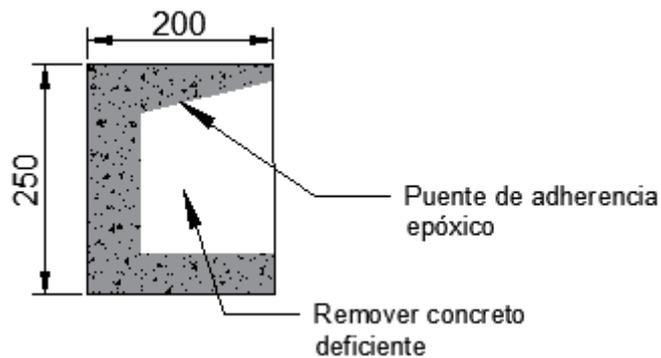


**Figura 3.31 Lugares del concreto viejo donde aplicar el adherente [Autores]**

4. Preparar el mortero de reparación estructural.
5. Colocar el mortero predosificado en toda la zona afectada y procurando de que no se desperdicie. Tener también en cuenta de que el tiempo de aplicación entre el puente adherente epóxico y el mortero predosificado sea lo más corto posible.

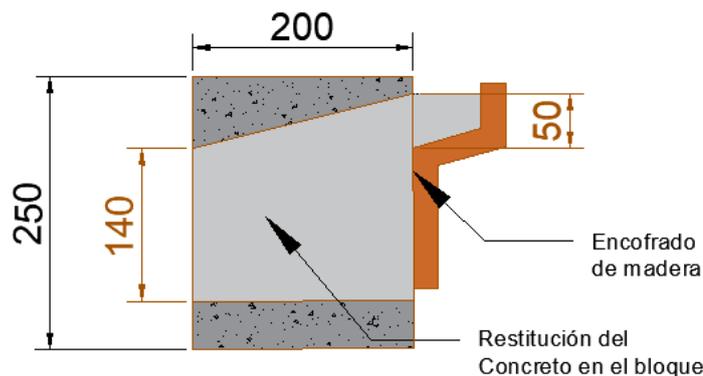
### 3.4.6 Reparación de muros de contención con menos de 10 cavidades en 1m<sup>2</sup>

1. Con cincel y martillo picar los huecos del muro para remover la parte deficiente, limpiar el área dejando una superficie rugosa.
2. Aplicar puente adherente epóxico en las superficies del hormigón viejo.
3. En la parte superior dejar una inclinación tal como se muestra en la figura 3.32 unos 5 cm a 10 cm por encima de la parte dañada.



**Figura 3.32 Remoción de material deficiente y colocar puente adherente en hormigón viejo [Autores]**

4. Realizar un encofrado considerando una abertura en la parte superior para verter el mortero de reparación estructural.
5. Colocar verter el mortero dentro del encofrado procurando que las capas entre vertimiento sean de alrededor de 10 cm para cumplir con la compactación y auto nivelamiento del nuevo material quede tal como la figura 3.33.

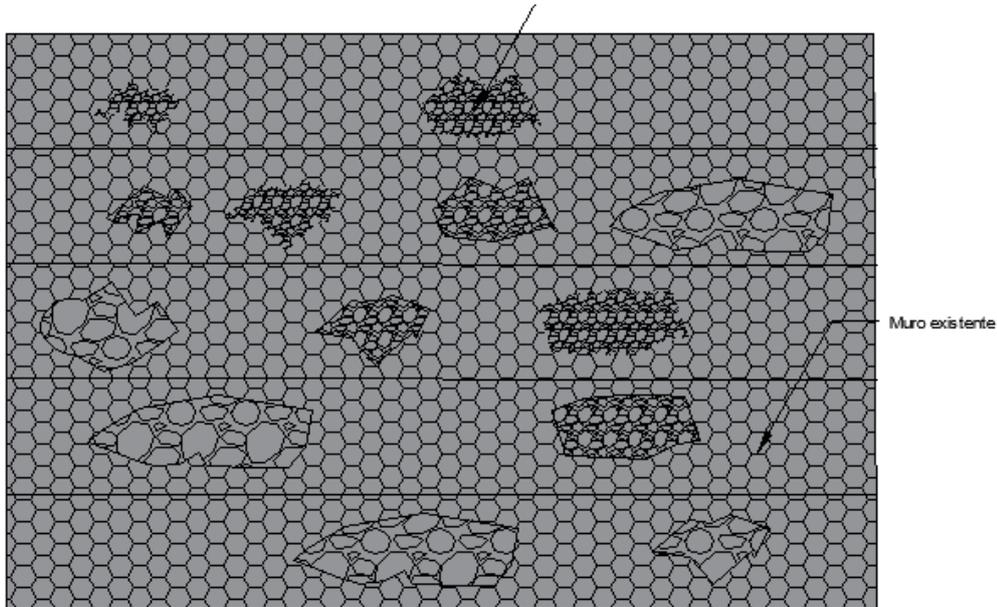


**Figura 3.33 Esquema de encofrado y restitución con mortero de reparación [Autores]**

6. Después de 24 horas quitar el encofrado, picar el mortero sobresaliente y resanar la pequeña parte cortada.

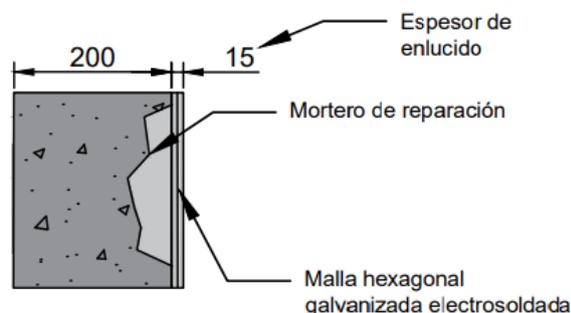
### 3.4.7 Reparación de muros de contención con más de 10 cavidades en 1m<sup>2</sup>

1. Remover superficialmente las zonas afectadas del muro, procurar dejar una zona rugosa para favorecer la adherencia.
2. Colocar una malla hexagonal galvanizada en toda el área a reparar como se muestra en la figura 3.34 cubriendo todos los huecos existentes.



**Figura 3.34 Colocar malla hexagonal galvanizada [Autores]**

3. Preparar el mortero de reparación estructural cantidad de agua especificada según el fabricante.
4. Aplicar el mortero sobre toda el área afecta cubriendo los huecos presentes en el muro como se observa en una vista transversal según la figura 3.35.

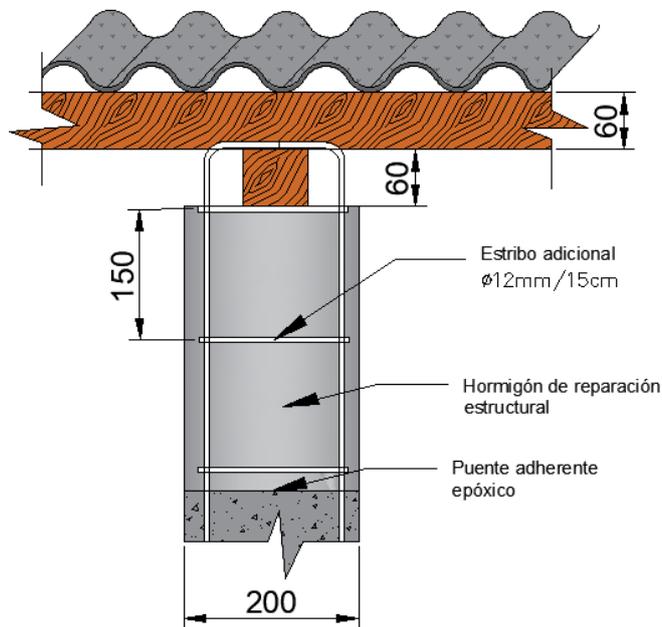


**Figura 3.35 Vista lateral del muro de contención [Autores, Unidades: mm]**

5. El mortero de reparación debe tener un espesor de 1.5 cm para reconstruir el monolitismo y aplomar en lo que se pueda el muro.

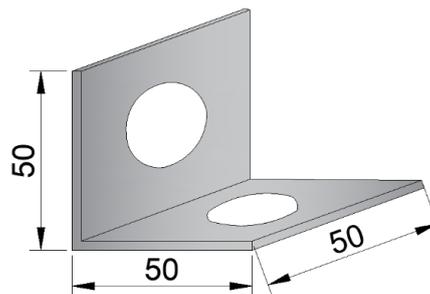
### 3.4.8 Reparación de conexión de cubierta con estructura de madera

1. En el caso que se deba restituir la columna de soporte se deben realizar los pasos 2,3 y 4. Si el elemento de apoyo no está dañado continuar al paso 5.
2. Limpiar las varillas existentes, sacar el óxido y aplicar anticorrosivo. Dejar una superficie rugosa en el hormigón de la columna existente y aplicar adherente.
3. Colocar refuerzo transversal, estribos de 12mm cada 15cm.
4. Fundir la columna como ilustra la figura 3.36, con hormigón de reparación estructural predosificado hasta la base del primer cuartón de apoyo. El presupuesto de estos pasos no será incluido en el rubro de conexión de cubierta, aplicar el mismo método de reparación de segregación de columnas.



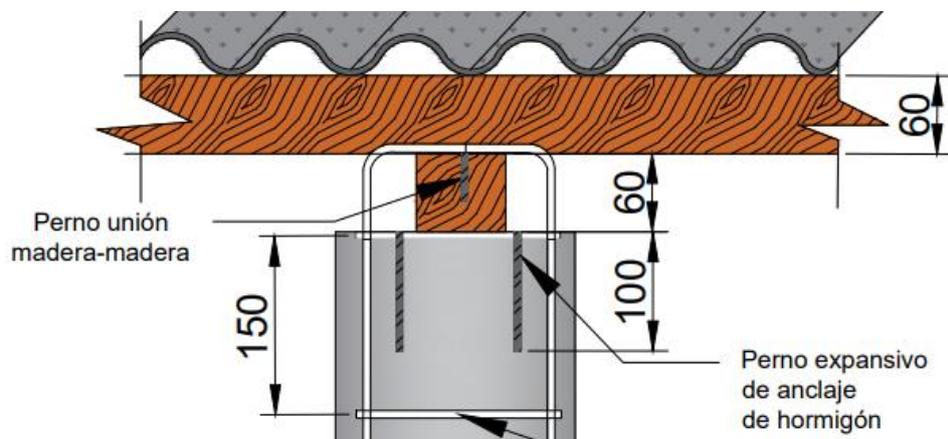
**Figura 3.36 Esquema de conexión restitución de hormigón de la columna [Autores, Unidades: mm]**

5. Preparar las 4 placas de anclaje necesarias para la reparación tal como la figura 3.37 se debe cortar el perfil de acero tipo L de 50X3mm con una longitud de 50mm y perforar en ambas caras para colocar los pernos.



**Figura 3.37 Esquema del corte de perfil L 50X3mm [Autores, Unidades: mm]**

6. Si se realizan las actividades 2,3 y 4 del procedimiento, se debe esperar al menos 3 días para continuar la reparación debido a que el hormigón debe alcanzar una resistencia mínima de  $180 \text{ kg/cm}^2$  para el anclaje de madera-hormigón, el cual se realizará mediante pernos expansivos de diámetro de  $3/8''$  de longitud de  $4''$  introducidos dentro del hormigón tal como muestra la figura 3.39
7. Además, también se deben empernar las dos tiras de madera en cada lado tal como en la figura 3.38. Perforar la madera y empotrar el perno.

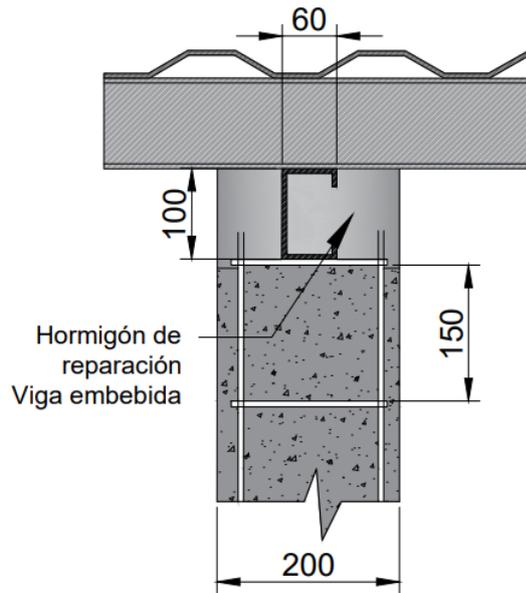


**Figura 3.38 Esquema de conexión emperrada vista en alzado [Autores, Unidades: mm]**

8. Una vez realizado las conexiones pintar las superficies de madera con pintura preservante para evitar daños por humedad o apolillamiento.

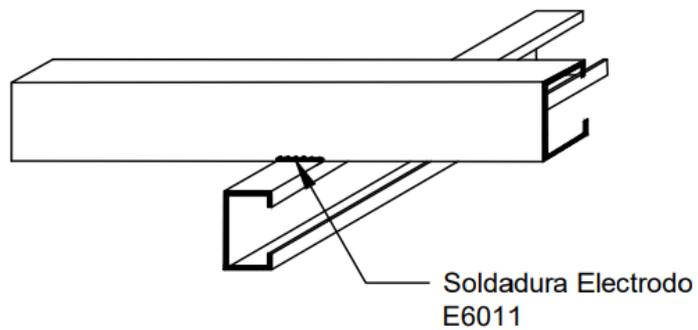
### 3.4.9 Reparación de conexión de cubierta con estructura de acero

1. Limpiar las varillas existentes de la columna existente, sacar el óxido y aplicar anticorrosivo sobre toda la superficie.
2. Previo a colocar el mortero de debe aplicar el puente adherente epóxico sobre el hormigón viejo garantizando así una eficiente unión entre ambos materiales.
3. Preparar el mortero predosificado autonivelante colocando el nivel del agua necesario según el fabricante.
4. Terminar de fundir la columna con la intención de embeber la primera viga de acero de apoyo de la estructura de cubierta como se muestra la figura 3.39.



**Figura 3.39 Vista en planta de la columna [Autores, Unidades: mm]**

5. Para asegurar la correcta unión entre las correas de la cubierta se debe soldar los dos perfiles en la unión mostrada en la figura 3.40 en ambos lados en estilo filete.

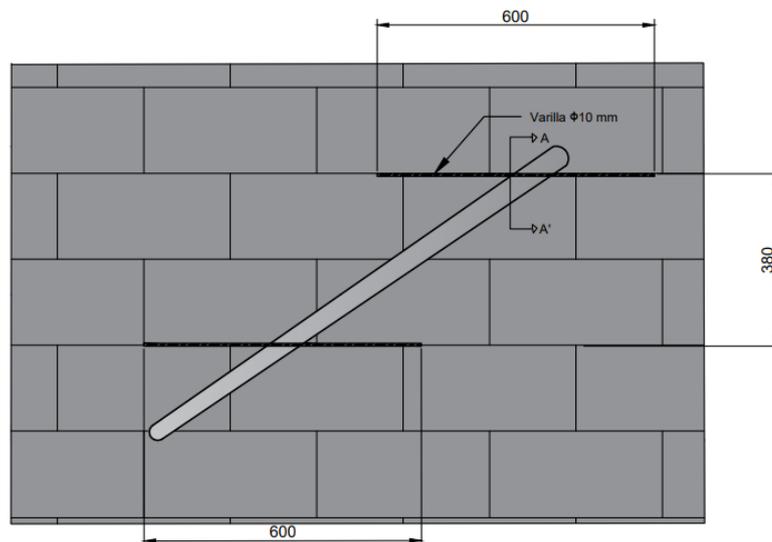


**Figura 3.40 Perspectiva de la conexión soldada [Autores, Unidades: mm]**

### 3.4.10 Análisis y detalles del diseño

#### 3.4.10.1. Rehabilitación de paredes con fisuras inclinadas de 45°.

Por motivos de la naturaleza de la deficiencia, la técnica para reparar el fisuramiento inclinado de la pared constó de aplicar un refuerzo de acero para así lograr aumentar la capacidad de resistencia al esfuerzo de corte, devolviendo el monolitismo del elemento mediante un mortero de reparación estructural. El procedimiento garantizará un incremento en la resistencia a la compresión del mortero de pega y así no seguirá fisurándose tal como se muestra en la figura 3.41. Finalmente, se consideró en el proceso constructivo materiales asequibles para que el precio de la reparación sea económico.



**Figura 3.41 Esquema de pared rehabilitada con fisuras inclinadas [Autores]**

#### **Materiales**

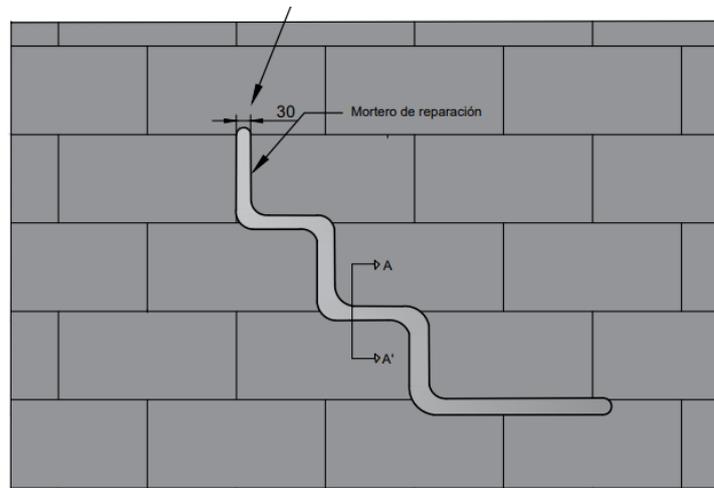
- Mortero predosificado tixotrópico de un solo componente consta de cemento, sílice y aditivos. Garantiza una resistencia de 400 Kg/cm<sup>2</sup> en 28 días. Preparación de la mezcla con agua depende del fabricante.
- Varilla de acero corrugado con  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  grado 60 de diámetro 10 mm.
- Adhesivo epóxico de dos componentes que cumpla normativa ASTM C-881.

#### **Equipos**

- Cincel
- Martillo
- Escobilla
- Bailejo
- Espátula
- Amoladora (Cortar varillas de acero)

### 3.4.10.1 Rehabilitación de fisuras verticales y horizontales en paredes.

El fisuramiento vertical y horizontal en el mortero de pega de los bloques es originado por la mala calidad del material que no resisten el sobre esfuerzo de corte aplicado. La reparación de esta deficiencia se centra en suplementarlo por un nuevo mortero de pega el cual asegure un incremento en la resistencia a la compresión y corte, mediante un mortero de reparación estructural tixotrópico debido a que son volúmenes bajos para restituir como se muestra en la figura 3.42. El procedimiento se debe realizar siempre y cuando la grieta a reparar sea mayor a 5mm de espesor, si la fisura posee un menor espesor no debe realizar esta técnica debido a que se estaría sobreestimando el peligro y no es pertinente por el sobreprecio.



**Figura 3.42 Esquema de pared rehabilitada de fisuramiento vertical y horizontal**  
[Autores]

#### **Materiales**

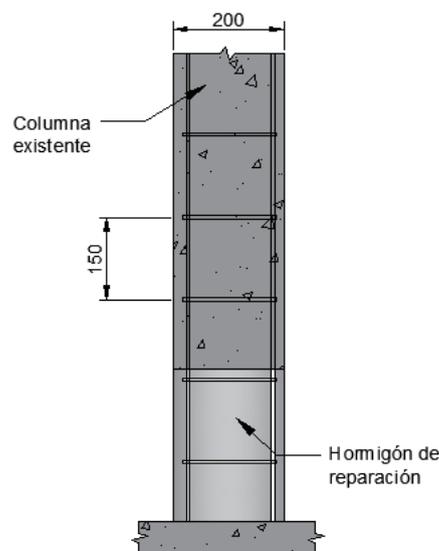
- Mortero predosificado tixotrópico de un solo componente consta de cemento, sílice y aditivos. Garantiza una resistencia a la compresión de 400 Kg/cm<sup>2</sup> en 28 días. Preparación de la mezcla con agua depende del fabricante.
- Adhesivo epóxico de dos componentes que cumpla normativa ASTM C-881.

#### **Equipos**

- Cincel
- Martillo
- Escobilla
- Bailejo
- Espátula

### 3.4.10.3 Reparación de la segregación de hormigón en la base de la columna.

La intención de la reparación propuesta como se observa en la figura 3.43 es devolver la geometría inicial del elemento, restituyendo el material deficiente por un mortero de mayor resistencia a la compresión que se poseía inicialmente, así la columna incrementa la capacidad al esfuerzo axial. Para que no exista un incremento en el costo del proyecto no se aumenta el acero de la columna debido a que al realizar ese procedimiento también se tendría que aumentar las dimensiones del hormigón. Por esta razón para suplir este problema se optó por realizar una limpieza previa a las varillas de acero que posee el elemento además de aplicar un correctivo desoxidante para prevenir el deterioro del refuerzo, garantizando así un mejor desempeño sísmico devolviendo la geometría inicial y aumentando la resistencia.



**Figura 3.43 Esquema de columna rehabilitada [Autores]**

#### **Materiales**

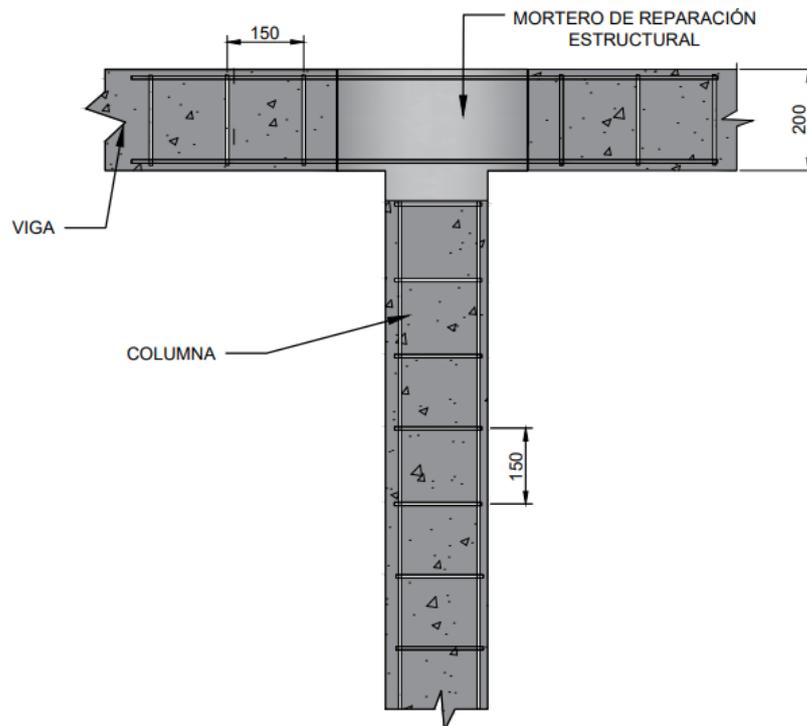
- Mortero predosificado tixotrópico de un solo componente consta de cemento, sílice y aditivos. Garantiza una resistencia de 400 Kg/cm<sup>2</sup> en 28 días.
- Desoxidante limpiador y protector de acero ante la corrosión.
- Agua potable.
- Madera 10mm de espesor para encofrado.

#### **Equipos**

- Cincel
- Martillo
- Escobilla
- Bailejo
- Espátula

#### 3.4.10.4 Reparación de la conexión viga-columna.

La técnica de reparación aplicada para este tipo de deficiencia como lo muestra la figura 3.44 brinda resultados en la capacidad de la unión a resistir cargas gravitacionales restituyendo el monolitismo de la conexión y preservando el acero de refuerzo. Al restaurar las zonas dañadas por elementos de mejor calidad se garantiza que los elementos tendrán un mejor desempeño para el caso de la columna a la compresión y en la viga a la flexión.



**Figura 3.44 Esquema de conexión viga – columna rehabilitada [Autores]**

#### Materiales

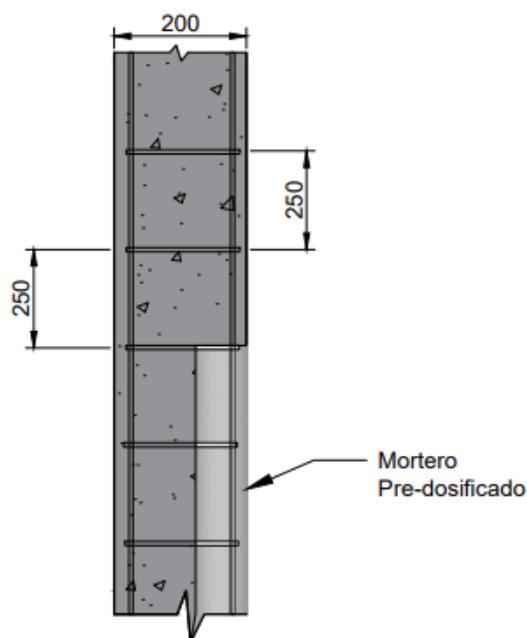
- Mortero predosificado tixotrópico de un solo componente consta de cemento, sílice y aditivos. Garantiza una resistencia de 400 Kg/cm<sup>2</sup> en 28 días.
- Adhesivo epóxico de dos componentes que cumpla normativa ASTM C-881.
- Agua potable.
- Madera para encofrado.

#### Equipos

- Cincel
- Martillo
- Escobilla
- Bailejo
- Espátula

### 3.4.10.5. Reparación local de la columna debido a la remoción intencional.

Partiendo de la premisa que este tipo de deficiencia se da por la falta de conocimientos, que en algunos casos es por culpa de los propios habitantes de la vivienda o por algún albañil inexperto, quienes para colocar otras estructuras remueven el hormigón de los elementos cercanos y sujetar en ellos para asegurar puertas, escaleras, cables, etc. La reparación mostrada en la figura 3.45 radica en restituir aquel hormigón removido por un mortero de reparación estructural el cual afiance y devuelva la geometría inicial procurando que las varillas acero expuestas tengan el recubrimiento óptimo.



**Figura 3.45 Esquema de columna rehabilitada [Autores]**

#### **Materiales**

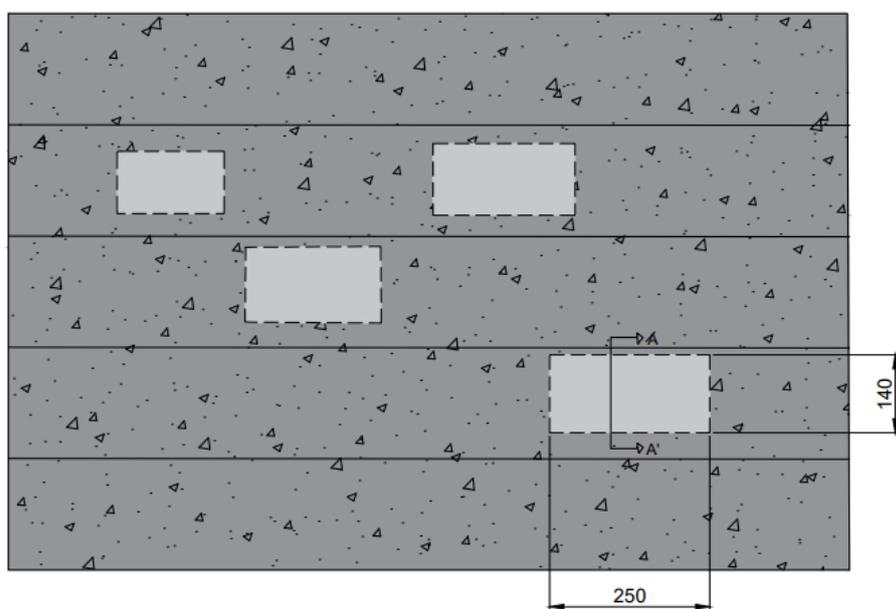
- Mortero predosificado tixotrópico de un solo componente consta de cemento, sílice y aditivos. Garantiza una resistencia de 400 Kg/cm<sup>2</sup> en 28 días.
- Desoxidante, limpiador y protector de acero ante la corrosión.
- Adhesivo epóxico de dos componentes que cumpla normativa ASTM C-881.
- Agua potable.

#### **Equipos**

- Cincel
- Martillo
- Escobilla
- Bailejo
- Espátula

### 3.4.10.6. Reparación de muros de contención con menos de 10 cavidades en 1m<sup>2</sup>

La técnica de reparación aplicada en esta deficiencia se da por motivos que las zonas dañadas no eran tan grandes respecto al área total del muro tal como se observa en la figura 3.46; sin embargo, como el proyecto pretende prevenir más daños se deben reparar estas falencias debido a que con el pasar del tiempo se pueden ir agravando y el costo de reparación será más caro que el propuesto en estas condiciones. La reparación garantiza una devolución del monolitismo del elemento parchando esos pequeños paños dañados que pueden producir mayores agrietamientos.



**Figura 3.46 Esquema de muro de contención rehabilitado [Autores]**

#### **Materiales**

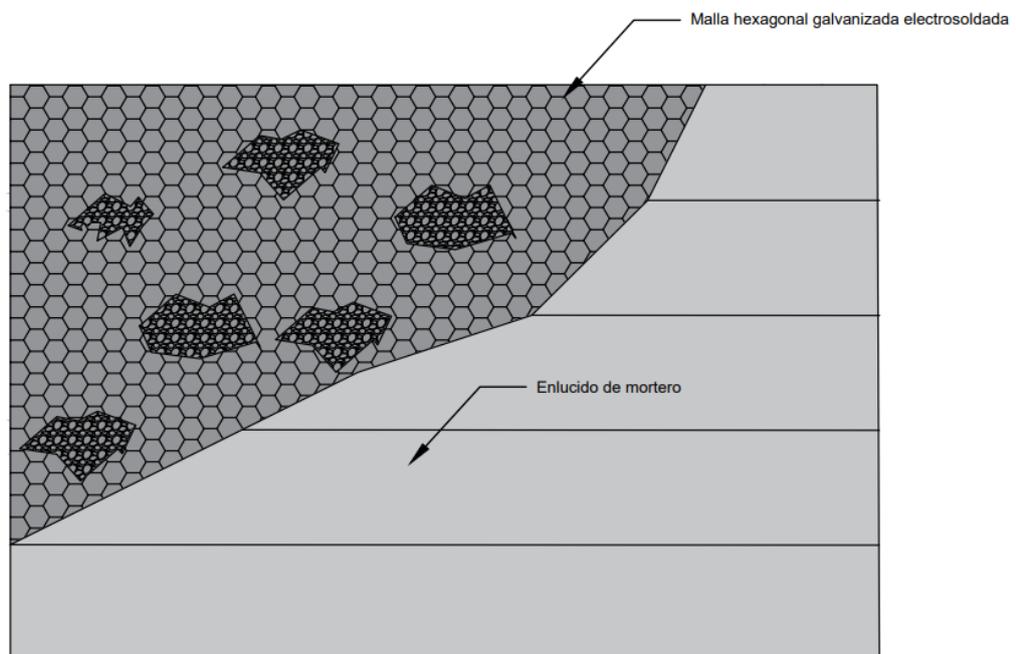
- Mortero predosificado tixotrópico de un solo componente consta de cemento, sílice y aditivos. Garantiza una resistencia de 400 Kg/cm<sup>2</sup> en 28 días.
- Adhesivo epóxico de dos componentes que cumpla normativa ASTM C-881.
- Madera de 10mm para encofrado.
- Agua potable.

#### **Equipos**

- Cincel
- Martillo
- Escobilla
- Bailejo
- Espátula

### 3.4.10.6. Reparación de muros de contención con más de 10 cavidades en 1m<sup>2</sup>

Los muros de contención tienen daños más severos por lo tanto necesitan una reparación mayor que una local como la antes expuesta solo por paños quedaría obsoleta. Por ende, se aplica la reparación mostrada en la figura 3.47 la cual brinda un correcto recubrimiento de la superficie reparando por completo la cara del muro tapando todos los huecos existentes previniendo que las grietas terminen de abrirse provocando un posible colapso del muro. Una vez con la reparación realizada el muro obtendrá una mayor resistencia ante las cargas laterales y verticales.



**Figura 3.47 Esquema de muro de contención rehabilitado [Autores]**

#### **Materiales**

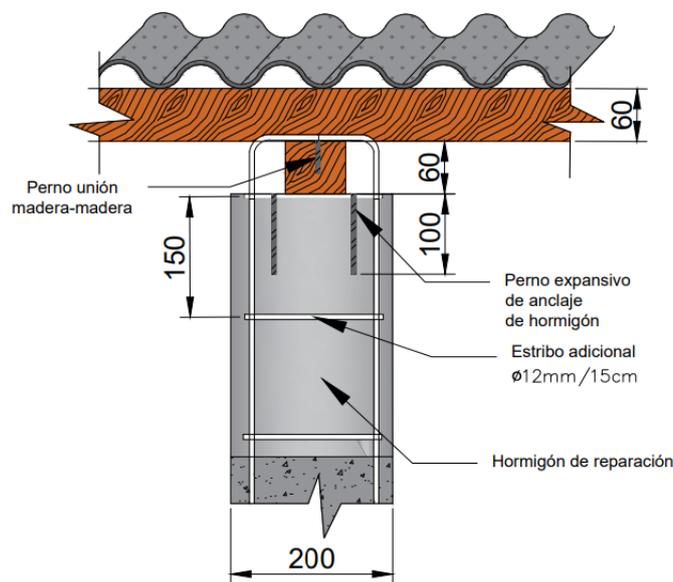
- Mortero predosificado autonivelante de un solo componente consta de cemento, sílice y aditivos. Garantiza una resistencia de 400 Kg/cm<sup>2</sup> en 28 días.
- Adhesivo epóxico de dos componentes que cumpla normativa ASTM C-881.
- Malla hexagonal galvanizada electrosoldada.
- Agua potable.

#### **Equipos**

- Cincel
- Martillo
- Escobilla
- Bailejo
- Espátula

### 3.4.10.6. Reparación de conexión de cubierta de estructura de madera.

La metodología propuesta en la figura 3.48 se concentra en asegurar que la conexión soporte el efecto de un movimiento sísmico es decir que al momento que exista un desplazamiento horizontal las conexiones empernadas sujeten correctamente la unión con el elemento de apoyo que en la mayoría de los casos son las columnas, mediante pernos de expansivos en las uniones madera-hormigón que sirven como un anclaje. Además, como una medida de prevención la madera estará cubierta de una pintura preservante para evitar que se produzcan daños por apolillamiento o humedad.



**Figura 3.48 Esquema de reparación de conexión de cubierta [Autores]**

#### **Materiales**

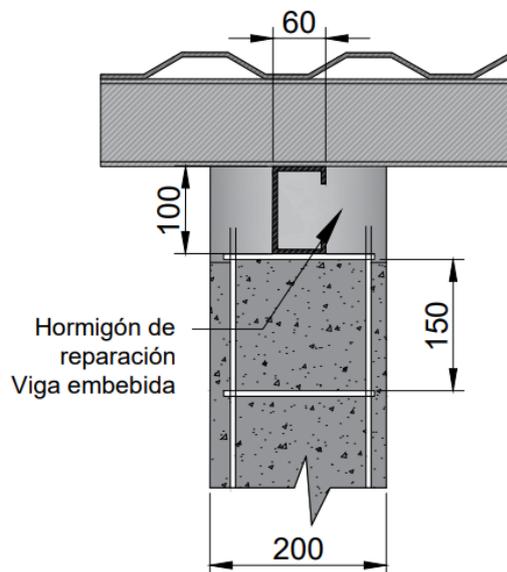
- Mortero predosificado tixotrópico de un solo componente consta de cemento, sílice y aditivos con una resistencia a la compresión de 400 Kg/cm<sup>2</sup> en 28 días.
- Adhesivo epóxico de dos componentes que cumpla normativa ASTM C-881.
- Perfil tipo L de acero AISI304 50X3mm.
- Pernos de unión de madera.
- Pernos expansivos de anclaje diámetro 3/8" longitud 4"
- Preservante de madera.

#### **Equipos**

- Taladro
- Martillo
- Escobilla
- Amoladora
- Espátula
- Brocha

### 3.4.10.6. Reparación de conexión de cubierta de estructura de acero

El proceso constructivo culminado como muestra la figura 3.49 implica dos fases de reparación, la primera se encarga de conectar correctamente la estructura de cubierta con el elemento de apoyo debido a que únicamente las correas estaban sobrepuestas encima de las varillas de la columna evidenciando una conexión ineficientes, la solución factible es embeber la viga en hormigón autonivelante para así garantizar una correcta conexión de apoyo ante una fuerza actuante vertical u horizontal. La segunda parte de la reparación se encarga de la conexión entre los perfiles de acero debido a que la estructura de cubierta es la unión de correas que deben poseer una soldadura eficiente y en lugares correctos.



**Figura 3.49 Esquema de reparación de conexión de cubierta [Autores]**

#### **Materiales**

- Mortero predosificado autonivelante expansivo con resistencia a la compresión de 400 Kg/cm<sup>2</sup> en 28 días.
- Adhesivo epóxico de dos componentes que cumpla normativa ASTM C-881.
- Encofrado de madera de espesor de 10mm.
- Soldadura E6011.
- Agua potable.

#### **Equipos**

- Cincel
- Martillo
- Escobilla
- Bailejo
- Espátula

### 3.5 Presupuesto

Para obtener el presupuesto de reparación de una vivienda en primer lugar se debe realizar una evaluación de las partes deficientes de la casa debido a que no todas las viviendas del sector poseen la misma cantidad de elementos dañados, ni todos errores expuestos en la sección 3.2. Como ejemplo se expone la vivienda mostrada en la figura 3.51 la cual tiene daños evidentes logrando determinar cada una de sus deficiencias y cantidades a reparar mediante el análisis de las fotografías del lugar tal como se especifica en la tabla 3.1.



**Figura 3.50** Vivienda de un piso del sector de Bastión Popular [González & Loja, 2019]

**Tabla 3.1** Deficiencias estructurales en vivienda de Bastión Popular [Autores]

Deficiencia Estructural	Cantidad	Unidad
Segregación en columnas	4	M
Fisuras verticales en paredes de bloque de hormigón	4	M
Huecos en muros de contención laterales	3.5	M <sup>2</sup>
Inadecuada conexión de cubierta de estructura de madera	5	U

Cada uno de los rubros de reparación mostrados están realizados en base a dimensiones típicas de las viviendas de estos sectores. Para el caso de la casa mostrada anteriormente se ajusta bien debido a que posee las mismas dimensiones expuestas en la sección 3.1, es decir el propuesto está ligado a las dimensiones establecidas desde un principio del proyecto. Consecuentemente, para el desarrollo de las reparaciones establecidas en la tabla 3.2 se obtuvo un costo de reparación de todas las deficiencias de \$472.73, siendo un precio relativamente bajo en comparación al aplicar otras metodologías; sin embargo, para estas familias se les puede complicar reparar las viviendas debido a que quizás en el núcleo del hogar sólo ingrese un sueldo básico es decir no habría dinero disponible, por eso se realiza un llamado a las autoridades por ejemplo la M.I. Municipalidad de Guayaquil que brinde una ayuda social a estos sectores considerando estas reparaciones locales.

**Tabla 3.2 Presupuesto de reparación de una vivienda de Bastión Popular [Autores]**

Código	Rubros	Precio Unitario	Cantidad	Unidad	Costo
1.1	Reparación de segregación en columnas	\$ 69.76	4	ml	\$ 279.03
1.5	Reparación de fisuras verticales en paredes de bloque de hormigón	\$ 6.60	4	ml	\$ 26.40
1.7	Reparación de muro de contención con más de 10 huecos en 1m2	\$ 27.72	3.5	m2	\$ 97.01
1.8	Reparación de conexión de cubiertas de estructura de madera	\$ 14.06	5	u	\$ 70.29
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 472.73</b>

Por otro lado, debido a esta nueva realidad del año 2020 sería complicado poner en marcha un proyecto de parte de la municipalidad, por eso se ha pensado también un pequeño plan para ir reparando progresivamente las viviendas mediante un costo por mes que no signifique un desajuste drástico en la economía de estos hogares; por ejemplo, considerando el rubro más caro y el elemento crítico a reparar como las columnas, se empezaría reparando este elemento e ir ahorrando esos setenta dólares mes a mes para reparar cada una de las deficiencia, para así al terminar el año la casa se habrá reparado totalmente.

# CAPÍTULO 4

## 4. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

### 4.1 Descripción del proyecto

El presente proyecto se basa en la rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado en sectores populares de la ciudad de Guayaquil, específicamente en Bastión Popular y La Isla Trinitaria. En el año 2019 se realizaron inspecciones a las viviendas, en donde se determinaron las distintas deficiencias estructurales y no estructurales que poseen las construcciones. Por motivo de la construcción informal las viviendas de estos sectores tienen daños en elementos críticos los cuales deben imperativamente repararse. Por esta razón el proyecto pretende solucionar el problema de estas familias de bajos recursos las cuales están expuestas a un posible colapso de sus viviendas. El diseño y presupuesto está realizado con materiales asequibles económicamente para que familias puedan reparar sus viviendas, vivir dignamente y ante todo segura. Por otro lado, las reparaciones a realizar en las casas podrían provocar ciertas molestias y alteraciones en el flujo peatonal o vehicular del lugar, además de ciertos riesgos por malos manejos de los desechos provocados.

### 4.2 Objetivos de la evaluación de impacto ambiental

#### Objetivo General

Identificar y evaluar los posibles impactos ambientales que se producen por la rehabilitación estructural de viviendas durante las fases de construcción, operación del proyecto para recomendar medidas de prevención que minimicen las afectaciones ambientales.

#### Objetivos Específicos

1. Identificar los factores ambientales sensibles de afectación dentro de la zona de estudio en la etapa de construcción de las reparaciones de las viviendas deficientes

2. Evaluar los impactos ambientales a través del uso de una matriz de valoración cualitativa para determinar la importancia de estos y recomendar medidas de prevención que reduzcan los efectos negativos al ambiente.
3. Determinar los aspectos positivos para la comunidad al realizar estas reparaciones y así mejorar la calidad de vida de los habitantes de estos sectores vulnerables.

### 4.3 Ubicación del proyecto

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parte urbana de Guayaquil en los sectores de Bastión Popular y la Isla Trinitaria de los cuales el primero se localiza en el sector norte de la ciudad y el otro en la parte sur.

### 4.4 Descripción de actividades del proyecto

Las propuestas de reparaciones a realizarse en el proyecto no son obras que necesiten maquinaria pesada ni de varios días de trabajo, son actividades simples de albañilería utilizando herramientas menores y reparaciones locales sólo enfocándose en áreas locales de la vivienda. En las actividades propuestas en la tabla 4.1 se tomó en consideración las etapas de construcción, operación y cierre.

**Tabla 4.1 Actividades del proyecto [Autores]**

FASE	ACTIVIDAD
<b>Construcción</b>	Trabajos de albañilería
	Remoción de material deficiente
	Uso de herramientas electromecánicas
	Fundición de elementos estructurales
	Soldadura de elementos metálicos en cubiertas
	Reparación de muros de contención exteriores
<b>Operación</b>	Vivienda reparada para prevenir colapsos
<b>Cierre</b>	Desalojo de materiales de construcción

#### 4.4.1 Fase de Construcción

##### Trabajos de albañilería

En el proyecto se desarrollarán actividades de albañilería se puede emplear mano de obra no calificada, por lo cual los puestos de trabajo generados pueden ser ocupados por los habitantes de la zona de estudio, promoviendo empleo.

### **Remoción de materiales deficiente**

Los elementos estructurales de las viviendas poseen material deficiente el cual se debe remover para proceder con la reparación. Dentro de esta actividad, se debe eliminar materiales como concreto, piedra o madera utilizando herramientas menores.

### **Uso de herramientas menores y electromecánicas**

La reconstrucción de los elementos estructurales implica el uso de materiales como martillos y demoledores, que permitan remover los elementos deficientes. Además, el uso de maquinaria como concreteras pueden utilizarse para reparaciones de áreas de mayor extensión.

### **Fundición de elementos estructurales**

La propuesta de reparación pretende que se devuelva la geometría previa del elemento estructural por lo tanto se tendrá que fundir los elementos por medio de concreteras debido a que se necesita cierta capacidad y resistencia del material que solo por paladas sería ineficiente.

#### **4.4.2 Fase de Operación**

Las reparaciones del proyecto son locales significa que se rehabilitaran zonas específicas que se encuentren deficientes como columnas, cubiertas, conexiones de cubierta. Por lo cual, se ha identificado la principal y más importante actividad.

#### **Viviendas rehabilitadas**

Cuando la reconstrucción de los elementos está realizada, se garantiza que resistirá las cargas asignadas y sismos menores, permitiendo a las familias asegurar su vida ante estos eventos naturales debido a que sus viviendas eran potenciales al colapso debido a su construcción informal.

#### **4.4.3 Fase de Cierre**

#### **Desalojo de materiales de construcción**

Al realizar las reparaciones se deben remover los elementos deficientes, lo cuales quedan en el suelo como un material que no sirve el cual deberá recolectarse y colocarlo en algún lugar el cual no estorbe a los constructores como a los habitantes del sitio.

## 4.5 Identificación de los medios y factores ambientales

### 4.5.1 Medio Físico

#### Ruido

Para mantener la sana convivencia con el entorno el ministerio del ambiente del Ecuador (MAE), basados en el Anexo 5 del TULSMA se rigen ciertos parámetros de ruido en donde la unidad base son los decibeles. El área de estudio es una zona residencial entonces los valores permisibles se rigen por la figura 4.1 (TULSMA, 2008)

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial mixta	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Comercial mixta	65	55
Zona Industrial	70	65

**Figura 4.1** Decibeles permisibles en Ecuador [TULSMA, 2008]

#### Aire

En la tabla 4.2 del anexo IV del TULSMA indica que el material sólido o líquido particulado en la atmósfera en condiciones normales se determina mediante la medida de PM 2.5 cuyo diámetro aerodinámico de 2.5 micrones y PM10 cuyo diámetro aerodinámico es de 10 micrones.

**Tabla 4.2** Valores Máximos Permisibles de material particulado en el aire [Anexo IV TULSMA]

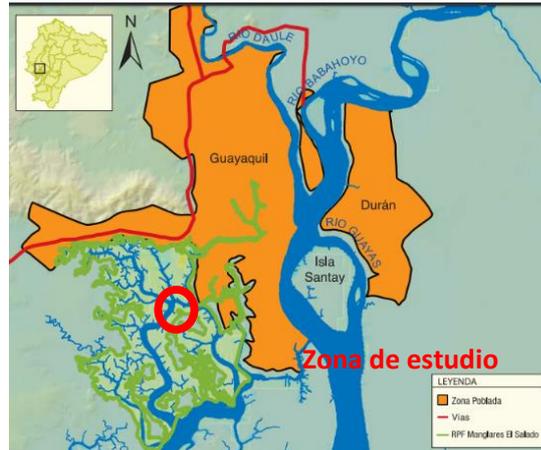
Material Particulado	Valores Máximos Permisibles en 24 horas
PM 2.5	< 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM 10	< 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Al considerar que las actividades que se realizarán en los lugares evaluados son sólo reparaciones locales no implica que se afecte ningún otro tipo de factor ambiental como puede ser la fauna o la flora debido a que son zonas residenciales en las cuales no existen ecosistemas vulnerables que pueden ocasionar un riesgo.



#### 4.6.2 Zonas cercanas a manglares

La ubicación del proyecto se da en el sector de la Isla trinitaria, está rodeada del estero salado la cual forma parte de la zona protegida del Manglar el Salado como se observa en la figura 4.3. La reserva ecológica tiene una gran cantidad de fauna endémica de los manglares la cual forma parte importante del ecosistema del lugar.



**Figura 4.3 Mapa zona protegida “Manglar El Salado” [Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, 2014]**

#### 4.6.3 Medio Socioeconómico

La zona de estudio radica en dos sectores populares de la ciudad de Guayaquil, la Isla Trinitaria y Bastión Popular, los cuales son catalogados según la INEC como clase C y D, las clases más bajas de la escala socioeconómica. Por lo tanto, de acuerdo con estas condiciones las familias que viven en estos sectores no poseen un poderío económico suficiente para poder rehabilitar sus viviendas. Como se ha visto a lo largo de eventos telúricos en diferentes lugares alrededor del mundo, las viviendas más afectadas son las de zonas urbanas marginales con casas de 2 o un piso, las cuales poseen las mismas deficiencias estructurales.

#### 4.6.4 Registro Ambiental

Según el MAE en figura 4.4 tomada de página del SUIA, el proyecto requiere un certificado ambiental.

<b>Descripción de la actividad</b>	CONSTRUCCIÓN DE CASAS FAMILIARES SIMPLES
<b>Su trámite corresponde a un(a)</b>	CERTIFICADO AMBIENTAL
<b>Tiempo de emisión</b>	Inmediato.
<b>Costo del trámite</b>	No tiene. (Tiene un costo si existe remoción de cobertura vegetal nativa)

**Figura 4.4 Documento ambiental requerido para el proyecto [SUIA, 2020]**

#### 4.7 Valoración de los impactos ambientales

Para realizar la valoración de los impactos ambientales, se han identificado los factores ambientales sensibles a afectación. La tabla 4.3 muestra estos factores y aspectos ambientales que son representativos del proyecto.

De acuerdo con las valoraciones realizadas, se destacaron algunos aspectos negativos que tienen un impacto significativo tal como la obstrucción de vías públicas las cuales alteran el flujo vehicular en las zonas donde se están rehabilitando las viviendas. Por otra parte, también existen impactos positivos tal como la generación de plazas de trabajo debido que se requiere personal de trabajo tales como albañiles y maestros de obra en algunos casos.

**Tabla 4.3 Posibles impactos por las actividades del proyecto [Autores]**

<b>MEDIO</b>	<b>FACTOR AMBIENTAL</b>	<b>ASPECTOS AMBIENTALES</b>
<b>FÍSICO</b>	Aire	Generación de material particulado.
		Niveles de ruido proveniente del uso de las herramientas.
	Suelo	Cambios en las características del suelo.
<b>BIÓTICO</b>	Fauna y Flora	No se evidencia impacto alguno en este aspecto.
<b>SOCIOECONÓMICO</b>	Población	Obstrucción de las vías utilizadas por los servicios de expresos escolares.
	Empleo	Generación de fuentes de empleo para los habitantes del sector
	Social	Mejora en la calidad de vida de la población.

La valoración de los impactos ambientales sobre los factores ambientales producto de las actividades del proyecto muestra que la afectación al ambiente es relativamente baja. Sin embargo, se sugieren las siguientes medidas de prevención para mantener un bajo impacto ambiental en la zona de implementación del proyecto.

La valoración de los impactos ambientales se realizó con la matriz de Conesa-Fernández. De acuerdo con la Matriz a continuación, las principales actividades que pueden ocasionar una afectación negativa al ambiente son:

- Remoción de material deficiente debido a que esto genera material particulado que afecta la salud de las personas.
- Elaboración del hormigón la cual a la larga contribuye a la producción de este material, el cual es elaborado con agregados, producto de la explotación de canteras.

También, se pudo identificar impactos positivos y que obtuvieron una puntuación positiva en la matriz antes mencionada. Dichos impactos fueron:

- Generación de plazas de trabajo para las personas del sector.
- Una mejora en la calidad de vida debido a la prevención del colapso.

De acuerdo con la evaluación realizada mediante la matriz, se obtuvo que el máximo puntaje negativo de estos impactos fue de 18. Debido a ello la afectación al medio ambiente es baja y puede ser menor debido a que estas rehabilitaciones son de carácter puntual, es decir, por ejemplo, no se rehabilitara una casa en su totalidad, pero si alguno de algunos elementos estructurales comprometidos. Sin embargo, las medidas a de mitigación para estos impactos serán discutidas a continuación

Tabla 4.4 Matriz de Conesa-Fernández [Autores]

				IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA ESTE ESTUDIO																		VALORACIÓN									
FASE	ACTIVIDADES	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO	Severidad (S)			Probabilidad de Ocurrencia (P)			(T)	Extensión (E)			Intensidad (I)			Duración (Du)			Desarrollo (De)			Recuperación (R)			Interacción (Ia)			(Mg)	(Imp)	
				1 positivo	2 medio	3 negativo	1 muy poco probable	2 poco probable	3 cierto	Relevancia del Impacto T=ΣXP	0 puntual	1 parcial	2 alta	0 baja	1 moderada	2 alta	0 corto plazo	1 mediano plazo	2 permanente	0 largo plazo	1 medio plazo	2 inmediato	0 reversible	1 mitigable	2 irreversible	0 simple	1 acumulativo	2 sinérgico	Magnitud del Impacto Mg = E + I +Du+De+R+Ia	Importancia del Impacto Imp = Mg x T	
Construcción	Uso de herramientas menores	Generación de ruidos por maquinaria	Contaminación auditiva		2				3	6	0				1			0						0			0			3	18
	Remoción de material deficiente	Emisión de material particulado	Contaminación del aire		2				3	6	0				1			0						0			0			3	18
	Construcción de elementos de estructurales y albañilería	Contratación de mano de obra	Generación de plazas de trabajo	1					3	3		1			1			0								2			6	18	
	Fundición de elementos estructurales	Generación de gases por maquinarias	Contaminación del aire		2				3	6	0				1			0									0			3	18
	Elaboración de hormigón	Derrame en el suelo	Cambio de las características del suelo		2				3	6		1			1			0			1						0			3	18
	Reparación de muros de contención	Obstrucción de vías públicas	Alteración del flujo peatonal y vehicular		2				3	6		1			1			0									0			4	24
Operación	Reparación de la vivienda	Prevención del colapso	Mejorar la calidad de vida	1				3	3			2		1			1								2		2	1	9	27	

#### 4.8 Medidas de prevención

La Tabla 4.5 resume las medidas de prevención que se consideran promoverán un desarrollo del proyecto que sea ambientalmente amigable. Como ejemplo, con respecto a la emisión de material particulado, lo que se propone es que, para evitar la dispersión de material particulado, se instale un lugar exclusivo para estos tipos de desecho, así se reduce la posibilidad de dispersión y eventual daño a la salud de las personas y al medio ambiente.

**Tabla 4.5 Medidas de mitigación de impactos del proyecto [Autores]**

MEDIO	IMPACTO	MITIGACIÓN
AIRE	Emisión de material particulado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuar un lugar específico dentro de la obra para depositar los desechos o materiales. Los materiales de construcción deben poseer una protección para evitar que estén expuestos al aire.</li> <li>• Al momento de remover material deficiente cubrir con vallas protectoras durante la actividad para controlar la emisión.</li> </ul>
	Emisión de gases	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar las emisiones atmosféricas de gases de los equipos como concretas, taladros o motosierras que funcionen con Diesel. Procurar utilizar por tiempos cortos los equipos con el fin de no saturar el medio de trabajo si es posible.</li> <li>• Realizar un chequeo técnico mecánico de los equipos para que funcionen óptimamente y no generen gases de combustión excesivos.</li> </ul>
	Generación de Ruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procurar que al momento de realizar trabajos diarios al usar herramientas que generen más ruido sean únicamente 2 horas y retomar la actividad si es necesario 2 horas de descanso después.</li> <li>• Revisar los equipos con anticipación a la construcción un control electromecánico para así asegurarse que los compresores o amortiguadores no estén desgastados los cuales generan ruido y así controlar la presión sonora.</li> </ul>

<b>SUELO</b>	<b>Cambio de características del suelo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar si es posible mallas geotextiles o un material impermeable cuando se realicen las mezclas de cemento para no exponer al suelo directamente.</li> <li>• Procurar que los equipos que utilicen diésel o gasolina no posean fugas que provoquen el derrame sobre el suelo, instalar barreras o la superficie para la acumulación de estas sustancias.</li> </ul>
	<b>Generación de escombros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para mantener la estética en el lugar se deben disponer de escombreras es decir lugar específico dentro de la obra donde se arrumen todo el residuo para tratar de reducir los espacios afectados, sin que influya con el libre tránsito peatonal del personal.</li> <li>• El sitio inadecuado de la zona de escombros puede provocar otros impactos colaterales. Por lo tanto, se debe prohibir utilizar zonas verdes o públicas para el depósito de estos en fin de precautelar que se hagan espacios de basureros.</li> </ul>
<b>POBLACIÓN</b>	<b>Alteración de flujo peatonal y vehicular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al momento de realizar la reparación de las deficiencias que sean en exteriores como los muros de contención que impidan el libre tránsito peatonal o vehicular, instalar señalética óptima con colores reflectivos.</li> <li>• Utilizar señales informativas del tipo de obra y maquinaria utilizada. Colocarlas con una distancia y altura prudente para evitar accidentes. Instale demarcaciones con cintas o mallas en frente del área de trabajo.</li> </ul>

#### **4.9 Conclusiones de EIA**

1. El proyecto, de acuerdo con el MAE, se categoriza de tipo I, debido a que tiene un impacto mínimo sobre el medio ambiente. El proyecto no involucra una contaminación a gran escala. Como ya se ha venido mencionando, el proyecto trata acerca de reparaciones o rehabilitaciones muy puntuales en algunas partes de las viviendas.
2. Una de las principales actividades que generan problema tanto ambiental como de salud, es la de remoción de material, en este caso, de concreto viejo o deficiente y detrás de esta actividad le sigue la fundición de elementos estructurales. Una de las medidas para atenuar el potencial daño que pueden causar estas actividades es tener un personal capacitado para que pueda optimizar tiempo y recurso para que no se expanda de manera progresiva.
3. Teniendo en cuenta la naturaleza del proyecto los antecedentes de este, es muy importante recalcar que, siguiendo las medidas propuestas, el proyecto tiene una viabilidad ambiental positiva. Adicional a ello, si el proyecto es financiado por gobiernos locales, su viabilidad ambiental se incrementaría.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto se ha realizado bajo la premisa de un interés social que parte de la condición actual de las viviendas de los sectores populares de la ciudad de Guayaquil, abarcando casos de estudio en Bastión Popular y la Isla Trinitaria en donde predomina la informalidad en la construcción. Ciertamente las familias para tener una mejor calidad de vida han ido construyendo sus viviendas de una manera progresiva, pero al tener recursos limitados han sacrificado la calidad de los materiales y han incurrido en errores constructivos debido a la falta de un respaldo técnico. Por lo tanto, es imperativo que se creen soluciones, como las de este proyecto, reparando las deficiencias estructurales encontradas como una medida de prevención antes de que ocurra una catástrofe.

Por motivos de no tener acceso a inspecciones en sitio de las viviendas, el proyecto se ha basado en la información recopilada por la fase 1 cuya investigación constaba de la evaluación de vulnerabilidad sísmica de los sectores mencionados anteriormente. Por esta razón las soluciones se han desarrollado a partir de esquemas de elementos deficientes llegando a un conceso de dimensiones típicas observadas en estas construcciones, corroborándose mediante las imágenes de las fichas de las inspecciones en la investigación previa.

La decisión de las técnicas de reparación para las deficiencias estructurales se han concesivo siempre pensando en el interés económico a causa de que el proyecto está planteado para solucionar los errores constructivos de familias de bajos recursos. La importancia del proyecto radica en el hecho de que en el país no existe ninguna guía de reparaciones de viviendas con soluciones económicas y rápidas, para que cualquier familia pueda llevar a cabo la reconstrucción y esté avalada técnicamente.

### 5.1 Conclusiones

1. Las construcciones informales se dan a causa de recursos económicos insuficientes lo cual ha ido aumentando de una manera exponencial por la falta de tasas de trabajo, esto ha producido que varias familias realicen asentamientos ilícitos en cualquier terreno y viene dándose desde hace más de 30 años debido a la migración interna que ha experimentado la ciudad de Guayaquil donde la población creció aproximadamente 2 millones de personas

en sólo esos años. Las autoridades del municipio de turno no han podido realizar ninguna solución efectiva ante esta problemática porque son miles de familias que habitan estos lugares, lo cual ha generado que se sigan incrementando construcciones no controladas.

2. Gracias a las fotografías obtenidas de los sectores de Bastión Popular y la Isla Trinitaria se logró determinar que existe un patrón de deficiencias estructurales ligadas a la construcción informal tales como grietas en mampostería, inadecuadas conexiones y ampliaciones, segregación de hormigón en elementos estructurales, armaduras de refuerzo corroídas y muros de contención en precarias condiciones. Todo lo expuesto compromete el desempeño de las estructuras, ciertamente las viviendas siguen estables todavía; sin embargo, podrían fallar en cualquier momento simplemente porque el esfuerzo actuante en el elemento supere su resistencia.
3. Para poder determinar una solución de la problemática expuesta en los estos sectores mencionados la característica que prevalece es la económica debido a que muchos casos observados existen familias que no poseen los suficientes recursos ni para alimentarse bien, entonces sería utópico realizar metodologías costosas que cumplan cada uno de los requisitos de las normas de construcción sobre todo pensando en el contexto actual en el año 2020. Por consiguiente, la solución factible como una medida de prevención sería realizar una reparación local, como lo realizado en este proyecto, aislando los elementos y restituyendo las partes deficientes con materiales de mejor calidad.
4. Las reparaciones locales garantizan que las estructuras tengan un mejor desempeño sísmico del que poseen actualmente, siendo capaces de soportar sismos menores, además de aumentar la resistencia ante esfuerzos producidos por las cargas gravitacionales aplicadas, devolviéndoles el monolitismo a los elementos satisfaciendo los requisitos de serviciabilidad incrementando el tiempo de evacuación cuando exista un sismo severo.
5. Finalmente, las reparaciones vienen sustentadas de un presupuesto, realizado mediante precios de mano de obra dado por la contraloría del estado y materiales del comercio local obteniendo rendimientos en base a fichas técnicas de productos del mercado y la ayuda de ingenieros con experiencia en el ámbito, obteniendo costos de reparación económicos en comparación a otras metodologías. Por ejemplo, una vivienda del sector de Bastión Popular que

posee deficiencias estructurales como fisuramiento en paredes, inadecuadas conexiones de cubiertas, segregación o falta de hormigón en columnas y muros de contención dañados, costaría alrededor de \$472.73 reparar en sólo 5 día de trabajo, realizando una evaluación previa en el lugar y determinando las longitudes exactas a reparar. El precio mostrado es relativamente bajo en comparación a lo que tendrían que invertir para la reconstrucción si llegase a colapsar parcial o totalmente la vivienda cuando haya un terremoto.

6. Al realizar un análisis del nivel socioeconómico de los sectores evaluados, en el mejor de los casos la familia se sustenta únicamente con un sueldo básico lo que implica que serían incapaces de poder reparar sus viviendas con un costo de por ejemplo de \$472 antes planteado, que es un monto mayor al sueldo básico del país. Por lo tanto, se desarrolló un plan de financiamiento considerando que inviertan alrededor de \$70 por mes rehabilitando progresivamente las falencias de sus casas comenzando desde las partes más críticas que posea la estructura y así será menor el golpe económico para la familia logrando por sus propios medios reparar totalmente sus viviendas.

## **5.2 Recomendaciones**

1. El proyecto evidenció que no existe ningún control de nuevas construcciones en los sitios marginales de la ciudad permitiendo que se construyan viviendas con graves deficiencias constructivas. Por lo tanto, es necesario que se emplee un plan de concienciación impartiendo criterios básicos de construcción para que los habitantes de estos sectores conozcan los peligros que podrían a los cuales estarían expuestos e incentivar a que no realicen ampliaciones no diseñadas ni se improvisen soluciones estructurales.
2. En sólo 231 viviendas que se centró la investigación se cuantificaron demasiados errores constructivos lo que indica que sería imposible que todas las familias tengan la capacidad económica de reparar sus viviendas. Si ocurriera un terremoto, las pérdidas humanas y económicas para los gobiernos de turnos serían altísimas. Por esta razón hay que hacer un planteamiento a futuro y crear un plan de prevención de reparación de viviendas mejorando la calidad de las construcciones, previniendo que estas zonas queden devastadas

ante una catástrofe como un terremoto, que a la larga costaría más reconstruirlas que repararlas.

3. Las metodologías de reparación planteadas en el proyecto se basaron en técnicas de reparación de manuales de construcción de otros países, los cuales han generado soluciones en base a sus problemáticas locales, que no varían prácticamente en nada con las de nuestro país, esto abre la posibilidad de impulsar nuevos proyectos que sean capaces de fundamentar sus investigaciones con ensayos de laboratorio que permita obtener reparaciones con materiales más económicos. El presente proyecto tomó de referencia materiales del medio local que debido a ser empresas consolidadas en el mercado tienen un precio elevado que pondría en riesgo la viabilidad de ejecución de un proyecto de esta índole.

# BIBLIOGRAFÍA

Argudo, J. (2000). RADIUS: Risk Assessment Tools for Diagnosis of Urban Areas against Seismic Disasters. Retrieved from [www.geohaz.org/projects/radius.html](http://www.geohaz.org/projects/radius.html).

Consejería de Obras Públicas y Ordenamiento del territorio de Murcia. (2012). GUÍA Metodológica de reparación.

García-Carrera, J. S., Mena-Hernández, U., & Bermúdez-Alarcón, F. J. (2018). El terremoto 19S en Morelos: La experiencia operativa del INEEL en la evaluación del riesgo estructural. *Salud Pública de Mexico*, 60(2), S65–S82. <https://doi.org/10.21149/9408>

González, J., & Loja, W. (2019). Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas Populares Asentadas en Cerros y en el Sur de la Ciudad de Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Hayes, G. P., Wald, D. J., & Johnson, R. L. (2012). Slab1.0: A three-dimensional model of global subduction zone geometries. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(1), 1–15. <https://doi.org/10.1029/2011JB008524>

ICOTEC. (2010). Técnicas de reforzamiento de estructuras construidas de concreto que presentan deficiencias estructurales. Escuela Ingeniería En Construcción Instituto Tecnológico de Costa Rica.

INEC. (2011). Survey for stratification of socioeconomical level, 37. Retrieved from [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/Encuesta\\_Estratificacion\\_Nivel\\_Socioeconomico/111220\\_NSE\\_Presentacion.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Encuesta_Estratificacion_Nivel_Socioeconomico/111220_NSE_Presentacion.pdf)

Instituto del cemento y del hormigón de Chile, I. (2010). Manual de técnicas de reparación y refuerzo para estructuras de hormigón armado y albañilería. (Josué Smith Solar ICH, Ed.) (Segunda). Santiago de Chile.

Ministerio De Vivienda Y Urbanismo de Chile. (2018). Manual De Reparaciones Y Refuerzos Estructurales. Ministerio De Vivienda Y Urbanismo. Retrieved from <https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2018/04/MANUAL-DE-REPARACIONES-Y-REFUERZOS-ESTRUCTURALES-2018.pdf>

NEC. (2015). Norma Ecuatoriana de la Contrucción. <https://doi.org/10.1533/9781782420477.27>

Parra, H., Benito, M. B., & Gaspar-Escribano, J. M. (2016). Seismic hazard assessment in continental Ecuador. *Bulletin of Earthquake Engineering* (Vol. 14). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-9906-7>

Rostam, S. (1984). Durability of Concrete Structures: Workshop Report. Department of Structural Engineering, Technical University of Denmark. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=n1EHtwAACAAJ>

Servicio Sismológico Nacional. (2017). Sismo del día 19 de Septiembre de 2017, Puebla-Morelos (M 7.1). Reporte Especial, 1–11.

Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador. (2014). Reserva de producción de fauna, Manglares El Salado. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Villavicencio, G. (2011). Las invasiones de tierras en Guayaquil: historia y coyuntura política (Política pública). Retrieved from <http://67.192.84.248:8080/handle/10469/4423#.WfkbAXZfzIU>

# APÉNDICES

# **APÉNDICES A**

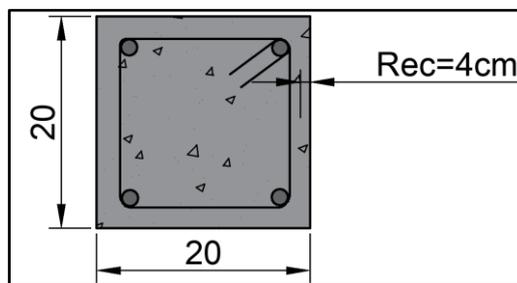
## **MEMORIA DE CÁLCULO**

## Análisis de resistencia de una columna tipo en sectores evaluados

Para la comprobación de resistencia de columnas, se analizaron 2 casos: Cuando la columna posee sus dimensiones originales de 20x20cm en este caso y cuando por cualquier otro motivo, sus dimensiones se redujeron a una dimensión asumida de 15x15cm. También se analiza el refuerzo transversal junto con el cálculo de la capacidad a corte en las columnas con distintos estribos detallados a continuación.

### Resistencia a la compresión

Caso 1: Columna de 20x20cm con:



**Unidades: cm**

### Datos

$$B = H = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 4 \text{ cm}$$

$$f'c = 160 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Varillas de Refuerzo} = \varnothing 12 \text{ mm}$$

### Capacidad máxima a compresión

De acuerdo con el manual ACI 318-14, Cap. 22, Tabla 22.4.2.1, la capacidad máxima a compresión de una columna se calcula a continuación. Esta depende de la sección transversal de la columna y de su refuerzo.

Member	Transverse reinforcement	$P_{n,max}$	
Nonprestressed	Ties conforming to 22.4.2.4	$0.80P_o$	(a)
	Spirals conforming to 22.4.2.5	$0.85P_o$	(b)
Prestressed	Ties	$0.80P_o$	(c)
	Spirals	$0.85P_o$	(d)
Composite steel and concrete columns in accordance with Chapter 10	All	$0.85P_o$	(e)

$$P_o = 0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

Donde:

$P_o$  = Capacidad axial de una columna a compresion.

$f'_c$  = Esfuerzo de compresion del concreto.

$A_g$  = Area bruta de la seccion.

$A_{st}$  = Area total del acero transversal.

$f_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero.

Reemplazando datos

$$P_o = 0.85 * (160) * (400 - 4.52) + (4200) * (4.52)$$

$$P_o = 72769.28 \text{ Kg}$$

Por lo tanto la capacidad maxima de acuerdo con la tabla anterior seria de:

$$P_n = 0.80 * P_o = 0.80 * 72769.28 = 58214.6 \text{ Kg}$$

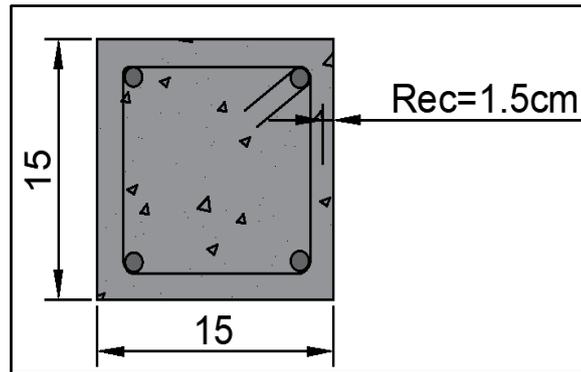
Sin embargo, de acuerdo con el manual del ACI 318-14, Cap.21, Tabla 21.2.1, se indica que existe un factor de reduccion de resistencia que penaliza la capacidad maxima de una columna.

Solicitaciones	Factores de reducci3n de resistencia $\phi$
Secciones controladas por tracci3n	0.90
Tracci3n axial	0.90
Secciones controladas por compres3n	
• Elementos con refuerzo transversal en espiral	0.75
• Otros elementos reforzados	0.65
Cortante y torsi3n	0.75
Aplastamiento	0.65

Por lo que la capacidad real de la columna, resulta en lo siguiente.

$$P_{real} = 0.65 * P_n = 0.65 * 58214.6 = 37839.50 \text{ Kg}$$

Caso 2: Columna de 15x15cm



Unidades: cm

$$B = H = 15 \text{ cm}$$

$$f'_c = 160 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Varillas de Refuerzo} = \varnothing 12 \text{ mm.}$$

Si siguiendo los mismos procedimientos que para el caso 1), se calcula la capacidad real de la columna

$$P_o = 0.85 * (160) * (225 - 4.52) + (4200) * (4.52) = 48969.28 \text{ Kg}$$

$$P_n = 0.80 * P_o = 0.80 * 48969.28 = 39175.4$$

$$P_{real} = 0.65 * P_n = 0.65 * 39175.4 = 24595.6 \text{ Kg}$$

Situación	Capacidad Real de la Columna
Columna 20x20cm	37839.50 Kg
Columna 15x15cm	24595.6 Kg

**Capacidad a corte**

La capacidad nominal a corte viene dada por la siguiente expresión:

$$V_n = \varnothing(V_c + V_s)$$

Donde

$V_c$  = Capacidad a corte por parte del hormigón.

$V_s$  = Capacidad a corte por parte del acero.

$\varnothing$  = Factor de reducción por corte = 0.75

La capacidad a corte por parte del hormigón (ACI 318-14, Cap.22,22.5.5) se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$V_c = 0.53\lambda\sqrt{f'c}bd$$

Donde

$\lambda$  = Factor dependiente del tipo de hormigón. En este caso es igual a 1.

$b$  = Ancho de columna.

$$d = H - rec - diametro_{estribo} - \frac{diametro_{varilla}}{2}$$

Cabe recalcar que la anterior expresión es conservadora ya que existen otros métodos más detallados para el cálculo de la capacidad a corte por parte del hormigón.

La capacidad a corte por parte del acero viene dada por:

$$V_s = \frac{A_v * f_{yt} * d}{s}$$

Donde

$A_v$  = Area total de los ramales del refuerzo transversal.

$f_{yt}$  = Esfuerzo de fluencia del acero.

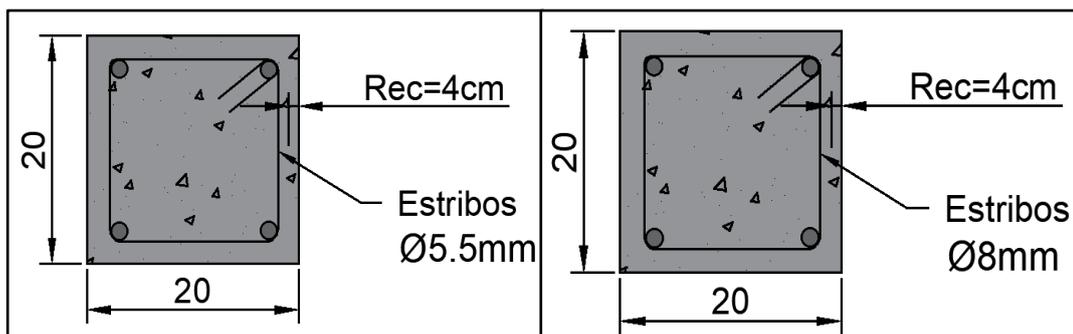
$s$  = Espaciamiento del refuerzo transversal.

Se tendrán en cuenta las siguientes situaciones

Caso 1: Columna 20x20cm con rec=4cm y:

Estribos de  $\varnothing$  5.5 mm

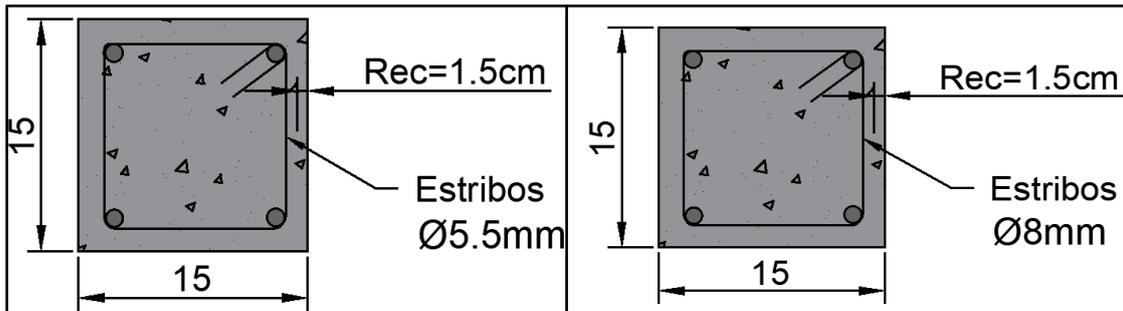
Estribos de  $\varnothing$  8 mm



Caso 2: Columna de 15x15cm con rec =1.5cm y:

Estribos de  $\varnothing$  5.5 mm

Estribos de  $\varnothing$  8 mm



Se realizará la solución de 1 caso y los demás serán resumidos debido a que tienen procedimiento similar.

Caso 1: Columna 20x20cm

Datos

$$B = H = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 4 \text{ cm}$$

$$f'c = 160 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Varillas de Refuerzo =  $\varnothing$  12mm y estribos de  $\varnothing$  5.5mm

$$d = 20 - 4 - 0.55 - \frac{1.2}{2} = 14.85 \text{ cm}$$

$$V_c = 0.53\lambda\sqrt{f'c}bd = 0.53 * 1 * \sqrt{160} * 20 * 14.85 = 1991.1 \text{ Kg}$$

$$V_s = \frac{A_v * f_{yt} * d}{s} = \frac{2 * \frac{\pi}{4} * (0.55)^2 * 4200 * 14.85}{15} = 1975.7 \text{ Kg}$$

$$V_n = \varnothing(V_c + V_s) = 0.75 * (1991.1 + 1975.7) = 2975.1 \text{ Kg}$$

Finalmente, se resumen los valores tanto de la capacidad axial y a cortante.

<i>Columna</i> (cm)	<i>Rec.</i> (cm)	$\emptyset$ <i>Estribo</i> (mm)	$\emptyset$ <i>Var. Long</i> (mm)	$V_c$ (Kg)	$V_s$ (Kg)	$V_n$ (Kg)	$P_{real}$ (Kg)
20x20	4	5.5	12	1991.3	1975.7	2975.1	37838.50
20x20	4	8	12	1957.57	4109.7	4550.15	
15x15	1.5	5.5	12	990.50	1310.0	1725.75	24595.60
15x15	1.5	8	12	1216.78	3405.9	3512.07	

Comparando resultados, se evidencia el grado de daño que sufre la columna cuando sus dimensiones son reducidas por cualquier motivo, aproximadamente pierde el 35% de su capacidad de resistencia a carga axial al disminuir el área inicial sólo 2.5cm en cada lado. Por otro lado en cuestión de resistencia al cortante pierde alrededor del 42% cuando posee un refuerzo transversal de 5.5 mm y un sólo 23% al tener un mayor refuerzo con varillas de 8mm.

# **APÉNDICES B**

**Presupuesto:  
Análisis de precios unitarios  
Especificaciones técnicas  
Cronograma**

## SUSTENTACIÓN DE CANTIDADES DE LOS RUBROS

### Rubro 1.1 Reparación de segregación de hormigón en columnas

Unidad: ML

#### 1. Mortero de reparación estructural

Resistencia a la compresión del mortero de reparación estructural  $f'c = 400kg/m^2$

Volumen requerido 1ml de columna sección típica de 20x20 cm:

$$V = (0.2)(0.2)(1) = 0.04 m^3$$

Densidad del mortero según fichas técnicas de un fabricante local (SIKA, 2020)

$$\rho_{mortero} = 2100 kg/m^3$$

$$\rho = \frac{masa}{volumen}$$

Kg de mortero mezcla del mortero

$$masa = \rho * volumen$$

$$masa = 2100 * 0.04 = 84 kg de mezcla + 10\% pérdidas$$

$$92.4 kg de mezcla$$

- Ficha técnica cada 25kg de mortero, se necesitan 5 litros de agua (5kg)

De los 92.4 kg de mezcla, se le sustraen los kg de agua:

$$92.4kg de mezcla - 18.4kg de agua = 74 kg de mortero$$

#### 2. Desoxidante protector de metales

- El rendimiento según el fabricante es aproximado al que requiere esta reparación por lo que se adoptó la presentación de 1 litro de desoxidante considerando las pérdidas.

#### 3. Madera

La sección de columna de 20x20 cm, altura del rubro 1 metro lineal

Área lateral de la columna

$$A = (0.2)(1)(4) = 0.8 m^2 de madera$$

%10 de pérdidas + %10 por yugos de unión

$$A_{TOTAL} = 1 m^2 de madera$$

## Rubro 1.2 Reparación en columnas debido a la remoción intencional.

Unidad: ML

### 1. Mortero de reparación estructural

Resistencia a la compresión del mortero de reparación estructural  $f'c = 400 \text{ kg/m}^2$

Asumió una sección transversal removida de 20x5 cm.

Volumen requerido para 1ml

$$V = (0.2)(0.05)(1) = 0.01 \text{ m}^3$$

Densidad del mortero según fichas técnicas de un fabricante local (SIKA, 2020)

$$\rho_{\text{mortero}} = 2100 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Kg de mortero mezcla del mortero

$$\text{masa} = \rho * \text{volumen}$$

$$\text{masa} = 2100 * 0.01 = 21 \text{ kg de mezcla} + 10\% \text{ pérdidas}$$

$$23.1 \text{ kg de mezcla}$$

- Ficha técnica cada 25kg de mortero, se necesitan 5 litros de agua (5kg)

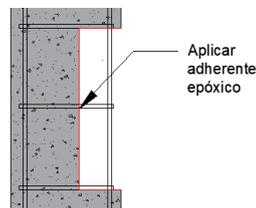
De los 23.1 kg de mezcla, se le sustraen los kg de agua:

$$23.1 \text{ kg de mezcla} - 3.85 \text{ kg de agua} = 19.25 \text{ kg de mortero}$$

### 2. Desoxidante protector de metales

- El rendimiento del material implica que se necesite 0.5 L

### 3. Puente adherente epóxico



$$A_1 = 0.2 * 0.05 = 0.01 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0.2 * 1 \text{ metro lineal} = 0.2 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total a intervenir}} = A_1 + A_2 = 0.01 + 0.2 = 0.21 \text{ m}^2$$

Rendimiento es  $0.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ , se tiene cuantos kg de epoxico son necesarios:

$$\text{Kg de epoxico} = 0.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 0.21 \text{ m}^2 = 0.126 \text{ kg de epoxico necesarios.}$$

## Rubro 1.3 Reparación de conexión viga-columna

Unidad: ML

### 1. Mortero de reparación estructural

Volumen requerido 1ml de columna sección típica de 20x20 cm que tuvo un desgaste de 5 cm en cada elemento:

$$V_{columna} = (1) * 0.05 * 0.2 = 0.01m^3$$

$$V_{viga} = (1) * 0.15 * 0.05 = 0.0075m^3$$

Densidad del mortero según fichas técnicas de un fabricante local (SIKA, 2020)

$$\rho_{mortero} = 2100 \text{ kg}/m^3$$

Kg de mortero mezcla del mortero

$$masa = \rho * volumen$$

$$masa = 2100 * 0.0175 = 36.7 \text{ kg de mezcla} + 10\% \text{ pérdidas}$$

$$40 \text{ kg de mezcla}$$

- Ficha técnica cada 25kg de mortero, se necesitan 5 litros de agua (5kg)

De los 40 kg de mezcla, se le sustraen los kg de agua:

$$40 \text{ kg de mezcla} - 7 \text{ kg de agua} = 33 \text{ kg de mortero}$$

### 2. Desoxidante protector de metales

- El rendimiento según el fabricante es aproximado al que requiere esta reparación se adoptó la presentación de 1 litro de desoxidante considerando las pérdidas.

### 3. Madera de encofrado

$$A_{columna} = (1) * 4 * 0.05 = 0.2m^2$$

$$A_{viga} = (1) * 0.15 * 4 = 0.6m^2$$

$$A_{madera \text{ total}} = A_{columna} + A_{viga} = 0.6 + 0.2 = 0.8 \text{ m}^2$$

%10 de pérdidas + %10 por yugos de unión

$$A_{TOTAL} = 1 \text{ m}^2 \text{ de madera}$$

### 4. Adhesivo epóxico de dos componentes

El puente adherente se coloca en las caras laterales de las vigas y columnas.

$$A_{columna} = (1 \text{ metro lineal}) * 4 * 0.2 = 0.8m^2$$

$$A_{viga} = (1 \text{ metro lineal}) * 0.15 * 4 = 0.6m^2$$

$$A_{total \text{ a intervenir}} = A_{columna} + A_{viga} = 0.8 + 0.6 = 1.4 \text{ m}^2$$

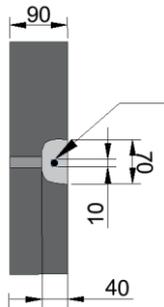
$$\text{Kg de epoxico} = 0.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1.4 \text{ m}^2 = 0.84 \text{ kg de epoxico necesarios}$$

## Rubro 1.4 Reparación de fisuras inclinadas de 45° aprox. en paredes

Unidad: ML

### 1. Mortero de reparación estructural

Volumen requerido en 1ml de abertura de grieta a reparar:



$$V = (1) * 0.04 * 0.07 = 0.0028 \text{ m}^3$$

Densidad del mortero según fichas técnicas de un fabricante local (SIKA, 2020)

$$\rho_{\text{mortero}} = 2100 \text{ kg/m}^3$$

Kg de mortero mezcla del mortero

$$\text{masa} = \rho * \text{volumen}$$

$$\text{masa} = 2100 * 0.0028 = 5.88 \text{ kg de mezcla} + 10\% \text{ pérdidas}$$

$$6.5 \text{ kg de mezcla}$$

- Ficha técnica cada 25kg de mortero, se necesitan 5 litros de agua (5kg)

De los 6.5 kg de mezcla, se le sustraen los kg de agua:

$$6.5 \text{ kg de mezcla} - 1.08 \text{ kg de agua} = 5.42 \text{ kg de mortero}$$

### 2. Adhesivo epóxico de dos componentes

El puente adherente se coloca sobre las superficies del hormigón viejo.

$$A_1 = A_2 = (1) * 0.04 * 2 = 0.08 \text{ m}^2$$

$$A_3 = (1) * 0.07 = 0.07 \text{ m}^2$$

$$A_4 = (0.07) * (0.04) * 2 = 0.0056 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = 0.16 \text{ m}^2$$

$$\text{Kg de epoxico} = 0.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 0.16 \text{ m}^2 = 0.096 \text{ kg} = 0.1 \text{ kg desperdicios}$$

### 3. Acero de refuerzo

Varillas de acero de 10 mm de diámetro tiene un peso lineal 0.617 kg/m

$$\text{Kg acero} = 0.617 * 1.2 = 0.74 \text{ kg} + 10\% \text{ pérdidas} + 3\% \text{ despunte}$$

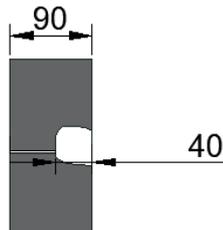
$$\text{Kg Acero} = 0.84 \text{ kg}$$

## Rubro 1.5 Reparación de fisuras horizontales y verticales en paredes

Unidad: ML

### 1. Mortero de reparación estructural

Volumen en 1ml de abertura de grieta de 3 cm de espesor y 4 cm de profundidad.



$$V = (1) * 0.04 * 0.03 = 0.0012 \text{ m}^3$$

Densidad del mortero según fichas técnicas de un fabricante local (SIKA, 2020)

$$\rho_{\text{mortero}} = 2100 \text{ kg/m}^3$$

Kg de mortero mezcla del mortero

$$\text{masa} = \rho * \text{volumen}$$

$$\text{masa} = 2100 * 0.0012 = 2.52 \text{ kg de mezcla} + 10\% \text{ pérdidas}$$

$$2.77 \text{ kg de mezcla}$$

- Ficha técnica cada 25kg de mortero, se necesitan 5 litros de agua (5kg)

De los 2.77 kg de mezcla, se le sustraen los kg de agua:

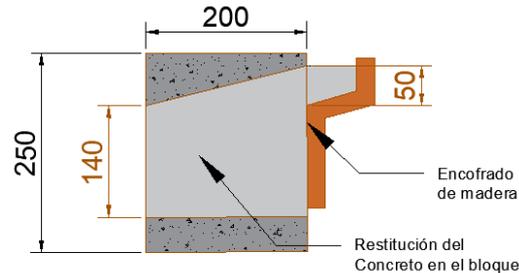
$$2.77 \text{ kg de mezcla} - 0.46 \text{ kg de agua} = 2.35 \text{ kg de mortero}$$

## Rubro 1.6 Reparación de muros de contención con menos de 10 cavidades en 1m<sup>2</sup>

Unidad: U

### 1. Mortero de reparación estructural

Volumen requerido asumiendo dimensiones del muro y el paño dañado:



$$V = 0.2 * 0.14 * 0.2 = 0.0056 \text{ m}^3$$

Densidad del mortero autonivelante, fichas técnicas del fabricante local (SIKA, 2020)

$$\rho_{\text{mortero}} = 2300 \text{ kg/m}^3$$

Kg de mortero mezcla del mortero

$$\text{masa} = \rho * \text{volumen}$$

$$\text{masa} = 2300 * 0.0056 = 12.88 \text{ kg de mezcla} + 10\% \text{ pérdidas}$$

$$14.17 \text{ kg de mezcla}$$

- Ficha técnica cada 25kg de mortero, se necesitan 5 litros de agua (5kg)

De los 14.17 kg de mezcla, se le sustraen los kg de agua:

$$14.17 \text{ kg de mezcla} - 2.36 \text{ kg de agua} = 11.8 \text{ kg de mortero}$$

### 2. Adhesivo epóxico de dos componentes

El puente adherente se coloca sobre las superficies del hormigón viejo.

$$A_1 = A_2 = 2(0.2 * 0.2) = 0.08 \text{ m}^2$$

$$A_3 = A_4 = 2(0.14 * 0.2) = 0.056 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 0.2 * (0.14) = 0.028 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{total}} = 0.164 \text{ m}^2$$

$$\text{Kg de epoxico} = 0.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 0.164 \text{ m}^2 = 0.096 \text{ kg} = 0.1 \text{ kg desperdicios}$$

### 3. Madera

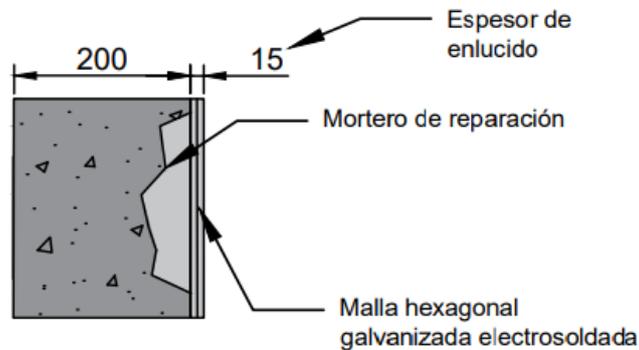
Área de madera requerida dimensiones de 20X20 cm para encofrado.

$$A = (0.2)0.2 = 0.04 \text{ m}^2 + 10\% \text{ desperdicios}$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 0.044 \text{ m}^2 \text{ de madera}$$

## Rubro 1.7 Reparación de muros de contención con más de 10 cavidades en 1m<sup>2</sup>

Unidad: M2



### 1. Mortero de reparación estructural

Volumen requerido de 1m<sup>2</sup> de reparación para un espesor de 1.5 cm.

$$V = 1m^2 * 0.015 = 0.015 m^3$$

Densidad del mortero de reparación tixotrópico, fichas técnicas del fabricante local (SIKA, 2020)

$$\rho_{mortero} = 2100 kg/m^3$$

Kg de mortero mezcla del mortero

$$masa = \rho * volumen$$

$$masa = 2100 * 0.015 = 31.5 kg de mezcla + 10\% pérdidas$$

$$34.6 kg de mezcla$$

- Ficha técnica cada 25kg de mortero, se necesitan 5 litros de agua (5kg)

De los 34.6 kg de mezcla, se le sustraen los kg de agua:

$$34.6 kg de mezcla - 6.6 kg de agua = 28 kg de mortero$$

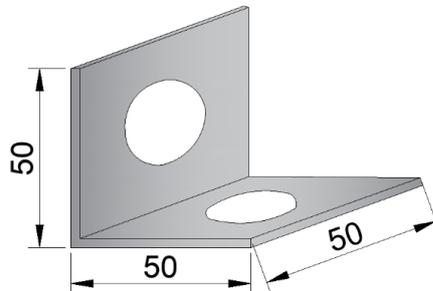
### 2. Malla hexagonal galvanizada

- El fabricante vende el material por metro cuadrado.

## Rubro 1.8 Reparación de conexión de cubierta de estructura de madera

Unidad: U

### 1. Perfil tipo L de acero AISI304 50X3mm



Longitud de corte para las placas de anclaje son de 5cm.

Requiere 4 placas, 2 para unión madera-madera y 2 para unión madera-hormigón

Longitud total 20 cm.

Peso lineal 2.3 Kg/m del material

$$Kg = 0.2 * 2.3 = 0.46 \text{ Kg de acero}$$

$$+10\% \text{ Pérdidas} + 3\% \text{ Despunte}$$

$$Kg = 0.52 \text{ Kg de acero}$$

### 2. Malla hexagonal galvanizada

- El fabricante vende el material por metro cuadrado.

### 3. Pernos para madera 3/8" X 1 1/2"

Por cada placa para unión madera-madera 2 pernos

$$2 \text{ placas} * 2 \text{ pernos} = 4 \text{ pernos}$$

El anclaje de madera hormigón 1 perno por placa

$$1 \text{ placa} * 2 \text{ pernos} = 2 \text{ pernos}$$

### 4. Perno expansivo para hormigón de 3/4" x 4"

El anclaje de madera-hormigón 1 perno por placa

$$1 \text{ placa} * 2 \text{ pernos} = 2 \text{ pernos}$$

### 5. Pintura preservante para madera

Para la conexión se requiere 0.5 L de pintura de acuerdo con el rendimiento del fabricante.

## Rubro 1.9 Reparación de conexión de cubierta de estructura de acero

Unidad: U

### 1. Mortero de reparación estructural

Mediante una dimensión de columna típica se debe embeber una correa de acero en hormigón. Columna 20X20 cm y la altura de la correa es de 10 cm.

$$V = 0.2 * 0.2 * 0.1 = 0.004 \text{ m}^3$$

Densidad del mortero de reparación autonivelante, fichas técnicas del fabricante local (SIKA, 2020)

$$\rho_{\text{mortero}} = 2300 \text{ kg/m}^3$$

Kg de mortero mezcla del mortero

$$\text{masa} = \rho * \text{volumen}$$

$$\text{masa} = 2300 * 0.004 = 9.2 \text{ kg de mezcla} + 10\% \text{ pérdidas}$$

$$10.1 \text{ kg de mezcla}$$

- Ficha técnica cada 25kg de mortero, se necesitan 5 litros de agua (5kg)

De los 10.1 kg de mezcla, se le sustraen los kg de agua:

$$10.1 \text{ kg de mezcla} - 1.6 \text{ kg de agua} = 8.5 \text{ kg de mortero}$$

### 2. Desoxidante protector de metales

- Respecto al rendimiento según el fabricante se requiere sólo 0.5 L.

### 3. Adhesivo epóxico de dos componentes

El puente adherente se coloca sobre las superficies del hormigón viejo.

$$A = 0.2 * 0.2 = 0.04$$

$$\text{Rendimiento Kg de epóxico} = 0.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 0.04 \text{ m}^2 = 0.024 \text{ kg}$$

### 4. Encofrado de madera

Área lateral de la madera de 20X20 cm y un alto de 10 cm para encofrado.

$$A = 4 (0.2 * 0.1) = 0.08 \text{ m}^2 + 10\% \text{ desperdicios}$$

$$A_{TOTAL} = 0.088 \text{ m}^2 \text{ de madera}$$

### 5. Soldadura E6011

Se requiere 1Kg de soldadura para la unión entre correas.

**Proyecto:** Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**ID RUBRO:** 1.1 Reparación de segregación de hormigón en columnas **RENDIMIENTO** 1.38 Ml/h  
**UNIDADES:** ML 0.727 h/unidad

#### EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Herramientas menores	%MO	5%		\$ 0.26
Cepillo metálico	UNIDAD	1	\$ 2.50	\$ 2.50
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>				<b>\$ 2.76</b>

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	\$ 3.65	\$ 3.65	0.73	\$ 2.65
Peon	1	\$ 3.60	\$ 3.60	0.73	\$ 2.62
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 5.27</b>

#### MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Mortero de reparación estructural trioxotrópico f'c=400kg/cm <sup>2</sup>	kg	74	\$ 0.69	\$ 51.06
Desoxidante - protector para metales	L	1	\$ 3.00	\$ 3.00
Encofrado de mader espesor 20mm	m2	1	\$ 4.00	\$ 4.00
Clavos	kg	0.17	\$ 2.00	\$ 0.34
Agua	m3	0.04	\$ 0.01	\$ 0.00
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$ 58.40</b>

#### TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				\$

COSTOS DIRECTOS	\$ 66.43
COSTOS INDIRECTOS (5%)	\$ 3.32
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 69.76</b>

LUGAR Y FECHA Guayaqui, septiembre 2020

\_\_\_\_\_  
FIRMA

**Proyecto:** Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**ID RUBRO:** 1.2 Reparación en columna debido a la **RENDIMIENTO** 1.50 MI/h  
remoción intencional de hormigón  
**UNIDADES:** ML 0.667 h/unidad

#### EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Herramientas menores	%MO	5%		\$ 0.24
Cepillo metálico	UNIDAD	1	\$ 2.50	\$ 2.50
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>				<b>\$ 2.74</b>

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	\$ 3.65	\$ 3.65	0.67	\$ 2.43
Peon	1	\$ 3.60	\$ 3.60	0.67	\$ 2.40
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 4.84</b>

#### MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Mortero de reparación estructural trioxotrópico f'c=400kg/cm <sup>2</sup>	kg	17.5	\$ 0.69	\$ 12.08
Adhesivo epóxico de dos componentes	Kg	0.126	\$ 17.00	\$ 2.14
Desoxidante protecto para metales	L	0.5	\$ 3.00	\$ 1.50
Agua	m3	0.04	\$ 0.01	\$ 0.00
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$ 15.72</b>

#### TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				\$

COSTOS DIRECTOS	\$ 23.29
COSTOS INDIRECTOS (5%)	\$ 1.16
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 24.46</b>

LUGAR Y FECHA Guayaqui, septiembre 2020

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

**Proyecto:** Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**ID RUBRO:** 1.3 Reparación de conexión viga-columna **RENDIMIENTO** 1.50 M/h

**UNIDADES:** ML 0.667 h/unidad

#### EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Herramientas menores	%MO	5%		\$ 0.24
Cepillo metálico	UNIDAD	1	\$ 2.50	\$ 2.50
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>				<b>\$ 2.74</b>

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	\$ 3.65	\$ 3.65	0.67	\$ 2.43
Peon	1	\$ 3.60	\$ 3.60	0.67	\$ 2.40
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 4.84</b>

#### MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Mortero de reparación estructural trioxotrópico f'c=400kg/cm <sup>2</sup>	Kg	33	\$ 0.69	\$ 22.77
Adhesivo epóxico de dos componentes	Kg	0.86	\$ 17.00	\$ 14.62
Desoxidante protecto para metales	L	1	\$ 3.00	\$ 3.00
Encofrado de madera espesor 20 mm	m <sup>2</sup>	1	\$ 4.00	\$ 4.00
Agua	m <sup>3</sup>	0.04	\$ 0.01	\$ 0.00
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$ 44.39</b>

#### TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				\$

COSTOS DIRECTOS	\$ 51.97
COSTOS INDIRECTOS (5%)	\$ 2.60
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 54.57</b>

**LUGAR Y FECHA** Guayaqui, septiembre 2020

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

**Proyecto:** Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**ID RUBRO:** 1.4 Reparación de fisuras inclinadas de 45° aprox en paredes de bloque de hormigón **RENDIMIENTO** 1.63 ML/h  
**UNIDADES:** ML 0.615 h/unidad

#### EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Herramientas menores	%MO	5%		\$ 0.22
Amoladora		1	\$ 0.90	\$ 0.90
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>				<b>\$ 1.12</b>

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	\$ 3.65	\$ 3.65	0.62	\$ 2.24
Peon	1	\$ 3.60	\$ 3.60	0.62	\$ 2.21
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 4.46</b>

#### MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Mortero de reparación estructural trioxotrópico $f'c=400\text{kg/cm}^2$	Kg	5.42	\$ 0.69	\$ 3.74
Adhesivo epóxico de dos componentes	Kg	0.1	\$ 17.00	\$ 1.70
Acero corrugado $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$ grado 60 $\Phi=10\text{mm}$	m2	0.84	\$ 1.10	\$ 0.92
Agua	m3	0.002	\$ 0.01	\$ 0.00
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$ 6.36</b>

#### TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				\$

COSTOS DIRECTOS	\$ 11.95
COSTOS INDIRECTOS (5%)	\$ 0.60
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 12.54</b>

**LUGAR Y FECHA** Guayaqui, septiembre 2020

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

**Proyecto:** Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**ID RUBRO:** 1.5 Reparación de fisuras horizontales y verticales en paredes de bloque de hormigón **RENDIMIENTO** 1.63 ML/h  
**UNIDADES:** ML 0.615 h/unidad

**EQUIPOS**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Herramientas menores	%MO	5%		\$ 0.22
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>				<b>\$ 0.22</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	\$ 3.65	\$ 3.65	0.62	\$ 2.24
Peon	1	\$ 3.60	\$ 3.60	0.62	\$ 2.21
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 4.46</b>

**MATERIALES**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Mortero de reparación estructural	Kg	2.31	\$ 0.69	\$ 1.59
Agua	m3	0.002	\$ 0.01	\$ 0.00
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$ 1.59</b>

**TRANSPORTE**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				\$

COSTOS DIRECTOS	\$ 6.28
COSTOS INDIRECTOS (5%)	\$ 0.32
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6.60</b>

**LUGAR Y FECHA** Guayaquil, septiembre 2020

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

**Proyecto:** Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**ID RUBRO:** 1.6 Reparación de muros de contención con menos de 10 cavidades en 1m2 **RENDIMIENTO** 3.00 U/h

**UNIDADES:** U 0.333 h/unidad

#### EQUIPOS

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Herramientas menores	%MO	5%		\$ 0.12
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>				<b>\$ 0.12</b>

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	\$ 3.65	\$ 3.65	0.33	\$ 1.22
Peon	1	\$ 3.60	\$ 3.60	0.33	\$ 1.20
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 2.41</b>

#### MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Mortero de reparación autonivelante tipo grout f'c=400kg/cm <sup>2</sup>	Kg	11.8	\$ 0.47	\$ 5.55
Adhesivo epóxico de dos componentes	Kg	0.1	\$ 17.00	\$ 1.70
Encofrado de mader espesor 20mm	m2	0.044	\$ 4.00	\$ 0.18
Agua	m3	0.002	\$ 0.01	\$ 0.00
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$ 7.42</b>

#### TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				\$

COSTOS DIRECTOS	\$ 9.96
COSTOS INDIRECTOS (5%)	\$ 0.50
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 10.45</b>

**LUGAR Y FECHA** Guayaqui, septiembre 2020

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

**Proyecto:** Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**ID RUBRO:** 1.7 Reparación de muros de contención con más de 10 cavidades en 1m2 **RENDIMIENTO** 1.50 U/h

**UNIDADES:** M2 0.667 h/unidad

#### EQUIPOS

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Herramientas menores	%MO	5%		\$ 0.24
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>				<b>\$ 0.24</b>

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	\$ 3.65	\$ 3.65	0.67	\$ 2.43
Peon	1	\$ 3.60	\$ 3.60	0.67	\$ 2.40
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 4.84</b>

#### MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Mortero de reparación estructural trioxotrópico f'c=400kg/cm <sup>2</sup>	Kg	28	\$ 0.69	\$ 19.32
Malla hexagonal galvanizada	m2	1	\$ 2.00	\$ 2.00
Agua	m3	0.002	\$ 0.01	\$ 0.00
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$ 21.32</b>

#### TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				\$

COSTOS DIRECTOS	\$ 26.40
COSTOS INDIRECTOS (5%)	\$ 1.32
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 27.72</b>

**LUGAR Y FECHA** Guayaqui, septiembre 2020

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

**Proyecto:** Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**ID RUBRO:** 1.8 Reparación de conexión de cubierta de estructura de madera **RENDIMIENTO** 2.00 U/h

**UNIDADES:** U 0.5 h/unidad

#### EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Herramientas menores	%MO	5%		\$ 0.18
Amoladora		1	\$ 0.90	\$ 0.90
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>				<b>\$ 1.08</b>

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	\$ 3.65	\$ 3.65	0.50	\$ 1.83
Peon	1	\$ 3.60	\$ 3.60	0.50	\$ 1.80
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 3.63</b>

#### MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Perfil tipo L de acero AISI304 50X3mm	Kg	0.52	\$ 1.10	\$ 0.57
Pernos para madera de 3/8" x 1 1/2"	U	6	\$ 0.48	\$ 2.88
Pernos expansivos para hormigón de 3/4" x 4"	U	2	\$ 1.50	\$ 3.00
Pintura preservante para madera	L	0.5	\$ 4.46	\$ 2.23
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$ 8.68</b>

#### TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				\$

COSTOS DIRECTOS	\$ 13.39
COSTOS INDIRECTOS (5%)	\$ 0.67
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 14.06</b>

**LUGAR Y FECHA** Guayaqui, septiembre 2020

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

**Proyecto:** Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**ID RUBRO:** 1.9 Reparación de conexión de cubierta de estructura de acero **RENDIMIENTO** 1.50 U/h

**UNIDADES:** U 0.667 h/unidad

#### EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Herramientas menores	%MO	5%		\$ 0.24
Cepillo metálico		1	\$ 2.50	\$ 2.50
<b>SUBTOTAL EQUIPOS</b>				<b>\$ 2.74</b>

#### MANO DE OBRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albañil	1	\$ 3.65	\$ 3.65	0.67	\$ 2.43
Peon	1	\$ 3.60	\$ 3.60	0.67	\$ 2.40
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$ 4.84</b>

#### MATERIALES

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
Mortero de reparación autonivelante tipo grout f'c=400kg/cm <sup>2</sup>	Kg	8.5	\$ 0.47	\$ 4.00
Desoxidante protector para metales	L	0.5	\$ 3.00	\$ 1.50
Adhesivo epóxico de dos componentes	kg	0.024	\$ 17.00	\$ 0.41
Soldadura E6011	Kg	1	\$ 4.00	\$ 4.00
Encofrado de madera espesor 20 mm	m <sup>2</sup>	0.088	\$ 4.00	\$ 0.35
<b>SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>\$ 10.26</b>

#### TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
				\$

COSTOS DIRECTOS	\$ 17.83
COSTOS INDIRECTOS (5%)	\$ 0.89
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 18.72</b>

**LUGAR Y FECHA** Guayaqui, septiembre 2020

\_\_\_\_\_  
**FIRMA**

## Especificación Técnica

### Identificación

- Nombre del proyecto: Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil.
- Código del rubro: **1.1**
- Descripción del rubro: **Reparación de segregación de hormigón en col.**
- Descripción adicional del rubro: Limpiar la zona afectada, colocación de mortero de reparación en la zona a intervenir.

### Ejecución

- Descripción física del rubro: El rubro consiste en rellenar la zona inferior de una columna con un mortero de reparación estructural. Si el acero de refuerzo presenta oxidación, se procede a realizar la limpieza utilizando cepillo metálico. Adicional a ello se proporciona al refuerzo un desoxidante para mejorar la protección ante la corrosión.
- Materiales: Mortero de reparación estructural de resistencia  $420 \text{ kg/cm}^2$ . Adicional se tiene preparado desoxidante para proteger al acero de refuerzo expuesto.
- Rubros previos: Si la columna a intervenir presenta un acero de refuerzo muy oxidado o deficiente, se debe reparar esto antes de la ejecución de este rubro si no, acarreará problemas de resistencia en el futuro.
- Ejecución del rubro: Remover todo el hormigón deficiente de la parte afectada dejando solo el acero de la columna con el fin de restaurar dicha zona con el mortero de reparación estructural. Se verificará el estado de las varillas de refuerzo que forman parte de esa sección de la columna.

### Unidad de medida

- Por motivo de que el rubro representa una reparación no específica de una casa el rubro se evalúa en general mediante dimensiones típicas de las viviendas evaluando una reparación por unidad, la reparación se da por cada metro lineal de columna que ha sido restaurada.

## Especificación Técnica

### Identificación

- Nombre del proyecto: Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil.
- Código del rubro: **1.2**
- Descripción del rubro: **Reparación en columna debido a la remoción intencional del hormigón.**
- Descripción adicional del rubro: Remover cualquier impureza del concreto, verificar estado del refuerzo y rellenar la parte faltante con mortero.

### Ejecución

- Descripción física del rubro: El rubro consiste en reparar o restaurar una parte mínima de columna debido a su remoción por motivos premeditados. Antes de aplicar el mortero, se verifica el estado de las varillas para aplicar o no el desoxidante necesario
- Materiales: Mortero de reparación estructural de resistencia  $420 \text{ kg/cm}^2$ , puente adherente o epoxico, desoxidante para acero.
- Mano de obra: albañil, estructura ocupacional D2 y ayudante de albañil, estructura ocupacional E2.
- Maquinaria: Para este rubro, no se necesitarán ningún equipo especializado más que las herramientas menores generales.
- Rubros previos: Si la zona de la columna presenta un hormigón o acero de refuerzo en condiciones muy desfavorables, se recomienda remover toda la zona afectada y arreglar este inconveniente. De no encontrar una solución factible, se recomienda resolverlo de acuerdo con el rubro **1.8**.

- Ejecución del rubro: Limpiar la zona afectada. Se usará un puente adherente o epóxico cuyo fin es lograr la unión entre concreto “viejo” y concreto “nuevo”. Luego se aplica el mortero de reparación estructural y se deja reposar hasta que se haya adherido completamente.

### **Unidad de medida**

- Por motivo de que el rubro representa una reparación no específica de una casa el rubro se evalúa en general mediante dimensiones típicas de las viviendas evaluando una reparación por unidad, la reparación se da por metro lineal donde se presente esta deficiencia.

## Especificación Técnica

### Identificación

- Nombre del proyecto: Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil.
- Código del rubro: **1.3**
- Descripción del rubro: **Reparación de conexión viga-columna.**
- Descripción adicional del rubro: Limpiar la zona afectada, restaurar el material defectuoso tanto en la viga como en la columna.

### Ejecución

- Descripción física del rubro: El rubro consiste en reparar la conexión entre la columna y la viga mediante el relleno de la zona faltante con mortero.
- Materiales: Mortero de reparación estructural de resistencia  $420 \text{ kg/cm}^2$ , puente adherente o epoxico.
- Mano de obra: albañil, estructura ocupacional D2 y ayudante de albañil, estructura ocupacional E2.
- Maquinaria: Para reparar las conexiones de necesitaran únicamente herramientas menores como taladros y amoladoras para cortar los perfiles metálicos.
- Rubros previos: Si la armadura de la conexión viga-columna está expuesta, reparar mediante el cepillado de la armadura y la adición de desoxidante. Luego ejecutar el rubro
- Ejecución del rubro: Verificar el estado de la conexión viga-columna y sus alrededores debido a que también pueden presentar ausencia de hormigón. Restaurar siguiendo un orden: Primero reparar la columna hasta la unión mediante la aplicación de la resina epóxica y luego el mortero de reparación estructural. Luego de haber terminado con la columna, proceder con ambas partes

de la viga que llegan a la columna procurando aplicar el mismo procedimiento. Para el caso de la viga, es opcional realizar un ligero encofrado con abertura para vaciar el hormigón. De realizarse un encofrado, deberá retirarse después de 1 día. El mortero necesita un curado por 2 veces al día por 3 días desde su fundición.

-

### **Unidad de medida**

- Por motivo de que el rubro representa una reparación no específica de una casa el rubro se evalúa en general mediante dimensiones típicas de las viviendas evaluando una reparación por unidad, la reparación se da por cada metro lineal de restauración ya sea en la viga o en la columna.

## Especificación Técnica

### Identificación

- Nombre del proyecto: Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil.
- Código del rubro: **1.4**
- Descripción del rubro: **Reparación de fisuras inclinadas de 45° aprox. en paredes.**
- Descripción adicional del rubro: Retiro de material deficiente en la fisura inclinada.

### Ejecución

- Descripción física del rubro: El rubro consiste en reparar la fisura típica de 45° mediante la incorporación de una varilla de acero corrugado que le proporcionara a la zona afectada un refuerzo adicional junto con la aplicación de mortero predosificado
- Materiales: Mortero de reparación estructural de resistencia  $420 \text{ kg/cm}^2$ , puente adherente o epoxico, varilla de acero corrugado de diámetro 10 mm.
- Mano de obra: albañil, estructura ocupacional D2 y ayudante de albañil, estructura ocupacional E2.
- Maquinaria: Herramientas menores tales como cincel y martillo.
- Rubros previos: Si la superficie a intervenir tiene mucho exceso de hormigón en las juntas, en este caso en los bloques, primero reparar o remover estos excesos antes de ejecutar este rubro.
- Ejecución del rubro: Observar el fisuramiento y asegurarse de que al menos tenga un ancho de 5mm. Proceder con la picada mediante el cincel y martillo con una profundidad de alrededor de 4cm, enfocándose en la grieta. Desalojar el material suelto y dejar una superficie de trabajo rugosa sin exceso de polvo debido a que

el epóxico puede perder su efectividad. Aplicar la resina epóxica en las superficies vacías en el hormigón viejo. Cada dos bloques de hormigón realizar un picado de pared de manera horizontal alrededor de la fisura de unos 60 cm y agregar la varilla corrugada. Una vez preparado el mortero de reparación estructural, rellenar la fisura junto con la varilla de acero procurando que el tiempo de aplicación de la resina epóxica y el mortero no sea de mucho tiempo. Tener en cuenta de que la superficie rehabilitada necesita hidratación superficial por lo menos 2 veces al día durante 3 días.

-

### **Unidad de medida**

- Por motivo de que el rubro representa una reparación no específica de una casa el rubro se evalúa en general mediante dimensiones típicas de las viviendas evaluando una reparación por unidad, la reparación se da por cada metro lineal de fisura.

## Especificación Técnica

### Identificación

- Nombre del proyecto: Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil.
- Código del rubro: **1.5**
- Descripción del rubro: **Reparación de fisuras o grietas horizontales y verticales.**
- Descripción adicional del rubro: El rubro está realizado para que se remueva el material deficiente y se limpie la superficie, para comenzar con la colocación de mortero de reparación estructural.

### Ejecución

- Descripción física del rubro: El rubro consiste en reparar la fisura típica horizontal y vertical mediante la aplicación de mortero predosificado para reparación estructural.
- Materiales: Mortero de reparación estructural de resistencia  $400 \text{ kg/cm}^2$
- Mano de obra: albañil, estructura ocupacional D2 y ayudante de albañil, estructura ocupacional E2.
- Maquinaria: En el rubro sólo es necesario el uso de herramientas menores.
- Rubros previos: No tiene rubros previos, sin embargo, se debe picar y remover material además de limpiarlo como actividades previas.
- Ejecución del rubro: En primer lugar, se debe picar la fisura en un ancho de 3cm y 4cm de profundidad proceder limpiar siempre considerando de dejar una superficie rugosa, preparar el mortero de reparación según el agua requerida para que alcance la resistencia aplicarlo sobre la grieta de tal manera que se ajuste bien tratando de no dejar vacíos.

### Unidad de medida

- Por motivo de que el rubro representa una reparación no específica de una casa el rubro se evalúa en general mediante dimensiones típicas de las viviendas evaluando una reparación por unidad, la reparación se da por cada metro lineal de fisura.

## Especificación Técnica

### Identificación

- Nombre del proyecto: Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil.
- Código del rubro: **1.6**
- Descripción del rubro: **Reparación de muros de contención con menos de 10 cavidades en 1m<sup>2</sup>.**
- Descripción adicional del rubro: Remover material deficiente, limpiar la zona y colocar puente adherente epóxico para unión de hormigón viejo y nuevo. Fundición de mortero de reparación estructural autonivelante volumen de reparación de 0.0056m<sup>3</sup>. Resistencia a la compresión en 28 días  $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ . Fraguado del elemento curado 2 veces al día durante 3 días.

### Ejecución

- Descripción física del rubro: El rubro consiste en restituir un paño específico del muro de contención mediante mortero de reparación estructural autonivelante que alcanza una resistencia a la compresión a los 28 días de 400 kg/cm<sup>2</sup>.
- Materiales: El mortero de reparación estructural autonivelante es un cemento con agregados, sílice y aditivos. El proceso de preparación del mortero únicamente es mezclar los kg del material con agua según lo indique el rendimiento del material, en el caso mostrado cada 30 kg de cemento se coloca 4 litros de agua. Además, como se usará en una superficie de hormigón viejo se requiere de un adhesivo epóxico de 2 componentes sobre las superficies a reparar.
- Mano de obra: albañil, estructura ocupacional D2 y ayudante de albañil, estructura ocupacional E2.
- Maquinaria: Por motivos de que la cantidad de mortero a reparar no se requiere de concretera, la mezcla del elemento es manual mediante la mezcla del material y agua debido a que debería ser de uso directo.
- Rubros previos: El rubro no posee ningún rubro previo; sin embargo, se debe limpiar y remover el material previamente para comenzar la fundición lo cual consta en la ejecución del rubro y la colocación de un encofrado lateral de dimensiones 20X20cm.

- Ejecución del rubro: Para la reparación de la deficiencia se debe picar con cincel y martillo la zona afectada hasta que se note un hormigón de buena calidad dejando siempre una superficie rugosa, en toda esa superficie dentro de la cavidad se debe colocar el adhesivo epóxico para unir en hormigón viejo y el nuevo. Se coloca el encofrado de madera por encima del muro de contención con una abertura para verter el mortero, preparar el mortero estructural autonivelante con la cantidad de agua necesaria que cumpla la resistencia requerida  $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ , después de 24 horas quitar el encofrado. El mortero necesita un curado por 2 veces al día por 3 días desde su fundición.

### **Unidad de medida**

- Por motivo de que el rubro representa una reparación no específica de una casa, más bien como una general. Por lo tanto, mediante dimensiones típicas de las viviendas la solución se da por metro lineal para que dependiendo de la evaluación se cuantifique los metros de daños de este elemento.

## Especificación Técnica

### Identificación

- Nombre del proyecto: Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil.
- Código del rubro: **1.7**
- Descripción del rubro: **Reparación de muros de contención con más de 10 cavidades en 1m<sup>2</sup>.**
- Descripción adicional del rubro: Limpiar la zona afectada. Aplicar mortero de reparación estructural tixotrópico en un área de 1m<sup>2</sup> con un espesor de 1.5cm. Resistencia a la compresión en 28 días  $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ . Fraguado del elemento curado 2 veces al día durante 3 días.

### Ejecución

- Descripción física del rubro: El rubro consiste en reparar un área de 1m<sup>2</sup> del muro de contención mediante mortero de reparación estructural tixotrópico que alcanza una resistencia a la compresión a los 28 días de 400 kg/cm<sup>2</sup>.
- Materiales: El mortero de reparación estructural tixotrópico de un solo componente viene listo para usar consta de agregados naturales, fibras sintéticas y aditivos, alcanza una resistencia a la compresión a los 28 días de 400 kg/cm<sup>2</sup>. También el proceso incluye una malla hexagonal galvanizada electrosoldada.
- Mano de obra: albañil, estructura ocupacional D2 y ayudante de albañil, estructura ocupacional E2.
- Maquinaria: Por motivos de que la cantidad de mortero a reparar no se requiere de concretera, la mezcla del elemento es manual mediante la mezcla del material y agua debido a que debería ser de uso directo.
- Rubros previos: El rubro no posee ningún rubro previo; sin embargo, se debe limpiar y remover el material previamente para comenzar la fundición lo cual consta en la ejecución del rubro.
- Ejecución del rubro: Para la reparación de la deficiencia se debe remover superficialmente las zonas afectadas del muro, procurar dejar una zona rugosa para favorecer la adherencia, colocar una malla hexagonal galvanizada sobre toda el área a reparar, un vez realizado estas actividades previas se puede preparar el

mortero de reparación ejecutando la mezcla con la cantidad de agua según indique el fabricante y comenzar a aplicarlo sobre toda el área afectada cubriendo todos los huecos existente hasta dejar un tipo de enlucido de 1.5 cm de espesor, este espesor es por motivos de aplomado del muro. Después de realizado la aplicación de debe curar la zona reparada rociar agua 2 veces durante 3 días.

### **Unidad de medida**

- Por motivo de que el rubro representa una reparación no específica de una casa el rubro se evalúa en general mediante dimensiones típicas de las viviendas evaluando una reparación por metro cuadrado de muro dañado.

## Especificación Técnica

### Identificación

- Nombre del proyecto: Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil.
- Código del rubro: **1.8**
- Descripción del rubro: **Reparación de conexión de cubierta de estructura de madera.**
- Descripción adicional del rubro: Limpiar la zona afectada, realizar conexiones empernadas en las uniones entre madera por medio de placas de anclaje. Por medio de pernos expansivos introducir dentro del hormigón para unir la madera con la estructura de apoyo la cual es la columna.

### Ejecución

- Descripción física del rubro: El rubro consiste en reparar la conexión entre la cubierta y el elemento de apoyo, si la estructura de la cubierta está armada por cuarterones de madera simplemente apoyados se aplica la reparación mediante conexiones empernadas y pernos de anclaje expansivos en la superficie de hormigón
- Materiales: Perfil de acero tipo L AISI304 50X3mm para placas de unión, pernos para madera de 3/8"x1 1/2", pernos expansivos para hormigón de 3/4"x4" y pintura preservante para madera.
- Mano de obra: albañil, estructura ocupacional D2 y ayudante de albañil, estructura ocupacional E2.
- Maquinaria: Para reparar las conexiones se necesitan herramientas menores. Y específicas como taladros y amoladoras para cortar los perfiles metálicos.
- Rubros previos: Si la columna posee deficiencias o carece de hormigón se deben reparar antes de proceder con la ejecución de este rubro, por cuestión de resistencia el mortero debe alcanzar una resistencia mínima para perforar y colocar los pernos expansivos.
- Ejecución del rubro: Preparar las 4 placas de anclaje necesarias para la reparación cortando los perfiles de acero con una longitud de 50 mm, una vez cortados todas placas de unión se debe perforarlas con orificios para colocar los

pernos para madera u hormigón según sea necesario. Para evitar el apolillamiento o daños por humedad se debe aplicar pintura preservante para madera sobre todas las áreas de la conexión.

### **Unidad de medida**

- Por motivo de que el rubro representa una reparación no específica de una casa el rubro se evalúa en general mediante dimensiones típicas de las viviendas evaluando una reparación por unidad, la reparación se da por cada conexión.

## Especificación Técnica

### Identificación

- Nombre del proyecto: Rehabilitación sísmica de viviendas de hormigón armado no dúctiles localizadas en sectores populares de Guayaquil.
- Código del rubro: **1.9**
- Descripción del rubro: **Reparación de conexión de cubierta de estructura de acero.**
- Descripción adicional del rubro: Limpiar las superficies de acero con líquido desoxidante, fundir la columna embebiendo el perfil de acero y proceder a soldar la conexión entre correas de acero.

### Ejecución

- Descripción física del rubro: El rubro consiste en mejorar la conexión de la cubierta
- Materiales: El mortero de reparación estructural autonivelante es un cemento con agregados, sílice y aditivos. Además, como se usará en una superficie de hormigón viejo se requiere de adhesivo epóxico de 2 componentes sobre las superficies a reparar y soldadura E6011.
- Mano de obra: soldador y ayudante de albañil, estructura ocupacional E2.
- Maquinaria: Por motivos de que la cantidad de mortero a reparar no se requiere de concretera, la mezcla del elemento es manual mediante la mezcla del material y agua debido a que debería ser de uso directo, compresor para la soldadura.
- Rubros previos: El rubro no posee ningún rubro previo; sin embargo, se debe limpiar y remover el material previamente para comenzar la fundición lo cual consta en la ejecución del rubro y la colocación de un encofrado de dimensiones 20X20cm para la fundición.
- Ejecución del rubro: Se debe colocar el adhesivo epóxico para unir en hormigón viejo y el nuevo en la parte inferior de la correa de la cubierta. Se coloca el encofrado de madera alrededor de la columna con la intención de cubrir completamente la correa sobre puesta ahí. Preparar el mortero estructural autonivelante con la cantidad de agua necesaria que cumpla la resistencia requerida  $f_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ , después de 24 horas quitar el encofrado. El mortero

necesita un curado por 2 veces al día por 3 días desde su fundición. En el otro proceso limpiar las correas con líquido desoxidante y proceder a realizar la soldadura en las uniones con un estilo filete.

### **Unidad de medida**

Por motivo de que el rubro representa una reparación no específica de una casa, más bien una general. Por lo tanto, mediante dimensiones típicas de las viviendas la solución se da por unidad de conexión.

## CRONOGRAMA DE REPARACIÓN DE UNA VIVIENDA

### Deficiencias encontradas en la vivienda

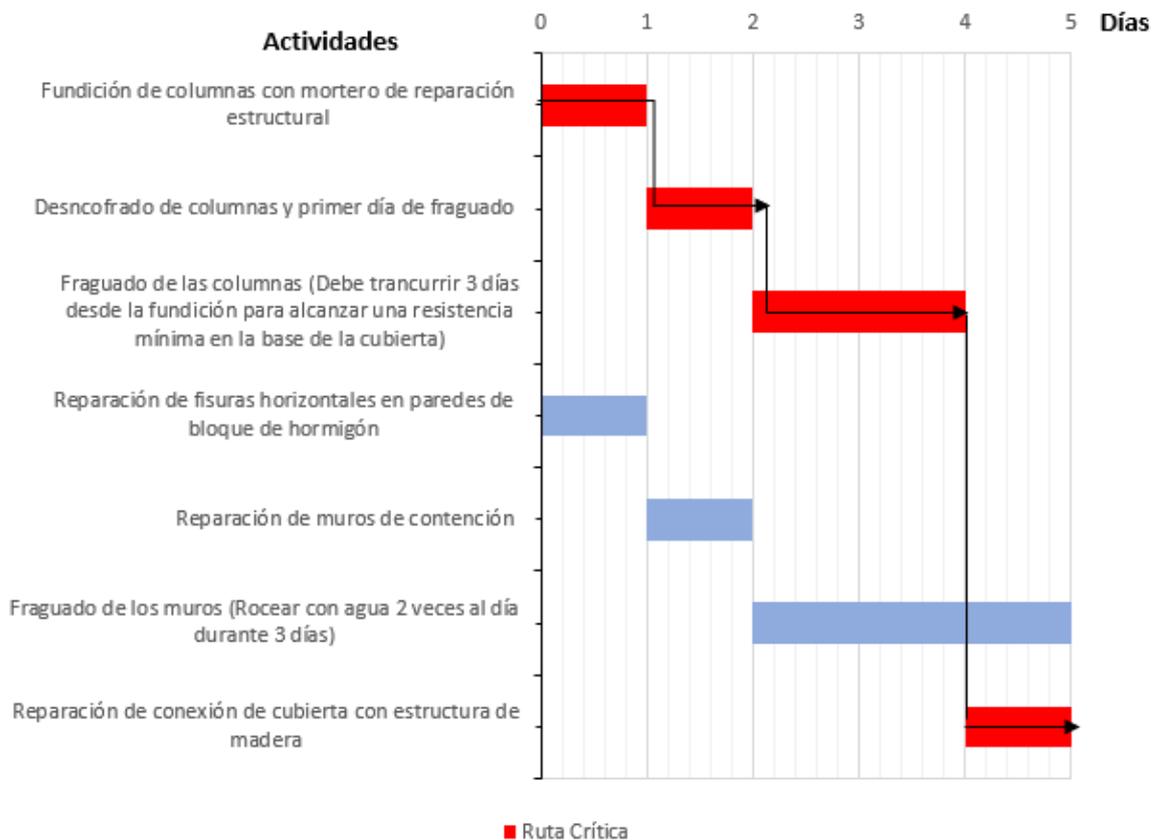
Código	Rubros	Precio Unitario	Cantidad	Unidad	Costo
1.1	Reparación de segregación en columnas	\$ 69.76	4	ml	\$ 279.03
1.5	Reparación de fisuras verticales en paredes de bloque de hormigón	\$ 6.60	4	ml	\$ 26.40
1.7	Reparación de muro de contención con más de 10 huecos en 1m2	\$ 27.72	3.5	m2	\$ 97.01
1.8	Reparación de conexión de cubiertas de estructura de madera	\$ 14.06	5	u	\$ 70.29
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 472.73</b>

### Reparaciones y cronograma de actividades a realizar

Reparación de una vivienda de Bastión Popular con el comienzo de actividades desde el primer día, si se tuviera el dinero necesario para hacer todas las reparaciones en el instante después de la evaluación.

CRONOGRAMA DE REPARACIÓN DE ELEMENTOS DEFICIENTES						
RUBRO		ACTIVIDAD	ACTIVIDAD ANTECESORA	FECHA DE INICIO	DURACIÓN	FECHA DE FIN
1.1	A	Fundición de columnas con mortero de reparación estructural	-	0	1	1
	B	Desncofrado de columnas y primer día de fraguado	A	1	1	2
	C	Fraguado de las columnas (Debe transcurrir 3 días desde la fundición para alcanzar una resistencia mínima en la base de la cubierta)	B	2	2	4
1.5	D	Reparación de fisuras horizontales en paredes de bloque de hormigón	-	0	1	1
1.7	E	Reparación de muros de contención	-	1	1	2
	F	Fraguado de los muros (Rocear con agua 2 veces al día durante 3 días)	E	2	3	5
1.8	G	Reparación de conexión de cubierta con estructura de madera	C	4	1	5

## DIAGRAMA DE GANTT

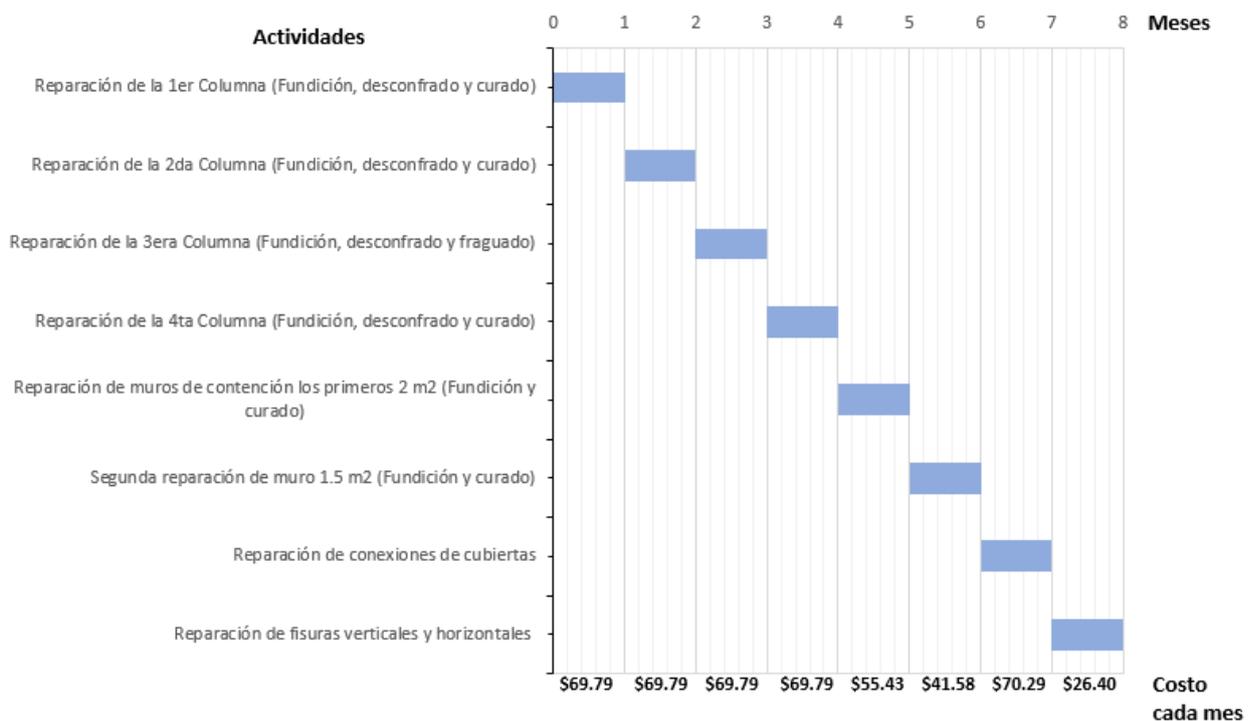


## Propuesta 2 Reparación progresiva de una vivienda

Invirtiendo menos de \$70 por mes durante 8 meses se podría reparar todas las deficiencias de tal manera que las primeras reparaciones serán de las partes más críticas de la vivienda.

REPARACIÓN DE VIVIENDA				
RUBRO	ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	DURACIÓN (MESES)	FECHA DE FIN
1.1	Reparación de la 1er Columna (Fundición, desconfrado y curado)	0	1	1
	Reparación de la 2da Columna (Fundición, desconfrado y curado)	1	1	2
	Reparación de la 3era Columna (Fundición, desconfrado y fraguado)	2	1	3
	Reparación de la 4ta Columna (Fundición, desconfrado y curado)	3	1	4
1.7	Reparación de muros de contención los primeros 2 m2 (Fundición y curado)	4	1	5
	Segunda reparación de muro 1.5 m2 (Fundición y curado)	5	1	6
1.8	Reparación de conexiones de cubiertas	6	1	7
1.5	Reparación de fisuras verticales y horizontales	7	1	8

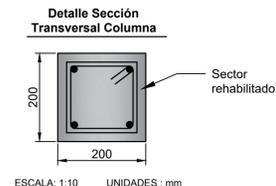
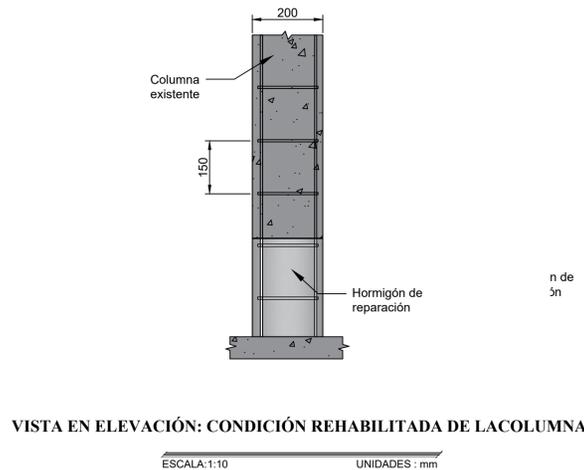
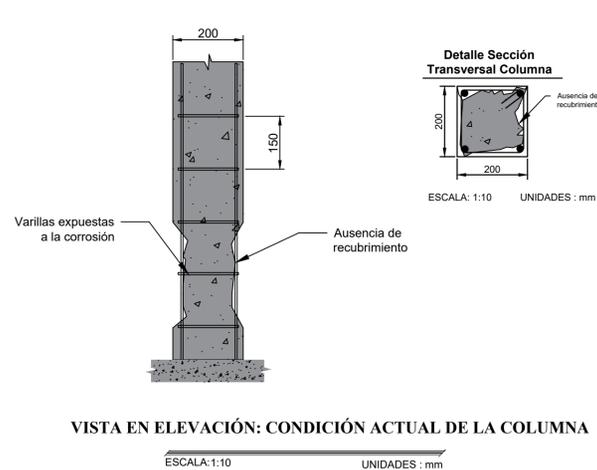
### DIAGRAMA DE GANTT



# **APÉNDICE C**

## **PLANOS**

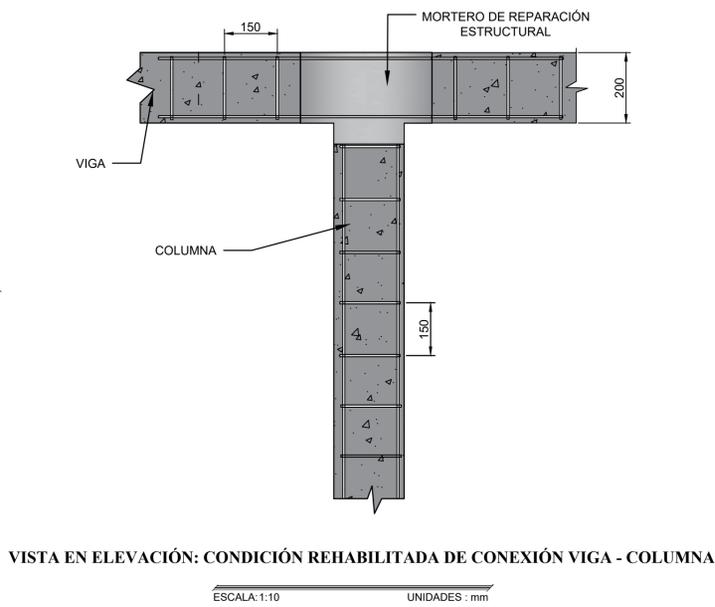
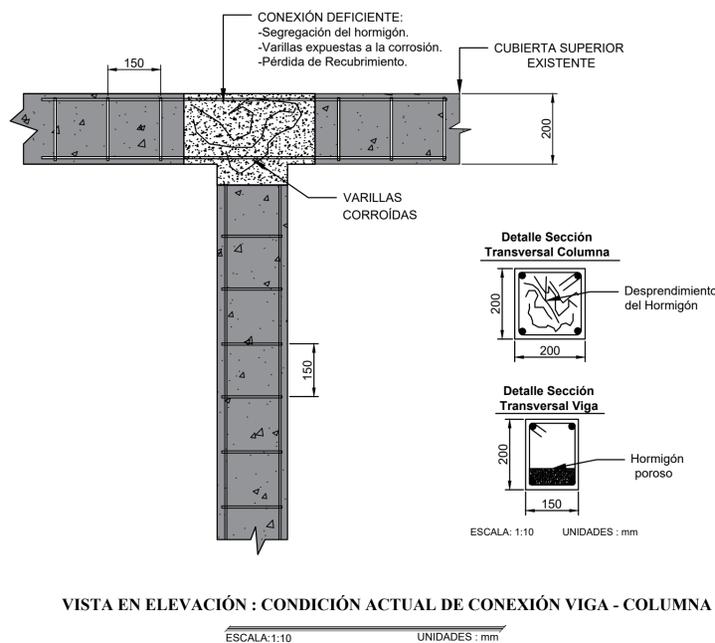
**DEFICIENCIA A : SEGREGACIÓN EN COLUMNAS DE HORMIGÓN**



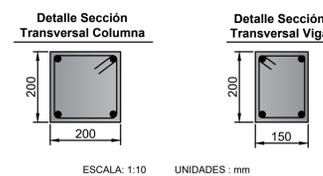
**PROCESO CONSTRUCTIVO**

- 1 Observar las zonas a rehabilitar.
- 2 Remover el concreto deficiente de la zona afectada tomando en cuenta de que quedarán las varillas expuestas.
- 3 Limpiar con cepillo metálico hasta remover la cantidad de óxido necesaria.
- 4 Colocar sobre las varillas el desoxidante.
- 5 Realizar un pequeño encofrado en la zona afectada dejando un espacio razonable para verter el mortero.

**DEFICIENCIA B : INADECUADA CONEXIÓN VIGA - COLUMNA**



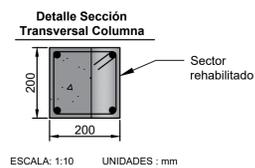
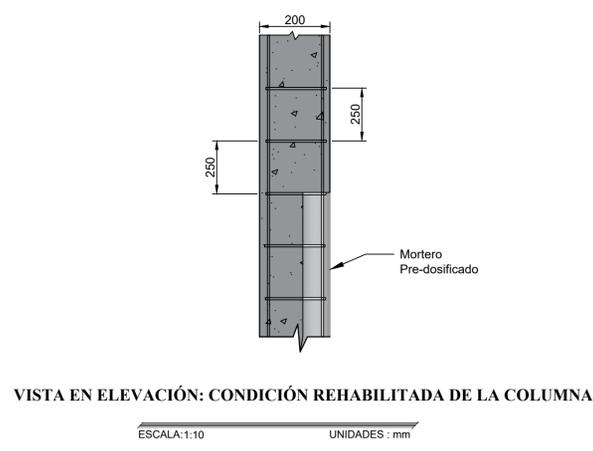
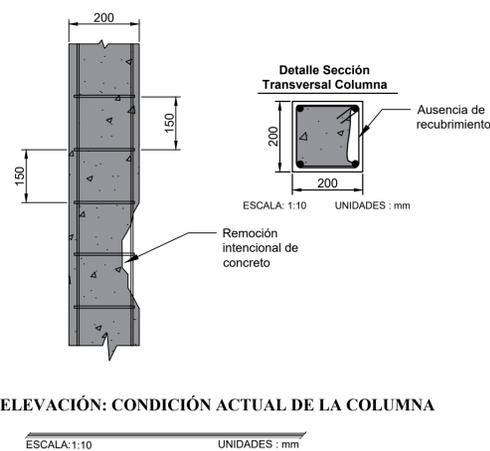
**DETALLE CONEXIÓN VIGA-COLUMNA**



**PROCESO CONSTRUCTIVO**

- 1 Identificar las zonas afectadas en la columna y la viga.
- 2 Picar con cincel y martillo para remover el material deficiente
- 3 Con un cepillo metálico remover el óxido del acero de refuerzo. Posterior a esto aplicar un desoxidante por toda la superficie de las varillas.
- 4 Restitución del recubrimiento con mortero pre-dosificado.

**DEFICIENCIA C : REMOCIÓN INTENCIONAL DE HORMIGÓN**



**PROCESO CONSTRUCTIVO**

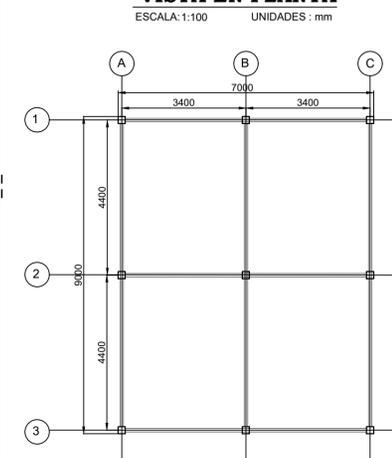
- 1 Verificar el grado de afectación de la zona. Dependiendo de ello, remover el concreto. Para este caso puntual, solo se afectó una pequeña parte de la esquina de la columna.
- 2 Remover el óxido de las varillas mediante un cepillo metálico y aplicar el desoxidante sobre la superficie de estas.
- 3 Preparar el mortero pre-dosificado y aplicar en la zona afectada.

**UBICACIÓN**



**VIVIENDA MODELO**

**VISTA EN PLANTA**



Nota : Las dimensiones fueron obtenidas mediante el software Google Earth Pro para ilustrar de mejor manera el modelo de casa cuyas deficiencias locales se van a rehabilitar. Para este caso se escogió una vivienda de forma aleatoria.

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Acero de refuerzo	Varillas de acero corrugado $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ grado 60
Pasivador ( Desoxidante )	Sustancia química para protección del acero de reuerzo
Mortero de reparación estructural	Mortero pre-dosificado resistencia $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ para su uso instantáneo con agua.
Puente adherente	Adhesivo epóxico de dos componentes
Cepillo metálico	Herramienta para remover el óxido del acero de refuerzo
Herramientas menores	Herramientas generales ( Martillo, cincel ,etc).

**NOTAS GENERALES**

1. Debido a la informalidad de las construcciones, el promedio de la resistencia del hormigón en las zonas mencionadas oscila entre  $150 - 190 \text{ kg/cm}^2$ .
2. Las secciones tanto de columnas como de las vigas fueron estimadas tomando en cuenta la investigación realizada por [González y Loja , 2019].
3. Las metodologías de rehabilitación se enfoca para viviendas de familias pertenecientes a un estrato económico bajo.

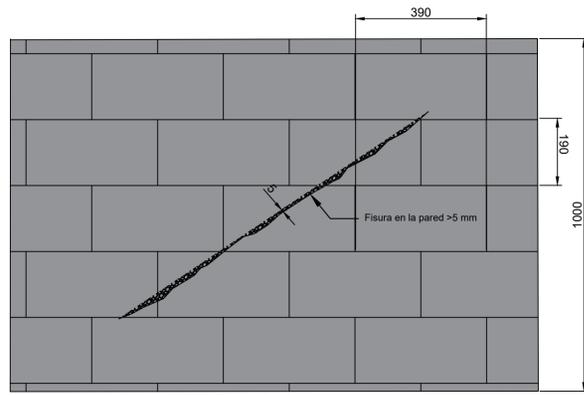
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Rehabilitación Sísmica de Viviendas de Hormigón Armado no Dúctiles localizadas en Sectores Populares de Guayaquil**

CONTENIDO:	<b>ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y PROPUESTA DE REHABILITACIÓN SECTOR ISLA TRINITARIA</b>
REPARACIÓN DE:	Segregación en columnas, inadecuada conexión viga-columna y remoción intencional del hormigón

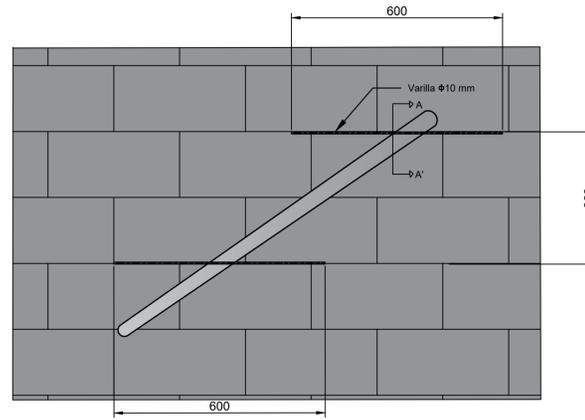
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Nadia Quijano	Tutores de Conocimientos Específicos: -M.Sc. Samantha Hidalgo -Dist. Int. Carola Zavala	Estudiantes: -Vera Aguilar Washington Xavier -Piza Agila Carlos Enrique	Fecha de Entrega: 16/9/2020
Tutor de Área de Conocimiento: Ph.D. Pedro Rojas	-M.Sc. Priscila Valverde	Lámina: ES 1/3	Escala: Indicadas

**DEFICIENCIA D1 : EN PAREDES DE BLOQUE DE HORMIGÓN**  
GRIETAS O FISURAS INCLINADAS > 5 mm a lo largo de la pared de bloques



VISTA EN ELEVACIÓN CONDICIÓN ACTUAL DE LA PARED

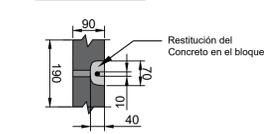
ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm



VISTA EN ELEVACIÓN CONDICIÓN REHABILITADA DE LA PARED

ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm

**Detalle de Corte A-A'**

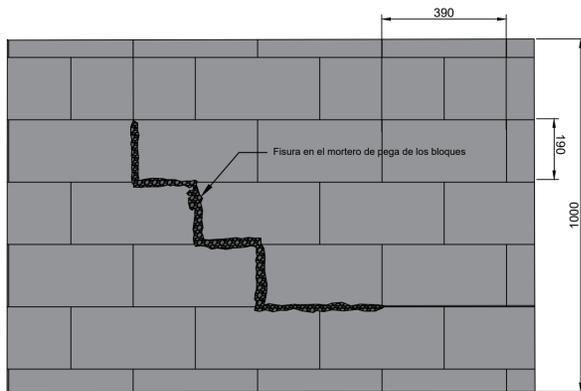


ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm

**PROCESO CONSTRUCTIVO**

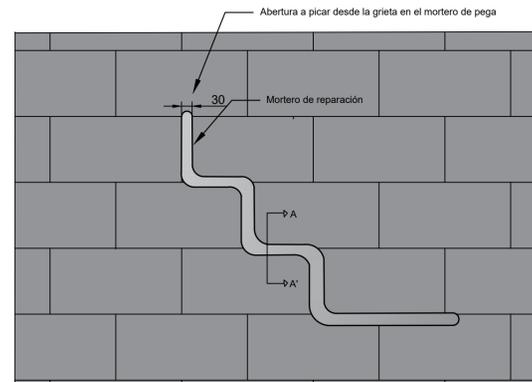
- 1 Utilizar cincel y martillo, picar la grieta en un ancho de 50-70mm y una profundidad de 40 mm
- 2 Retirar el material y limpiar, preferible con equipo de aire a presión
- 3 Aplicar puente adherente, sustancia epóxica sobre toda la superficie a reparar.
- 4 Restitución con mortero predosificado
- 5 Colocar varillas de refuerzo en las canterías horizontales tal como en el detalle transversal del bloque por cada dos líneas de bloques respecto a la longitud total de la fisura.

**DEFICIENCIA D2 : EN PARED DE BLOQUE DE HORMIGÓN**  
GRIETAS VERTICALES Y HORIZONTALES > 5 mm en el mortero de pega de bloques en la pared



VISTA EN ELEVACIÓN : CONDICIÓN ACTUAL DE PARED

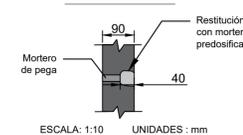
ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm



VISTA EN ELEVACIÓN: CONDICIÓN REHABILITADA DE PARED

ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm

**Detalle de Corte A-A'**

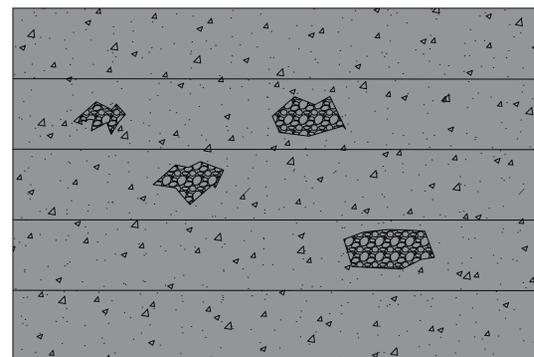


ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm

**PROCESO CONSTRUCTIVO**

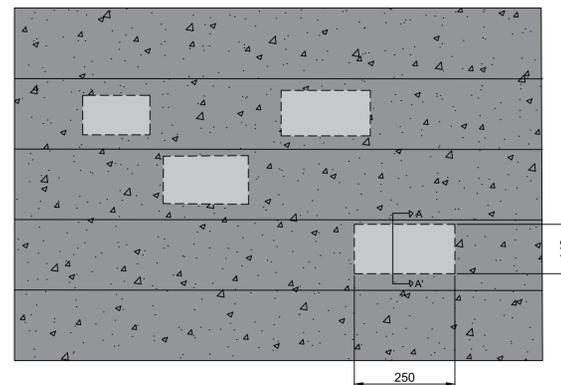
- 1 Picar con cincel y martillo la cantería en una de las caras a lo largo de la fisura con una profundidad de 40 mm y con un espesor de 30 mm.
- 2 Retirar el material y limpiar con escobilla, preferible con aire a presión.
- 3 Restitución con mortero, cantidad de agua según el fabricante.
- 4 Humectar la superficie con agua, aplicar el mortero de reparación a lo largo de toda la superficie retirada. Presionar hacia el interior para la compactación.
- 5 Después de 72 horas repetir y humectar la zona reparada.

**DEFICIENCIA E1 : CAVIDADES EN MUROS DE CONTENCIÓN DE HORMIGÓN CICLÓPEO**  
MENOS DE 10 CAVIDADES EN 1 M2 DE MURO



VISTA EN ELEVACIÓN : CONDICIÓN ACTUAL MURO DE CONTENCIÓN

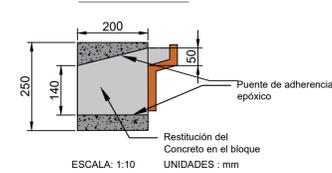
ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm



VISTA EN ELEVACIÓN: CONDICIÓN REHABILITADA DEL MURO DE CONTENCIÓN

ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm

**Detalle de Corte A-A'**



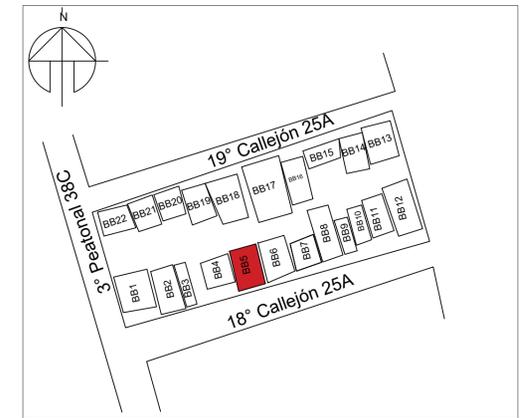
ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm

**PROCESO CONSTRUCTIVO**

- 1 Preparar la base, remover la parte deficiente y limpiar. Dejar una superficie uniforme.
- 2 Aplicar puente adherente en la parte previamente limpia.
- 3 En la parte superior dejar una inclinación uniforme tal como se muestra en el detalle de la sección 50 mm por encima del paño dañado.
- 4 Realizar un pequeño encofrado con la parte superior descubierta para verter el hormigón predosificado.
- 5 Picar esa porción sobresaliente y resanar el acabado.

**UBICACIÓN**

**BASTIÓN POPULAR**

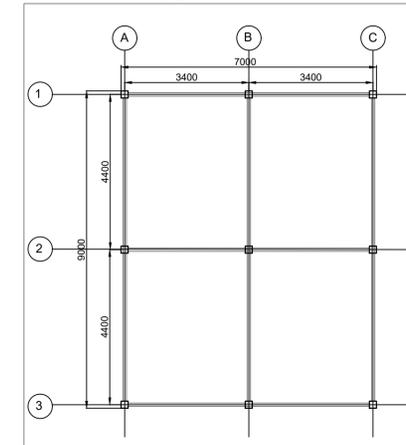


■ Vivienda modelo seleccionada

**VIVIENDA MODELO**

**VISTA EN PLANTA**

ESCALA: 1:100 UNIDADES : mm



Nota : Las dimensiones fueron obtenidas mediante el software Google Earth Pro para ilustrar de mejor manera el modelo de casa cuyas deficiencias locales se van a rehabilitar. Para este caso se escogió una vivienda de forma aleatoria.

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Acero de refuerzo	Varillas de acero corrugado $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ grado 60
Pasivador ( Desoxidante )	Sustancia química para protección del acero de reuerzo
Mortero de reparación estructural	Mortero pre-dosificado resistencia $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ para su uso instantáneo con agua.
Puente adherente	Adhesivo epóxico de dos componentes
Cepillo metálico	Herramienta para remover el óxido del acero de refuerzo
Herramientas menores	Herramientas generales ( Martillo, cincel ,etc).

**NOTAS GENERALES**

1. Debido a la informalidad de las construcciones, el promedio de la resistencia del hormigón en las zonas mencionadas oscila entre  $150 - 190 \text{ kg/cm}^2$ .
2. Las secciones tanto de columnas como de las vigas fueron estimadas tomando en cuenta la investigación realizada por [González y Loja , 2019].
3. Las metodologías de rehabilitación se enfoca para viviendas de familias pertenecientes a un estrato económico bajo.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

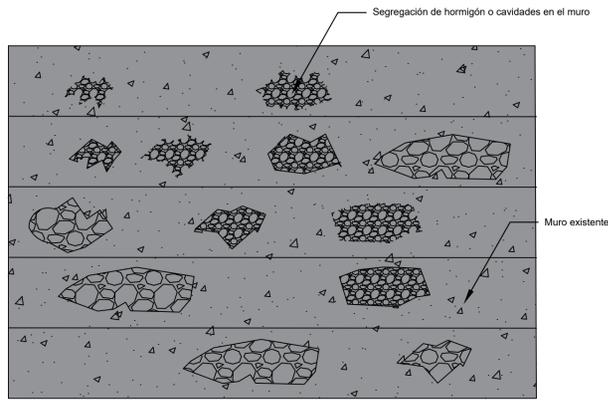
PROYECTO: **Rehabilitación Sísmica de Viviendas de Hormigón Armado no Dúctiles localizadas en Sectores Populares de Guayaquil**

CONTENIDO: **ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y PROPUESTA DE REHABILITACIÓN SECTOR BASTIÓN POPULAR**  
REPARACIÓN DE: Fisuras en paredes de bloque de hormigón y cavidades en muros de contención de hormigón ciclópeo

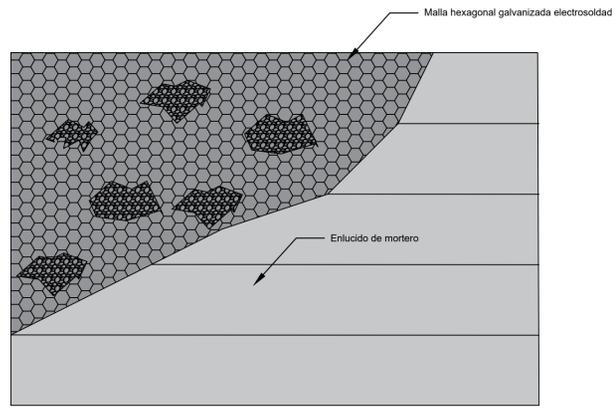
Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Nadia Quijano	Tutores de Conocimientos Específicos: -M.Sc. Samantha Hidalgo -Dist. Int. Carola Zavala -M.Sc. Priscila Valverde	Estudiantes: -Vera Aguilar Washington Xavier -Piza Agila Carlos Enrique	Fecha de Entrega: 16/9/2020
Tutor de Área de Conocimiento: Ph.D. Pedro Rojas		Lámina: ES 2/3	Escala: Indicadas

**DEFICIENCIA E2: CAVIDADES EN MURO DE CONTENCIÓN DE HORMIGÓN CICLÓPEO**

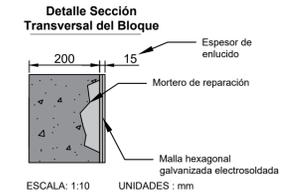
MÁS DE 10 CAVIDADES EN 1 M2 DE MURO



VISTA EN ELEVACIÓN CONDICIÓN ACTUAL DEL MURO DE CONTENCIÓN  
ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm



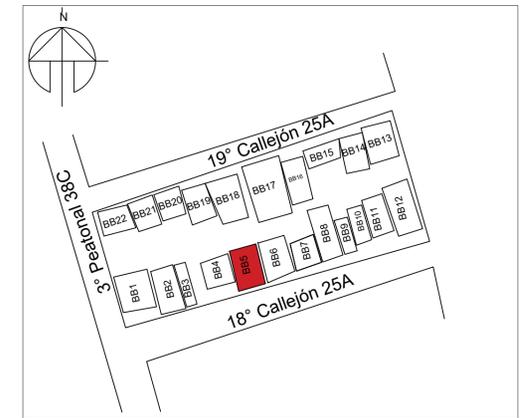
VISTA EN ELEVACIÓN DEL MURO DE CONTENCIÓN REHABILITADA  
ESCALA: 1:10 UNIDADES : mm



- PROCESO CONSTRUCTIVO**
- Preparar la base, remover la parte deficiente y limpiar dejando una superficie rugosa.
  - Aplicar puente adherente en la parte previamente limpia.
  - Colocar la malla hexagonal galvanizada encima del área a reparar.
  - Preparar el mortero pre-dosificado para colocarlo con un enlucido en toda el área con un espesor de 1.5 cm
  - Después de 72 horas humedecer la zona reparada.

**UBICACIÓN**

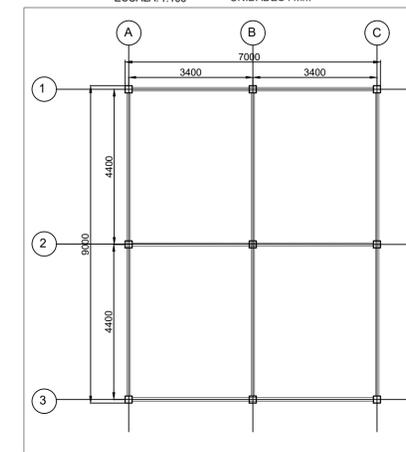
**BASTIÓN POPULAR**



■ Vivienda modelo seleccionada

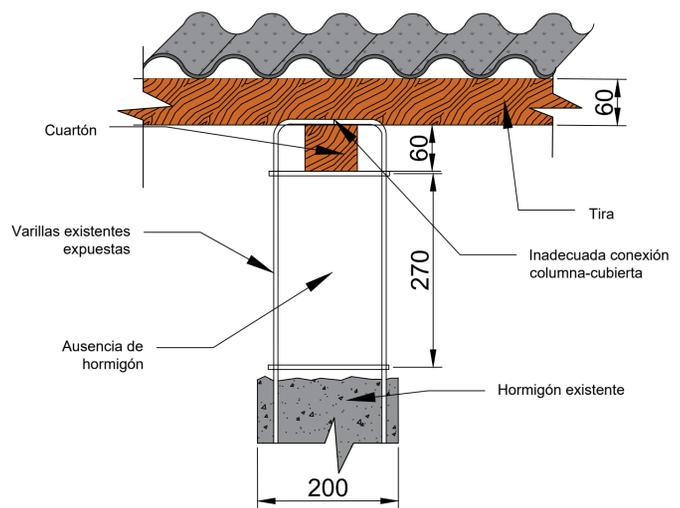
**VIVIENDA MODELO**

VISTA EN PLANTA  
ESCALA: 1:100 UNIDADES : mm

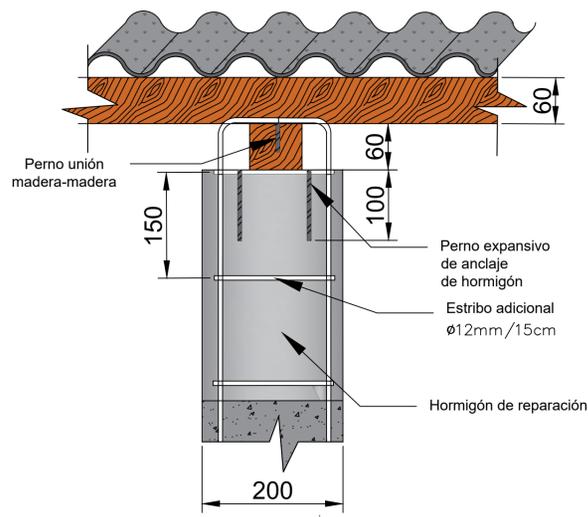


Nota : Las dimensiones fueron obtenidas mediante el software Google Earth Pro para ilustrar de mejor manera el modelo de casa cuyas deficiencias locales se van a rehabilitar. Para este caso se escogió una vivienda de forma aleatoria.

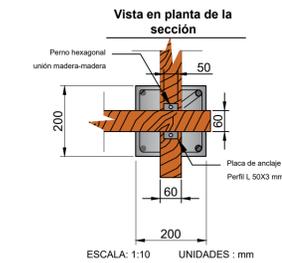
**DEFICIENCIA F1: INADECUADA CONEXIÓN DE CUBIERTA CUBIERTA DE MADERA**



VISTA EN ELEVACIÓN : CONDICIÓN ACTUAL DE LA CONEXIÓN  
ESCALA: 1:5 UNIDADES : mm

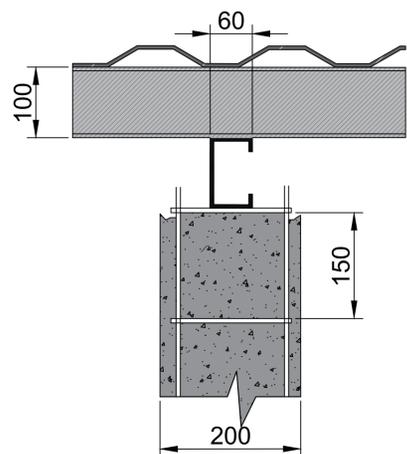


VISTA EN ELEVACIÓN : CONDICIÓN REHABILITADA DE LA CONEXIÓN  
ESCALA: 1:5 UNIDADES : mm

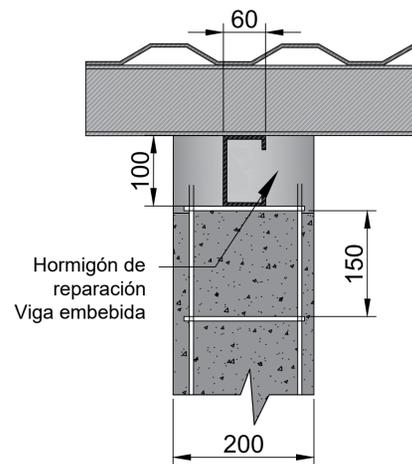


- PROCESO CONSTRUCTIVO**
- Limpiar las varillas existentes, sacar el óxido y aplicar anticorrosivo. Dejar una superficie rugosa de la columna existente y aplicar adherente.
  - Terminar de fundir la columna hasta la base del primer cuartón de apoyo. Colocar refuerzo transversal estribos de 12mm cada 15cm
  - Prepara las placas de anclaje cortando el perfil tipo L de 50x3mm con una longitud de 50 mm y perforar en ambas caras para colocar los pernos.
  - Ancilar las maderas con dos de las placas preparadas en cada lado tal como en la imagen. Perforar la madera y empotrar el perno.
  - Ancilar la conexión madera-hormigón con pernos expansivos de 3/8" en la placa de anclaje por ambos lados.
  - Una vez realizado las conexiones pintar las superficies de madera con pintura preservante para evitar daños por humedad o apollamiento.

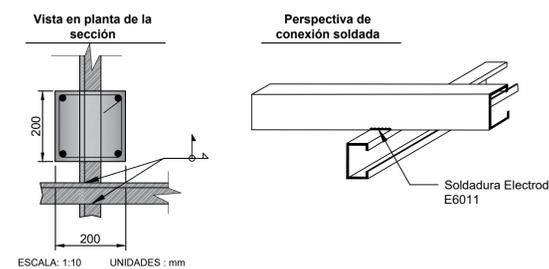
**DEFICIENCIA F2: INADECUADA CONEXIÓN DE CUBIERTA CUBIERTA METÁLICA**



VISTA EN ELEVACIÓN : CONDICIÓN ACTUAL DE LA CONEXIÓN CUBIERTA METÁLICA  
ESCALA: 1:5 UNIDADES : mm



VISTA EN ELEVACIÓN : CONDICIÓN RHABILITADA DE LA CONEXIÓN CUBIERTA METÁLICA  
ESCALA: 1:5 UNIDADES : mm



- PROCESO CONSTRUCTIVO**
- Soldar los dos perfiles de acero tal como se muestra en la figura por ambos lados en estilo filete.
  - Preparar el mortero pre-dosificado autonivelante.
  - Colocar el puente adherente sobre la superficie del hormigón.
  - Terminar de fundir la columna embebiendo la primera viga de apoyo.

MATERIALES	DESCRIPCIÓN
Acero de refuerzo	Varillas de acero corrugado $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ grado 60
Pasivador ( Desoxidante )	Sustancia química para protección del acero de reuerzo
Mortero de reparación estructural	Mortero pre-dosificado resistencia $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ para su uso instantáneo con agua.
Puente adherente	Adhesivo epóxico de dos componentes
Cepillo metálico	Herramienta para remover el óxido del acero de refuerzo
Herramientas menores	Herramientas generales ( Martillo, cincel , etc).

**NOTAS GENERALES**

- Debido a la informalidad de las construcciones, el promedio de la resistencia del hormigón en las zonas mencionadas oscila entre  $150 - 190 \text{ kg/cm}^2$ .
- Las secciones tanto de columnas como de las vigas fueron estimadas tomando en cuenta la investigación realizada por [González y Loja , 2019].
- Las metodologías de rehabilitación se enfoca para viviendas de familias pertenecientes a un estrato económico bajo.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**Rehabilitación Sísmica de Viviendas de Hormigón Armado no Dúctiles localizadas en Sectores Populares de Guayaquil**

CONTENIDO: **ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y PROPUESTA DE REHABILITACIÓN SECTOR BASTIÓN POPULAR**  
REPARACIÓN DE: Cavidades en muros de contención de hormigón ciclópeo e inadecuadas conexiones de cubierta

Coordinador de Materia Integradora: M.Sc. Nadia Quijano	Tutores de Conocimientos Específicos: -M.Sc. Samantha Hidalgo -Dist. Int. Carola Zavala -M.Sc. Priscila Valverde	Estudiantes: -Vera Aguilar Washington Xavier -Piza Agila Carlos Enrique	Fecha de Entrega: 16/9/2020
Tutor de Área de Conocimiento: Ph.D. Pedro Rojas			Límina: ES 3/3
			Escala: Indicadas