

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

Tecnología en Construcciones Civiles

Monografía de grado

Instructivo técnico para la reparación de zapatas en concreto con acero de refuerzo expuesto.

Presentado por:

Nasly Lorena Guzmán Beltrán

Yeisson David Rojas Suárez

Director

Ing. Milton Mena Serna

Bogotá D.C.

2015

APROBACIÓN

La monografía con título “Instructivo Técnico para la reparación de zapatas en concreto con acero de refuerzo expuesto”, desarrollado por los estudiantes Yeisson David Rojas Suárez y Nasly Lorena Guzmán Beltrán, en cumplimiento con el requisito establecido por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, facultad Tecnológica, para obtener el título de Tecnólogo en Construcciones civiles, fue aprobado por:

Director

_____

Ing. Milton Mena Serna

Jurado 1

_____

Ing. Rodolfo Felizzola Contreras

Jurado 2

_____

Ing. Hernando Antonio Villota Posso

INSTRUCTIVO TÉCNICO PARA LA REPARACIÓN DE ZAPATAS EN CONCRETO CON ACERO DE REFUERZO EXPUESTO.

Nasly Lorena Guzmán Beltrán

Yeisson David Rojas Suárez

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, no es responsable por los conceptos emitidos por los autores-investigadores del presente trabajo, por lo cual son responsabilidad absoluta de sus autores y no comprometen la idoneidad de la institución ni de sus valores.

AGRADECIMIENTOS

A quienes nos han apoyado de manera incondicional durante esta etapa educativa y personal de nuestras vidas.

Primero y antes que a nadie a nuestros padres y hermanos, los testigos más fieles del gran sufrimiento, noches de trasnocho y nuestros pulmones financieros;

A nuestros amigos quienes compartieron tantos momentos de alegría, de tristezas y de inigualable estudio con nosotros;

A nuestros maestros quienes fueron nuestra principal guia y quienes nos transmiten día a día sus conocimientos para hacernos grandes no solo como estudiantes, sino también como profesionales y sobre todo como personas.

Hoy después de tanto esfuerzo se ve plasmado en este trabajo el fin de un ciclo, pero el ingreso a una vida llena de nuevas cosas y de metas por cumplir.

TABLA DE CONTENIDO

OBJETIVOS 8

GENERAL 8

ESPECÍFICOS 8

RESUMEN 9

ABSTRACT 10

INTRODUCCIÓN 12

1. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE 14

2. ASPECTOS CONCEPTUALES 16

3. COMPARACIÓN TEÓRICA ENTRE DIFERENTES MÉTODOS PARA LA REHABILITACIÓN DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES 19

3.1. TRATADO DE BROTO. 19

3.1.1. Refuerzo mediante inyección. 20

3.1.2. Refuerzo mediante introducción de armadura. 20

3.1.3. Refuerzo mediante ampliación lateral del cimiento. 21

3.1.4. Refuerzo por ampliación debajo de la cimentación. 22

3.1.5. Sustitución de zapata continúa 23

3.1.6. Sustitución de zapata aislada 23

3.1.7. Sustitución mediante puenteado. 23

3.2. PAULO HELENE. 24

3.2.1. Problemas patológicos detectados en armaduras o elementos de acero. 24

3.2.2. Actuación ante un problema patológico 27

3.2.2.3. Actuaciones de reparación: 27

3.2.3. Técnicas para la rehabilitación de las diferentes patologías. 28
3.2.4. Etapas de actuación. 30
3.2.5. Técnicas para preparar el sustrato para la intervención. 33
3.2.6. Técnicas para la limpieza de las superficies. 40
3.2.7. Tratamientos previos para el acero de refuerzo 46
3.2.8. Técnicas para recubrir el acero de refuerzo expuesto. 48
3.3. JUAN PÉREZ VALCARCEL. 53
3.3.1. Causas de las fallas. 53
3.3.2. Fases para la intervención. 53
3.3.3. Refuerzos temporales. 54
3.4. EMILIO HERRERA CARDENETE. 58
3.4.1. Causas del deterioro. 58
El 58
3.4.2. Recalces superficiales: 59
3.5. FRANCISCO JAVIER VIVO PARRA. 61
3.5.1. Apeo: 61
3.5.2. Apuntalamiento: 61
3.5.3. Clasificación de apeos 62
4. METODOLOGÍA PARA LA REPARACIÓN 64
4.1. Transmitir cargas 64
4.2. Excavación y replanteo del área a intervenir. 65
4.2.1. Zapata aislada. 65
4.2.2. Zapata perimetral. 65
4.3. Replanteo. 65

4.4. Preparación del sustrato. 65

4.5. Limpieza del sustrato. 66

4.6. Cambio de acero de refuerzo deteriorado. 66

4.6.1. Limpieza del acero Se observara el deterioro en la barra de acero y se marcara dicha longitud, posterior a esto se realiza limpieza de la totalidad de la barra acero a la cual tenemos acceso, por medio de lijado manual (lija de hierro para el acero), hasta obtener brillo comercial, especialmente en las zonas sanas del acero. 66

4.7. Recubrimiento del área reparada. 68

CONCLUSIONES 69

BIBLIOGRAFÍA 70

OBJETIVOS

GENERAL

Generar un instructivo técnico para la rehabilitación de zapatas de cimentación en concreto con acero de refuerzo expuesto.

ESPECÍFICOS

- Seleccionar un método de reparación para zapatas de cimentación con acero de refuerzo expuesto, para posteriormente aplicarlo a un caso real (modelamiento).
- Modelar en campo una zapata, y columna, con la patología a evaluar y aplicar el método de reparación seleccionado.

RESUMEN

Este proyecto nace por la falta de información técnica y de malas prácticas constructivas ejecutadas por los obreros que construyen las viviendas en los sectores menos favorecidos de la ciudad de Bogotá, que como consecuencia aumenta el número de viviendas vulnerables y con gran presencia de diversas patologías.

A partir de esta premisa surge la idea de desarrollar un instructivo técnico que contenga información necesaria y de fácil entendimiento para los obreros, cuando se requiera intervenir zapatas de cimentación con acero de refuerzo expuesto y su posterior mantenimiento, puesto que se debe garantizar un cuidado adecuado a los elementos estructurales.

Para la realización del instructivo es de vital importancia conocer y analizar trabajos de expertos en este campo, para tener un punto de referencia que de argumentos suficientes al enfoque, al desarrollo y a las posteriores conclusiones que se puedan generar en la investigación, debido a esto se consultaron normas técnicas sumamente importantes para la construcción en Colombia, como la ley 1229 del 2008 (NSR-10), en especial el título A-10, porque tiene información sobre reparación y mantenimiento de diversos elementos de una construcción.

También se hizo indispensable buscar autores con un amplio conocimiento en el mundo ingenieril, dentro de nuestra bibliografía se pueden resaltar ingenieros como: doctor brasilero Paulo Helene, doctor Carlos Brotto y los arquitectos Francisco Javier Vivo Parra y Emilio Herrera Cardenete, quienes se especializan en patologías y vulnerabilidad de estructuras de concreto, entre otros autores, libros, guías, manuales y demás que contengan información relevante para la investigación.

La metodología que se llevara en la investigación será de carácter cualitativo en su principio, para luego tomar un enfoque netamente cuantitativo, esto debido al desarrollo que tomara la investigación en el tiempo y al cumplimiento de los objetivos.

ABSTRACT

The enormous growth of the population in the city of Bogotá, generates a significant increase in the informal housing construction. Added to this the lack of trained staff to guide those constructions facilitates the execution of poor construction practices and the generation of various pathologies in these constructions. Among these pathologies is exposed reinforcing steel in concrete structural elements, such as: footings, columns, beams and slabs; because of this seismic housing deficit, creating a risk to the physical integrity of the people living in them increases. Likewise, the presence of this condition, aesthetic problems are evident in housing, therefore somewhat comfortable environment for people living in them, is created in addition, the presence of exposed steel is the input mechanism other agents pathogens, leading to possible corrosion of steel, internal concrete carbonation, among others.

Moreover, the absence of manual or technical instructions for repairs to buildings accessible to the academic community and to the workers of different localities of the city, where different pathologies and possible solutions are exposed are identified, given quantity and quality of the materials suitable for such activity.

From the foregoing the need to collect and analyze information on possible methods for rehabilitation, repair and maintenance, with emphasis on the footings, later to generate a full-scale modeling a shoe with exposed reinforcing steel and conduct is observed is a method previously selected repair, according to the

characteristics of the locality, such as topography, use and performance of dwellings, presence of structural frames, among others.

The instruction will result from a real case regarding dimensions and pathology also be solved easily understood by the workers, who are doing constructive activities in the town, on the other hand will be a starting point for new research and publications by students of the University Francisco José de Caldas.

INTRODUCCIÓN

El desmesurado crecimiento de la población en la ciudad de Bogotá, genera un aumento considerable en la construcción informal de viviendas. Sumado a esto la falta de personal capacitado para orientar dichas construcciones, facilita la ejecución de malas prácticas constructivas y la generación de diversas patologías en estas construcciones. Entre estas patologías se encuentra el acero de refuerzo expuesto en elementos estructurales de concreto, como lo son: zapatas, columnas, vigas y losas; a causa de esto se aumenta el déficit sísmico de las viviendas, lo que genera un riesgo en la integridad física de las personas que habitan en ellas. Así mismo, con la presencia de esta patología, se evidencian problemas estéticos en las viviendas, por esta razón se crea un entorno poco confortable para las personas que viven en ellas, además, la presencia de acero expuesto es el mecanismo de entrada a otros agentes patógenos, que conlleva a posible corrosión del acero, carbonatación interna del concreto, entre otras.

Por otra parte, se identifica la ausencia de manuales o instructivos técnicos para la realización de reparaciones en edificaciones, de fácil acceso para la comunidad académica y para los obreros de las diferentes localidades de la ciudad, donde se expongan diferentes patologías y sus posibles soluciones, teniendo en cuenta cantidad y calidad de los materiales adecuados para dicha actividad.

De lo anterior se observa la necesidad de recolectar y analizar información sobre posibles métodos para la rehabilitación, reparación y mantenimiento, con énfasis en las zapatas de cimentación, para posteriormente generar un modelamiento en campo de una zapata con acero de refuerzo expuesto y realizar a esté un método de reparación previamente seleccionado.

El instructivo será el resultado de un modelamiento en campo caso con dimensiones y cuantiás a una escala 1:2, además, de ser de fácil comprensión

para los obreros, quienes son los que realizan actividades constructivas, por otra parte será un punto de partida para nuevas investigaciones y publicaciones por parte de los estudiantes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

1. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

A través de la historia el hombre en su proceso evolutivo ha dejado de lado costumbres propias que le marcaban como especie animal, como por ejemplo, de ser nómada se convirtieron a sedentarios, es decir, cuando agotaba los recursos necesarios para subsistir se trasladaban en manadas a otro sitio que les garantizara los recursos antes agotados, esto fue en su etapa de nómadas, luego para llegar a convertirse en sedentarios, iniciaron la domesticación de animales y plantas para mejorar su calidad de vida y la de los suyos (nacimiento del agro). Pero, al pasar de ser nómada a sedentario no pueden seguir durmiendo únicamente en cuevas y arboles lo que genera la necesidad de crear algo capas de permitirle resguardar sus vidas de otras tribus, depredadores y las inclemencias del clima entre otros factores, por esta razón nacen las viviendas y con ellas los primeros indicios de construcción.

Las primeras viviendas de las que se tiene algún tipo de noción luego del inicio de la agricultura son rocas extremadamente grandes a las que se le hacían agujeros capaces de albergar un clan, también de agujeros cavados en el suelo los cuales eran cubiertos con ramas, pieles y vegetación, estas posteriormente se fueron convirtiendo en viviendas semienterradas las cuales eran construidas en áreas circulares que se enterraban un poco en la tierra y que sobresalían un poco mas de un metro de la tierra. Las primeras nociones de viviendas de área rectangular datan de la civilización mesopotámica, en la cual se vio la aplicación de barro y otros materiales en la construcción formal de viviendas.

Aproximadamente hacia 1672 a.d.c, aparece el código de leyes promulgado por Hammurabi, en el cual promulga las primeras leyes que afectan al sector constructivo:

- Si un constructor edifica una casa para un hombre y no hace su construcción sólida y de resultas de ello la casa que ha construido se derrumba y produce la muerte del propietario, deberá ser muerto.
- Si un constructor construye una casa para un hombre y no lo hace con los requisitos necesarios, y de resultas de ello una pared se derrumba, el constructor deberá reforzar dicha pared a sus expensas.

Es allí, en Mesopotamia donde se tienen los primeros rastros de cimientos, Garcia (1997) se refirió al libro "Histoire de l'lngénieríe géomécanique jusqu'a 1700" de Kárisel (1.985) en los siguientes términos: "afirma que, en Mesopotamia, bajo las grandes plataformas de tierra que sirvieron de base a los zigurats, se han encontrado muchos pozos rellenos de materiales purificados (ladrillos cocidos y bloques de piedra sin tallar)." (p. 22).}

Es en Grecia donde aparecen las primeras zapatas corridas en los edificios que datan del año 1000 a.d.c. construidas sobre sustrato rocoso, lo que indica el estudio de los suelos y su influencia en las construcciones por parte de la civilización griega y que darían paso a través del territorio europeo al estudio del mismo por parte de los romanos y los chinos, de estos últimos se tiene el registro más antigua de perforaciones realizadas en terreno y que se dicen fueron realizados en el siglo I a.d.c., los primeros registros en Europa datan del siglo V d.c.

pero es en roma donde se revoluciona la construcción debido al uso del cemento o argamasa romana con la cual empezaron a tecnificar la construcción y a generar sistemas constructivos donde se ve el uso del cemento para reforzar las cimentaciones de la vivienda, rompiendo así con el equilibrio ecológico que hasta entonces la evolución de la construcción llevaba, y se generan por primera vez en la historia viviendas hechas por hombres de dos o más niveles, gracias a que estas ya podían estructuralmente soportar más peso.

2. ASPECTOS CONCEPTUALES

Patología de la construcción: Paulo Helene la define como “una parte de la ingeniería que estudia los síntomas, mecanismos, causas y los orígenes de problemas que se muestran en estructuras u obras civiles”. En el tratado Broto de la construcción se encuentra la definición de patología constructiva como “la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a su ejecución” (Broto, 2006, p. 31).

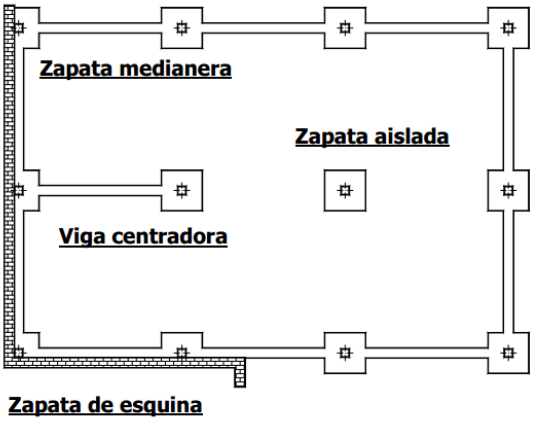
Reparación: Consta de corregir o reemplazar de manera parcial elementos o materiales de una estructura que se encuentra deteriorada o con daños, que posiblemente no afectan el rendimiento estructural del elemento.

Cimentación: Se define como la estructura en concreto encargada de transmitir las cargas de la edificación u obra al suelo. El tipo, diseño y construcción de la cimentación depende de características propias del suelo, como por ejemplo, resistencia a la compresión, permeabilidad, tipo de suelo y antecedentes del mismo.

Las cimentaciones se pueden clasificar como superficiales y profundas:

Cimentaciones superficiales: Alguns autores consideran cimentaciones superficiales, aquellas que tienen una profundidad entre 0.50 y 4 m, o de sección cuadrada o rectangular. Así mismo, la cimentación superficial se puede clasificar como:

- Cimentación puntual: también conocida como zapata aislada (entendiendo como zapata la ampliación de la base de columna), es aquella que se encarga de recibir y transmitir las cargas de una sola columna.
  Estas zapatas se pueden identificar con diferentes nombres, dependiendo de la ubicación en el terreno.



Planta de cimentación con zapatas aisladas

Imagen 1: clasificación de zapatas

Fuente: internet

- Cimentación lineal: o zapata corrida, se construyen cuando las zapatas aisladas están muy próximas o logran traslaparse, también se emplean cuando es necesario apoyar muros de capacidad portante o muros de contención. Una cimentación lineal debe contener minino tres pilares para considerarse corrida.

- Cimentación en losa: Se utiliza cuando la superficie ocupada por las zapatas tiene un porcentaje elevado de la superficie total de la obra.

Corrosión del acero: Entiéndase por corrosión el proceso destructivo por el cual un metal reacciona con el medio ambiente para formar óxido.

El deterioro de materiales por exposición a medios corrosivos puede ser debido a:

- Corrosión por medio ambiente atmosférico: principal causa de la corrosión en elementos metálicos, influenciado por factores o agentes patógenos que

aumentan la velocidad de corrosión, estos son, humedad del aire, presencia de gases y presencia de polvo.

- Corrosión por terreno
- Corrosión por agua

En las estructuras de concreto reforzadas con acero, el deterioro de este último, afecta la capacidad portante del elemento, porque cuando inicia el proceso de oxidación, disminuye la sección transversal de la armadura, lo que genera pérdida en la adherencia entre el acero y el hormigón y fisuras en el hormigón; las fisuras características de esta patología se manifiestan en el hormigón, paralelas a la dirección del refuerzo, que a su vez puede generar desprendimiento del material de recubrimiento.

3. COMPARACIÓN TEÓRICA ENTRE DIFERENTES MÉTODOS PARA LA REHABILITACIÓN DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

3.1. TRATADO DE BROTO.

Xarles Broto trae a colación en su tratado aspectos a revisar, como lo es la tipología patológica que se puede identificar en una construcción cuando está presenta posibles problemas en su cimentación:

- Asentamientos uniformes o diferenciales
- Levantamientos
- Desplomes
- Giros
- Desplazamientos
- Degradaciones de los materiales componentes por ataque del medio
- Colapsos parciales o totales

De igual manera, considera como primeros síntomas la aparición de fisuras y/o grietas en la edificación, lo que requiere un análisis para determinar si su origen se relaciona con patologías en la cimentación de la edificación, con esto se hace necesario tener en cuenta consideraciones como:

- Situación y forma
- Hacia donde se abren o se cierran
- Si esta activa o no.
- Si las partes de los costados de la grieta y/o fisura conservan el mismo plano

Broto plantea los siguientes métodos para la intervención de cimentaciones superficiales:

3.1.1. Refuerzo mediante inyección.

Consiste en llenar los huecos existentes de la cimentación con una lechada o mortero de cemento, lo que aportara al fraguar una mayor resistencia y mejorara la cohesión para el cimiento.

La intervención se debe iniciar desde el fondo y el contorno de la cimentación, esperar su fraguado y continuar con el procedimiento de abajo hacia arriba, siempre controlando el volumen de lechada.

Cuando se trata de zapatas aisladas o terrenos excesivamente permeables, se puede implementar el uso de tablestacas (tipo de pantalla o estructura de contención flexible) o la construcción de muretes de ladrillo o de hormigón, aunque este procedimiento requiere la excavación lateral al cimiento.

Ventaja: La puesta en carga (trasmisión de cargas de viga-columna-zapata a otro elemento) queda hecha en la misma operación.

Desventaja: Es una acción a realizar sin conocer sin exactitud su resultado, pues no se garantiza el recubrimiento total del área afectada, lo que lleva a la extracción de núcleos.

Se debe conocer el entorno de la cimentación (suelo), pues si este es permeable, generara la perdida de un porcentaje de la lechada, sin garantizar el recubrimiento total de las oquedades.

3.1.2. Refuerzo mediante introducción de armadura.

Consiste en taladrar el cimiento e introducir armaduras adicionales. Sin embargo el acero debe ser puesto a tensión y posteriormente inyectado con resinas, es decir, que realizara un pretensado del acero en la zapata.

Ese método de rehabilitación solo será aplicable a zapatas que no hallan iniciando el proceso de rotura.

3.1.3. Refuerzo mediante ampliación lateral del cimiento.

Ensanchamiento lateral de la cimentación existente, sin aumentar considerablemente su canto (altura) respecto a la cimentación actual. La trabazón entre los dos elementos (concreto nuevo y antiguo) puede conseguirse mediante pernos, resinas, el dentado de la junta de contacto o el acuñamiento de forma.

Se debe tener mayor precaución con la variable de adherencia que se debe generar entre los elementos, pues deben formar un solo macizo. Además de esto el concreto nuevo no debe exceder notoriamente la resistencia del concreto existente.

Técnicas para que el conjunto se comporte como uno solo (aunque no se garantiza su efectividad):

Se debe preparar muy bien el área de contacto, picando y limpiando la zapata antigua y consiguiendo un perfil de contacto óptimo con la existente.

Otra técnica es la utilización de resinas epoxicas en la superficie del hormigón antiguo. En zapatas aisladas se cuenta con la propia retracción del hormigón, está beneficia a la adherencia por el efecto de zunchado que proporciona el hormigón nuevo al fraguar, diferente a lo que pasa en zapatas corridas por tratarse de dos agregados separados por la misma zapata.

La ejecución este método no garantiza que los asientos que se generen sean admisibles o no, por esto, puede hacerse una clasificación de las soluciones por medio de la ampliación lateral:

- Ensanche del cimiento en su plano: la trabazón puede conseguirse mediante pernos, resinas, dentado de la superficie de contacto y el acuñamiento de forma.

- Sistema Pynford: Consiste en introducir unos elementos verticales metálicos en huecos abiertos en la cimentación, pasando entre ellos las armaduras, sustituyendo así la antigua zapata.
- Puenteo del cimiento por encima del mismo: Se busca transmitir las cargas a un anillo que contornea y ensancha la cimentación. Si se trata de pilares aislados se debe formar una base armada contorneando el arranque de los mismos.

Frecuentemente el ensanchamiento de zapatas se complementa con el arriostramiento de las mismas en una o dos direcciones.

Ventaja: Otorga seguridad al momento de la ejecución de la misma, pues en ningún momento se descarga la zapata.

Sin embargo, se debe prever el límite de ensanchamiento de la cimentación, pues se puede llegar a macizar el espacio existente entre las mismas, lo que generara una losa flotante o continúa.

3.1.4. Refuerzo por ampliación debajo de la cimentación.

Consiste en un construir una zapata debajo de la existente, donde no se tiene alguna apreciación en conseguir adherencia entre los elementos puesto que la operación obliga a minar la zapata (destruirla) en fases sucesivas, lo que conlleva a descargar mediante apeos la cimentación existente.

El proceso de ampliación comienza con la descarga total del cimiento o a lo sumo dejando actuar como máximo el peso propio del muro o de la columna (pilar) del primer piso. En el caso de zapata aislada se debe tener mayor precaución con el procedimiento, pues la destrucción de la zapata existente se realizara en mínimo tres fases. Se construirán primero los dos recalces laterales y después el central, otorgando a las tres operaciones un tiempo prudencial para el fraguado del hormigón y el retacado con mortero expansivo. En este caso el apeo previo se debe realizar de manera calculada y meticulosa.

3.1.5. Sustitución de zapata continúa

Procedimiento que consta en reemplazar el cimiento existente por uno nuevo, este último en ningún momento solicitara la ayuda o contara con aportes estructurales del anterior. Esta sustitución se hace mediante pozos construidos con descalce parcial de la cimentación existente, también se realiza aumento del área de contacto de la nueva cimentación.

Desventajas**:** Excavaciones de los bataches y la puesta en carga de los nuevos cimientos.

3.1.6. Sustitución de zapata aislada.

En la zapata aislada se debe tener bastante cuidado, pues generalmente se requiere de su demolición total antes de iniciar la construcción de la nueva cimentación. Siempre será necesaria la utilización de apeos (incluye el pilar desde la cota de inicio de está) y el apuntalamiento deberá ser total y con índices de alta calidad.

La sustitución de la cimentación se realizara en un sola acción, y el ítem a tener mayor relevancia será el apeo de la estructura. Después solo queda el retiro de la antigua cimentación y la construcción de la nueva.

3.1.7. Sustitución mediante puenteado.

Consiste en construir la nueva cimentación en los perímetros de la existente y dirigir las cargas de la pieza mediante puentes de acero u hormigón armado a la nueva estructura de cimentación. Su diferencia con el ensanchamiento de cimentaciones, está dada por que no se cuenta con la colaboración del cimiento antiguo.

3.2. PAULO HELENE.

En el documento "MANUAL DE REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS EN HORMIGÓN Reparación, refuerzo y protección" Helene y Pereira, muestran en el segundo capítulo, una serie de problemas patológicos a los cuales están expuestas las estructuras y como debido a esto se generaran afectaciones a nivel del acero de refuerzo, de igual manera, plantean un posible diagnóstico para cada problema específico y posteriormente, que acciones correctivas son pertinentes según sea el caso.

3.2.1. Problemas patológicos detectados en armaduras o elementos de acero.

3.2.1.1. Acción de aguas puras.

Consecuencia en el acero: disminución de la alcalinidad del hormigón y corrosión de la armadura

Acciones correctivas:

- Escarificación mecánica del hormigón d esagregado
- Reparación superficial localizada y/o superficial generalizada
- Reparación profunda localizada y/o generalizada
- Protección superficial del hormigón

3.2.1.2. Ataque de sulfatos.

Consecuencia en el acero: corrosión de la armadura

Acciones correctivas:

- Remoción del hormigón con contenido de sulfatos > 5%
- Reparación superficial localizada y/o superficial generalizada
- Reparación profunda localizada y/o generalizada
- Protección superficial del hormigón

3.2.1.3. Acciones biológicas.

Consecuencia en el acero: corrosión de la armadura

Acciones correctivas:

- Remoción del hormigón desagregado y contaminado
- Reparación superficial localizada y/o superficial generalizada
- Reparación profunda localizada y/o generalizada
- Protección superficial del hormigón

3.2.1.4. Carbonatación.

Consecuencia en el acero: corrosión de la armadura

Acciones correctivas:

- Remoción del hormigón carbonatado
- Reparación superficial generalizada
- Refuerzo con armadura extra o sustitución
- Protección superficial del hormigón

3.2.1.5. Cloruros.

Consecuencia en el acero: corrosión de la armadura

Acciones correctivas:

- Refuerzo
- Reparación superficial localizada y/o superficial generalizada
- Reparación profunda localizada y/o generalizada
- Extracción electroquímica de cloruros
- Protección catódica materiales y sistemas
- protección superficial del hormigón

3.2.1.6. Fallas constructivas: Oquedades superficiales.

Consecuencia en el acero: corrosión de la armadura

Acciones correctivas:

- Reparación superficial localizada con mortero polimérico, o de base epóxica u otros
- Reparación profunda localizada con mortero de base cemento u hormigón
- Revestimiento de protección

3.2.1.7. Fallas constructivas: desplazamiento del acero.

Consecuencia en el acero: corrosión de la armadura

Acciones correctivas: después de analizar adecuadamente el elemento estructural y el medio ambiente donde se encuentre, podrá ser conveniente:

- Reforzar la viga aumentando su rigidez.
- Eventualmente, demoler y reconstruir.

3.2.1.8. Fallas constructivas: Deficiencia en la dosificación del hormigón.

Consecuencia en el acero: corrosión de la armadura

Acciones correctivas:

- Inyección de resina epoxi
- Relleno de fisuras con sellantes elásticos de base uretano o poli sulfuros

Se puede deducir de este aparte del manual del doctor Helene, que en pocos casos es necesario aplicar materiales diferentes a los que se utilizan convencionalmente (concreto, acero y sustancias epoxicas), por lo cual sería

correcto suponer que esto hará que los precios en la gran mayoría de intervenciones no sea muy elevado y genere "teóricamente" óptimos resultados.

3.2.2. Actuación ante un problema patológico.

Posteriormente, en el tercer capítulo, los autores plantean diferentes intervenciones para las posibles patologías a encontrarse en las estructuras y clasifican estas acciones dependiente el grado de deterioro y/u obras a realizar en los elementos afectados:

3.2.2.1. Actuaciones de urgencia.

Son aquellas intervenciones de forma rápida que se realizan con el fin de subsanar lesiones que pueden poner en peligro el uso de la estructura y así mantenerla en servicio; muchas de estas actividades son provisionales mientras, se analizan y plantean acciones correctivas que permanecerán en el tiempo.

3.2.2.2. Actuaciones de prevención y/o protección:

Son acciones que se plantean con el fin de mitigar el proceso en las acciones de deterioro que pueden presentar los elementos estructurales, por ejemplo, se entra actuar en el entorno de la estructura, donde se limite las cargas y se realice un seguimiento en el proceso patológico que presenta dicha estructura.

3.2.2.3. Actuaciones de reparación:

Estas acciones buscan recuperar en el elemento estructural sus prestaciones iniciales (propiedades mecánicas), de acuerdo a sus funciones estructurales. Estas reparaciones son relevantes y por ello

la importancia de un buen proceso de diagnóstico en la estructura a intervenir.

3.2.2.4. Actuaciones de refuerzo:

Acciones a ejecutarse cuando se encuentra que la estructura requiere más resistencia frente a la calculada inicialmente, se debe incurrir en incorporar nuevos elementos estructurales o refuerzo de los existentes, como por ejemplo, refuerzo en fibras de carbono, perfiles metálicos, entre otros.

3.2.2.5. Actuaciones de sustitución:

Este tipo de actuaciones se aplican cuando por medio de las acciones de refuerzo no se logra aumentar las solicitaciones (fuerzas) a las estructuras, es por esto que se realiza la sustitución del elementos, bien sea físicamente, es decir, retirándolo de la estructura o anulando su actividad mecánica en el inmueble, mediante la introducción de un elemento nuevo.

3.2.3. Técnicas para la rehabilitación de las diferentes patologías.

Independientemente de la actuación a realizar en la estructura, se debe utilizar herramientas secundarias para garantizar la distribución de cargas y la seguridad de la misma. Por ejemplo, es de gran uso el apuntalamiento de la estructura, con el cual se busca evitar deformaciones, asentamientos en la estructura e incluso en los elementos de apuntalamiento. Para el empleo de estas se deben considerar factores como la geometría, armado y su funcionamiento estático. Las siguientes son las técnicas para la rehabilitación de las diferentes patologías que se pueden hallar en una estructura:

3.2.3.1. Técnica estándar:

Es la técnica usada normalmente en los sectores de la construcción, puede ser prefabricada o realizada in situ dependiendo del transporte del concreto y se usa en cualquier tipo de reparación.

3.2.3.2. Técnica de inyección:

Esta técnica es utilizada para tapar pequeños accesos como fisuras o poros que permitan el paso del agua o el alojamiento de agentes patógenos que puedan deteriorar el elemento, para esta técnica se hace necesario el uso de morteros o materiales especiales con mucha fluidez y de secado rápido.

3.2.3.3. Técnica de imprimación:

Esta técnica es utilizada en grandes y pequeñas superficies para garantizar la correcta adherencia entre un material existente y un material nuevo.

3.2.3.4. Técnica de aportación de material:

Esta técnica hace uso de un material ya fabricado que se utilizara sobre la base del ya existente, por ejemplo láminas de plástico sobre superficies altamente permeables.

3.2.4. Etapas de actuación.

"*Una vez definida la técnica de reparación empleada y cualquiera que sea esta, la misma debe cumplir una serie de etapas similares a todas ellas. Así previamente a la actuación propiamente dicha es necesario:*

1 Identificar la zona dañada

2 Eliminar, si corresponde, dicha zona o parte de la misma

3 Preparar la superficie o zona para la actuación posterior" recomienda el autor.

Material - Tecnica	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Hormigón normal	X	X						
Hormigón con fibras acero	X		X					
Hormigón proyectado			X					
Hormigón alta resistencia	X							
Armadura activa	X							Anclaje
Mortero/hormigón modif. polímero	X							
Mortero resina epoxi/poliester	X							
Resinas epoxi				X				
Imprimación resina epoxi						X		
SBR y copolímero caucho y materiales acrílicos				X		X		
Espumas de poliuretano								
Morteros arena-cemento				X				
Sistemas poliméricos u otro tipo sellado superficies	X		X	X				
Láminas plásticas							X	
Láminas bitumi. in situ					X			
			X			X		

(1) Estándar (3) Proyección (5) Aportación Materiales (7) Impregnación

(2) Prepack (4) Inyección (6) Imprimación (8) Otras

Para preparar el área en la cual se va a ejecutar la reparación el autor recomienda:

- Replanteo de la zona de actuación
- Saneamiento de la zona de actuación

- Limpieza del soporte

3.2.4.1. Replanteo:

En el replanteo se acotara el área que se va a intervenir sin importar si esta es horizontal, vertical o inclinada, esta debe tener un tamaño más grande, sin embargo, mantener la forma lo más similar posible al área a intervenir geométricamente hablando. Esta delimitación debe hacerse con disco, martillo percutor o en su defecto con puntero y maceta evitando ángulos agudos (que mide menos de 90°) para prevenir fisuras posteriores.

3.2.4.2. Saneamiento:

En la etapa de saneamiento se pretende por medio de diferentes técnicas tales como: cepillado manual y mecánico, chorro de arena, aire o agua a presión, repicado mecánico manual (cincel) o con martillo neumático, escarificado, ataque por ácido (poco frecuente), entre otros, llegar a encontrar un hormigón capaz de brindar buenas condiciones mecánicas que garantice la adherencia con el material que se vaya a utilizar en la reparación para que posteriormente genere un óptimo trabajo durante la vida útil del elemento.

3.2.4.3. Limpieza del soporte:

La ultima y quizás la más importante, es la etapa de limpieza del soporte, en esta etapa se debe hacer una limpieza minuciosa del área sobre la cual se pretende actuar, puesto que rastros de elementos como arena, tierra, trozos de óxido, agua en algunos casos, entre otros, pueden perjudicar la adherencia del material nuevo con el antiguo dependiendo del tipo de material o aditivo que se utilice para este fin. Dentro de los métodos que se pueden utilizar

se encuentran: el aire a presión, agua a presión seguida, en algunos casos de un secado con aire comprimido seco o con llama; asimismo, se puede proceder a un barrido y posterior aspiración. Si el área que se desea reparar involucra la armadura del elemento en caso de ser concreto reforzado y si este se encuentra oxidado, es necesario retirar la capa de óxido para garantizar su adherencia con el concreto, si no se está seguro de que esta funcione bien, es necesario el uso de algún producto que sea utilizado para generar esta adherencia entre el acero y el concreto.

Luego de terminar esta etapa es necesario hacer una pronta ejecución de la reparación puesto debido a la rapidez con la que la superficie a intervenir vuelve a ensuciarse, lo que genera tener que hacer de nuevo la limpieza del elemento, para lo que se hace necesario contar con los materiales necesarios y el personal adecuado a momento exacto de la terminación de la limpieza de la superficie.

3.2.5. Técnicas para preparar el sustrato para la intervención.

Técnicas	Procedimiento	Ventajas	Desventajas	Herramienta
Escarificación manual	Se debe empezar a escarificar de afuera hacia dentro, teniendo precaución en no tener contacto y generar afectaciones en el acero de refuerzo. Se debe escarificar hasta ubicar una zona de material sana, es decir, rugosa y compacta, para garantizar una adecuada adherencia con el nuevo material.	Se utiliza en superficies donde es de difícil acceso herramientas de gran tamaño. No requerir mano de obra calificada. No genera cantidad representativa de residuos.	Se debe realizar una limpieza posterior de la superficie por medio de agua o aire a presión.	Puntero y maceta.
Disco de desbaste	Utilizando el peso propio del equipo se desbasta paralelo a la superficie en pequeñas	Altos rendimientos.	Se requiere mano de obra especializada.	Pulidora y disco de desbaste.

	capas uniformes.			
Escarificación mecánica	Se debe empezar a escarificar de afuera hacia dentro, teniendo precaución en no tener contacto y generar afectaciones en el acero de refuerzo. Se debe escarificar hasta ubicar una zona de material sana, es decir, rugosa y compacta, para garantizar una adecuada adherencia con el nuevo material.	Altos rendimientos.	Para espesores mayores a 1 cm se hace bajo el rendimiento. Se debe tener especial cuidado en no comprometer el acero de refuerzo.	Martillo neumático.
Chorro de granalla	Impulsar de manera centrifuga la granalla sobre la superficie a altas velocidades	Altos rendimientos en espesores menores a 1 cm y grandes superficies.	Bajo rendimientos en espesores mayores a 1 cm	Aspiradora neumática, granalla.
Demolición	Se señala el área que se va a intervenir, luego se demuele	Alto rendimiento en la	Se debe tener suma precaución en no dañar	Demolición: martillo neumático

	el área señalada.	preparación. Permite el uso de herramientas fuertes.	el acero de la estructura. Se debe tener suma precaución en no dejar zonas quebradizas.	Excavación: máquina de molienda transportada por un tractor de cama baja y equipo para remover el escombro como cargador, palas, escobas, cabezas y dientes de molienda
Lijado manual	Pulir la superficie a tratar mediante movimientos circulares y enérgicos, en el caso del acero se debe tratar hasta conseguir un brillo comercial.	Método manual no requiere mano de obra especializada.	Bajos rendimientos y requiere un control de calidad alto.	Lija de agua para concreto, lija de hierro para el acero.
Lijado eléctrico	Pulir la superficie con movimientos circulares aprovechando el peso propio	Remueve las impurezas existentes sobre	Genera grandes excesos de polvo lo que dificulta la visión	Lijadora electrónica y disco de lija.

	del equipo.	la superficie del hormigón, abre y limpia los poros. Retira las eflorescencias y homogeniza la superficie del hormigón. Remueve la capa de óxido de laminación y la costra de corrosión superficial de las barras metálicas. Altos rendimiento en la preparación.	del operario.	
Cepillado manual	Cepillar la superficie hasta retirar las partículas sueltas y	De fácil ejecución no	Bajos rendimientos. Uso limitado.	Grata

	garantizar una superficie apropiada	requiere mano de obra especializada		
Picado con martillo de puntas	Impactar el suelo con la maquinaria apropiada, se utiliza para remover recubrimientos epóxidos, de poliuretano, o de concreto deteriorado.	Altos rendimientos.	Causa micro grietas en el concreto. Equipo muy delicado que requiere de especificaciones muy delicadas de obligatorio cumplimiento.	Concrete scabbler Steel deck scabbler
Pistola de agujas	Recorrer la superficie de los elementos metálicos retirando las capas de óxido o de pintura.	Se puede utilizar bajo el agua. Consigue fácilmente la calidad del acero requerido.	No se puede utilizar en el concreto puesto que deteriora las agujas neumáticas.	Pistola electromecánica de agujas impulsada neumaticamente.
Chorro de arena proyectada seca	Lanzar un chorro de aire comprimido con arena de granulometría especial (malla 8-10), el chorro se aplica perpendicular a la superficie	Altos rendimientos. Llega a superficies de difícil acceso.	Se debe utilizar un anticorrosivo para trabajar en superficies metálicas en caso de trabajar con agua.	Compresor de aire, equipo de chorro de arena, abrasivo (arena), manguera para alta presión,

	de manera circular.		La arena de sílice o escoria de alto horno usada en los trabajos no es reutilizable.	boquilla direccional y agua.
Disco de corte	Se utiliza sobre todo para delimitar el contorno del área de trabajo, abertura de ranuras para reparación de fisuras. Se utiliza manteniendo el disco de manera perpendicular al área de trabajo.		Mano de obra especializada. Dificultad de acceso a diferentes áreas. Se puede cortar el acero de refuerzo si no se tiene el cuidado necesario.	Máquina de corte con disco diamantado.
Quema controlada	Se aplica una flama entre 1760°C y 2760° C para retirar capas de concreto disgregado, contaminantes y recubrimientos en general.	Desune el hormigón en pedazos de 5 mm, eliminando de paso impurezas orgánicas como	La larga exposición al fuego puede dañar las zonas sanas del concreto. Produce humo toxico. Requiere mano de obra especializada	Soplete, tanque de combustible y manguera.

		grasas, aceites y pinturas		
Máquina de desbaste	preparación de grandes áreas horizontales, remueve capas desde 0.5 mm hasta 3 mm de espesor	Grandes rendimientos. Desbasta espesores gruesos de manera uniforme	Uso para superficies horizontales y planas.	Pulidora industrial con disco de desbaste

A manera de conclusión, analizando las características propias de cada uno de los métodos, se relacionan a continuación las técnicas de preparación del sustrato viables ante una intervención y que además no generan un alto costo, estas son:

- Escarificación manual
- Disco de desbaste
- Lijado manual
- Lijado eléctrico
- Cepillado manual
- Disco de corte
- Máquina de desbaste superficial

Los precios, la accesibilidad y los rendimientos varían de un método a otro.

3.2.6. Técnicas para la limpieza de las superficies.

Técnica	Procedimiento	Ventajas	Desventajas	Equipo
Chorro de agua fría alta presión	Mover la manguera de manera circular de arriba hacia abajo de la superficie para garantizar la limpieza adecuada de toda el área.	Limpia la superficie al mismo tiempo que la humedece, esto ayuda a su posterior intervención. Altos rendimientos. No produce polvo ni gases.	Alto costo. Si es necesario intervenir el área con un elemento para aplicar en seco se dificulta su posterior aplicación.	El equipo consta de bomba de agua de presión, compresor de aire que produzca un mínimo de 120 psi, mangueras de alta presión, boquillas adecuadas, equipo de chorro de agua con ruedas para Desplazamiento horizontal.
Chorro de	Mover la	Mezclada con	Alto costo.	Manguera para alta

agua caliente a alta presión	manguera de manera circular de arriba hacia abajo de la superficie para garantizar la limpieza adecuada de toda el área.	removedores biodegradables ayuda a limpiar grasas, aceites y pinturas. Altos rendimientos. No produce polvo ni gases.	Si es necesario intervenir el área con un elemento para aplicar en seco se dificulta su posterior aplicación. Requiere mano de obra calificada y guantes térmicos.	presión, equipo tipo lava-a-chorro y salida direccional.
Chorro de agua a baja presión	Rociar agua a presiones menores a 5000 psi. Sirve para remover impurezas en pequeños canales o fisuras que tenga el concreto, la profundidad de remoción se controla disminuyendo la	Accesibilidad y fácil manejo del equipo.	Puede llegar a romper el concreto debido a la presión generada por la acumulación de agua.	Motor, bomba y pistola de agua tipo jet.

	presión del agua.			
Lavado con soluciones acidas	Saturar la superficie con agua para evitar que el ácido deteriore el concreto sano, preparar el ácido como lo indique su fabricante y aplicar hasta encontrar sustrato sano.	Remueve: carbonatos, eflorescencias, impurezas orgánicas, mejora la adherencia del sustrato.	Perjudica el acero de refuerzo en caso de estar este expuesto o con poco recubrimiento.	Contenedor de ácido, equipo para limpiar el piso (escoba abrasiva) y dispositivo para rociar asido en bajas cantidades.
Lavado con soluciones alcalinas	Saturar la superficie con agua para evitar que el ácido modifique las características del hormigón, la velocidad de rotación del equipo	No deteriora el acero de la estructura y no requiere maquinaria especial. Neutraliza la estructura si esta estuvo sometida a un ataque acido		Brocha y cepillo, equipos industriales Los equipos utilizados deberán tener cepillos de cerdas duras de preferencia de polietileno

	debe ser mayor de 300 RPM para asegurar la limpieza.	mejorando las propiedades del estrato.		
Remoción de aceites y grasas superficiales	Aplicar un removedor sobre el área y dejar reaccionar por 20 minutos, luego lavar la zona con abundante agua con un cepillo o escoba para remover impurezas sueltas removidas por el producto utilizado.	Con el producto adecuado no se dañara el concreto ni su refuerzo. No requiere equipos especiales.	No logra penetrar a más de 2 mm por lo que se hace necesario preparar previamente el sustrato con escarificación mecánica o quema controlada (recomendación del autor)	Maquina electromecánica, escoba, cepillo, brocha
Chorro de aire comprimido a presión	Se limpian las fisuras o rendijas colocando la boquilla de la	Permite el fácil trabajo para sustancias que necesiten	Inapropiado para superficies húmedas.	Manguera para alta presión y compresor dotado con filtro de aire.

	manguera en su interior, unas ves limpias se rellenan con papel para proceder a limpiar el resto de la superficie y garantizar que no se llenen de nuevo de impurezas.	adherencia en superficies secas. Fácil acceso a áreas difíciles de llegar.		
Solventes volátiles	Aplicar sobre la superficie acetona industrial (recomendación del autor) con estopa, brocha o algodón para retirar residuos y contaminantes.	Retira ácido úrico, contaminantes superficiales de grasas, pinturas y aceites. Por ser volátil se lleva el agua en su evaporación, por lo que ayuda a un rápido secado.	Inflamable y muy volátil.	Brocha, estopa o algodón.
Saturación con	Inundar el	Mejora la	Alto consumo de agua.	Atomizador, membrana

agua	elemento con agua por lo menos 12 horas antes de la intervención, luego de este tiempo secar la superficie del elemento para obtener una superficie saturada seca.(SSS)	adherencia del sustrato en caso de aplicar material para superficies húmedas.	Si la superficie es muy grande consume mucho tiempo para garantizar el estado SSS.	de curado, manguera perforada, sacos de Yute (cabuya).
Aspiración al vacío	Con la boquilla de la aspiradora muy cerca a la superficie, retirar los excesos de polvo que se encuentren en ella.	Retira partículas pequeñas. Ideal para áreas cerradas	No retira partículas grandes. Solo trabaja sobre áreas totalmente cecas.	Aspiradora de polvo industrial.

A manera de conclusión, viendo las características propias de cada uno de los métodos, podríamos decir que los que se pueden utilizar para la limpieza del sustrato ante una intervención y que además no generan un alto costo son:

- Lavado con soluciones acidas
- Solventes volátiles
- Saturación con agua

Los precios, la accesibilidad y los rendimientos varían de un método a otro.

3.2.7. Tratamientos previos para el acero de refuerzo

Se plantea como tratamiento de intervención los siguientes pasos:

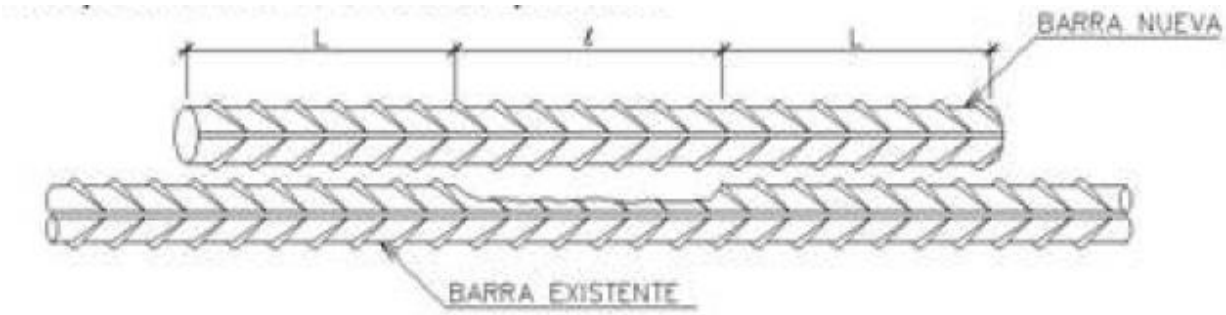
3.2.7.1. Limpieza:

Se debe realizar limpieza de los elementos, donde se busque dejar el perímetro de la barra libre de impurezas, para esto, se puede utilizar un método anteriormente nombrado como por ejemplo limpieza con agua a presión, arena, entre otros.

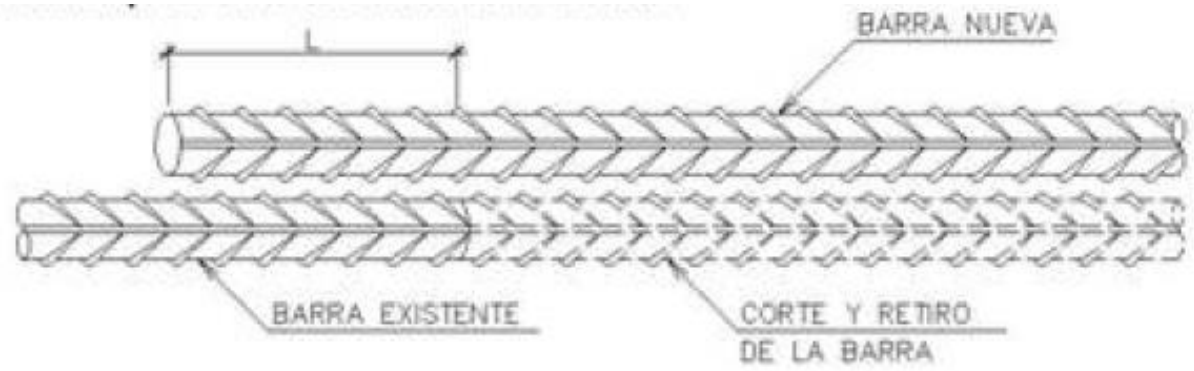
3.2.7.2. Reparación:

Para reemplazar la sección de acero averiada, se puede implementar los siguientes métodos:

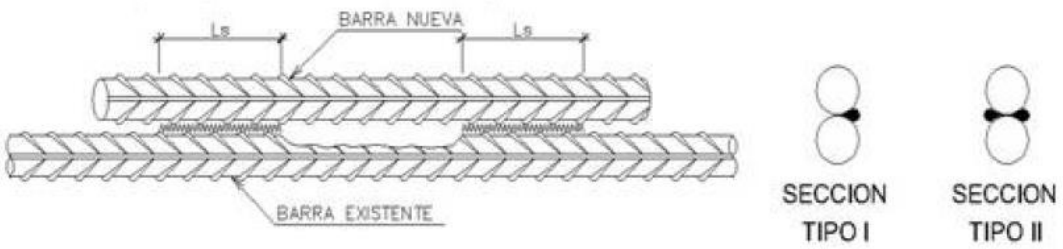
3.2.7.2.1. Empalme por traslapo de la sección averiada.



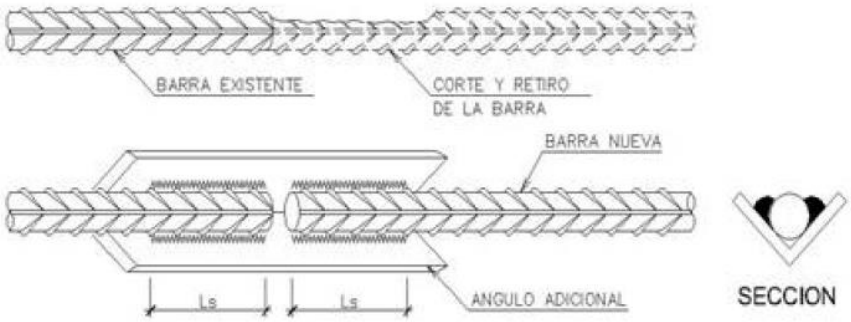
3.2.7.2.2. Sustitución total de la sección afectada.



3.2.7.2.3. Reposición de la sección por soldadura (traslapo).



3.2.7.2.4. Sustitución total de la sección por soldadura.



3.2.7.2.5. Conectores mecánicos:

De la barra de acero afectada se realiza un corte de la sección dañada y posteriormente se ancla a una barra nueva por medio de conectores.

3.2.7.2.6. Anclaje de barra nueva:

Inicialmente se realiza perforación con broca y posteriormente se realiza penetración de la barra y para finalizar se realiza la adherencia por medio de un adhesivo, entre estos se puede utilizar pintura de zinc, lechada de cemento, entre otros.

3.2.8. Técnicas para recubrir el acero de refuerzo expuesto.

Una vez determinado la técnica de limpieza de las barras de acero y el método de anclaje a la cimentación, el proceso de reparación finaliza con el recubrimiento del acero de refuerzo expuesto, con material nuevo, para esto, se debe garantizar la adherencia entre el material existente y el nuevo.

Este procedimiento se puede realizar por los métodos a continuación planteados:

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	MATERIALES Y HERRAMIENTAS
Encofrado y vaciado en sitio	Se utiliza principalmente en superficies verticales. El material debe ser fluido y con baja contracción, igual el encofrado debe permitir la correcta colocación del material además del espacio para realizar la vibración del concreto disminuyendo así el aire atrapado por medio de burbujas. En esta técnica se debe realizar curado por un periodo de 7 días.	Concreto (preparado en sitio) Vibrador o martillo Palas Encofrado
Encofrado y bombeo	Utilizado generalmente en superficies verticales y horizontales. Esta técnica permite el uso de materiales bombeables, así, como diferentes tamaños nominales en los agregados del concreto o mortero. El encofrado debe confinar totalmente el área a reparar, en este encofrado deben existir	Bomba

	únicamente dos cavidades, una será por donde se bombeara la mezcla y la segunda se ubicara en el material antiguo y en buen estado por el cual se ventilara el elemento	
Dry Packing o empaquetado en seco	Utilizado en reparaciones de elementos de posición vertical y horizontal pequeñas y poco profundas. Este procedimiento se realiza por medio del apisonamiento del material dentro del área a reparar, este material debe tener características como consistencia seca, ensayo de slum aproximadamente cero, alta resistencia y baja permeabilidad. Se debe realizar curado húmedo por 7 días.	Herramienta para apisonar el material. Llana
Agregado precolocado y grouting	Técnica utilizada generalmente en reparación de estructuras verticales con grandes profundidades. El agregado debe ser grueso, limpio y libre de fino, con esto se garantiza la adherencia entre materiales, el encofrado debe confinar totalmente la superficie y permitir el ingreso del grount por medio de orificios. Se debe tener en cuenta en la colocación del	

	grount que se debe realizar desde el punto más bajo de la superficie hasta el más elevado. Si se realiza desencofrado antes de los 7 días se debe garantizar curado por vía húmeda.	
Concreto lanzado vía seca	Este método de reparación se emplea en superficies superficiales y profundas. El material es proyectado a gran presión hacia el sustrato a reparar. Como materiales se tiene: Concreto con aditivos para mejorar la adherencia y durabilidad del material. La técnica de colocación consta de transportar el concreto había una bomba para comprimirlo y ser expulsado por una manguera. Se debe curar el sustrato por 14 días y los 2 primeros días se debe controlar el contacto con la luz solar. Este método tiene más desventajas que ventajas, y una de ellas es el costo de la implementación del mismo.	Compresor Máquina Shotcrete
Concreto lanzado por vía húmeda	Se implementa generalmente es sustratos superficiales y estructurales. El concreto es lanzado por medio de neumáticos. Este método	

	consta de la mezcla del material y posterior colocación por método de propulsión al sustrato a intervenir. El concreto no puede mezclarse con acelerantes químicos pero si se debe agregar aditivos. Método muy costoso para su ejecución.	

A manera de conclusión, viendo las características propias de cada uno de los métodos, se puede decir que los que se pueden utilizar para el recalce de la zapata ante una intervención y que además no generan en el proyecto un alto costo son:

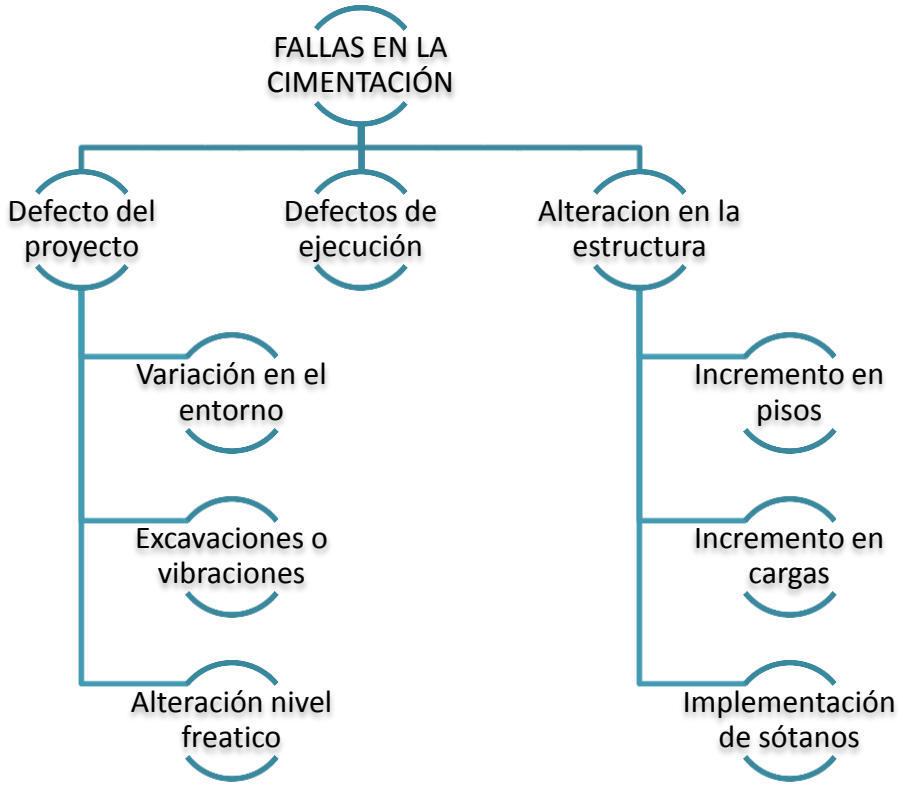
- Encofrado y vaciado in-situ.
- Agregado pre-colado y grouting.

El precio y los rendimientos varían de acuerdo al método seleccionado.

3.3. JUAN PÉREZ VALCARCEL.

3.3.1. Causas de las fallas.

En el documento Técnicas básicas de recalces, el autor plantea las siguientes posibles causas para que se presenten fallas (y estas den paso a patologías):



3.3.2. Fases para la intervención.

De igual manera plantea como fases para la intervención:

3.3.2.1. Refuerzo y apoyo provisional de la estructura:

Para ello lo clasifica dependiendo la edad de la edificación; si se tiene:

- Edificios antiguos: La intervención es compleja de realizar y se requiere implementar refuerzos en muros, zunchado de columnas y/o relleno de huecos.
- Edificios nuevos: Apeo interno o apuntalamiento de exteriores

3.3.2.2. Transferencia de cargas de la cimentación al apoyo provisional.

3.3.2.3. Análisis de la estabilidad del terreno ante una excavación.

3.3.2.4. Construcción de la nueva cimentación.

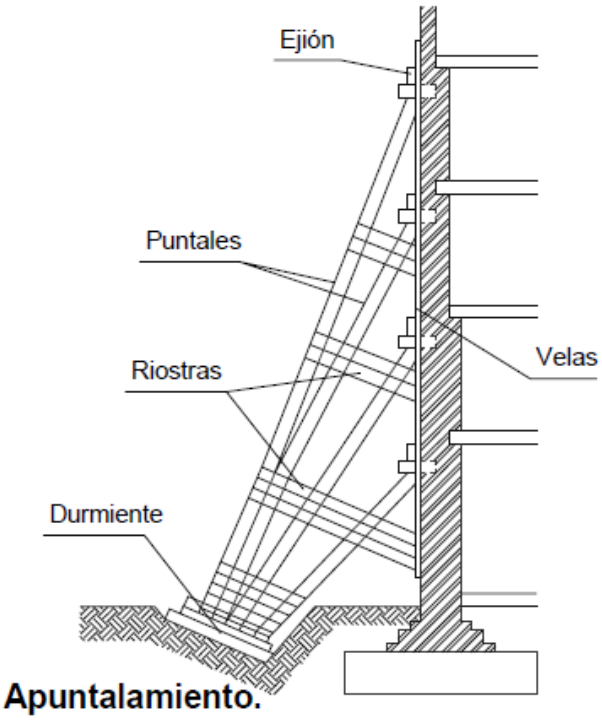
3.3.2.5. Transferencia de carga al nuevo elemento o apoyo de la cimentación.

3.3.3. Refuerzos temporales.

Del texto se recalca la importancia en los detalles constructivos que realiza el autor cuando se refiere a los tipos de refuerzo y apoyos que se pueden utilizar para la intervención de la estructura y plantea que se pueden encontrar tres tipos de refuerzos temporales:

3.3.3.1. Apuntalamiento:

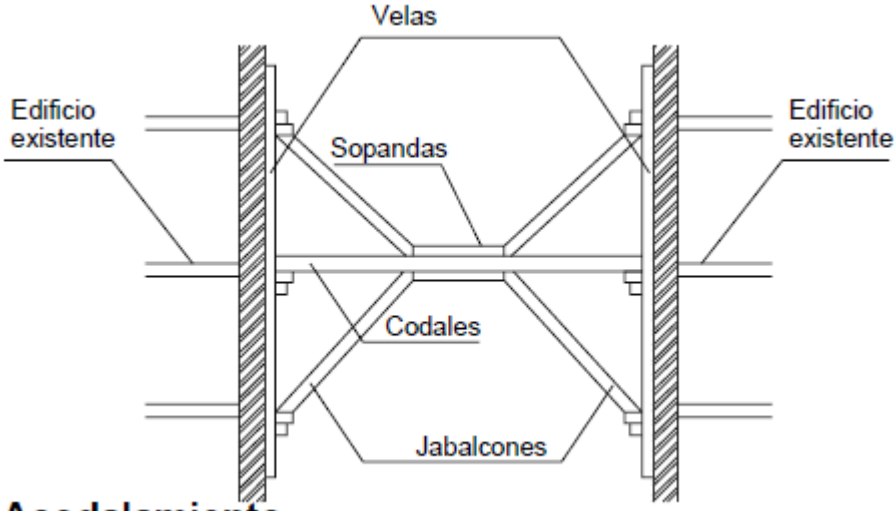
Son apoyos en el terreno que cuentan con contrapeso y van anclados. Se puede utilizar en el contrapeso materiales como concretos y cajones de arena.



Apuntalamiento.

3.3.3.2. Acodalamientos:

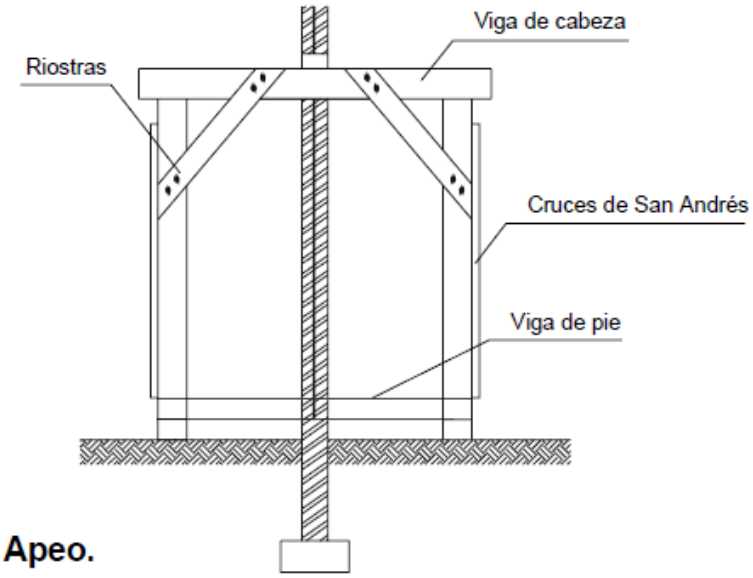
Se puede presentar acodalamientos entre edificio-edificio o edificio-terreno. El autor plantea que es un mecanismo ineficaz cuando se realiza acodalamiento manteniendo las vigas.



Acodalamiento.

3.3.3.3. Apeos:

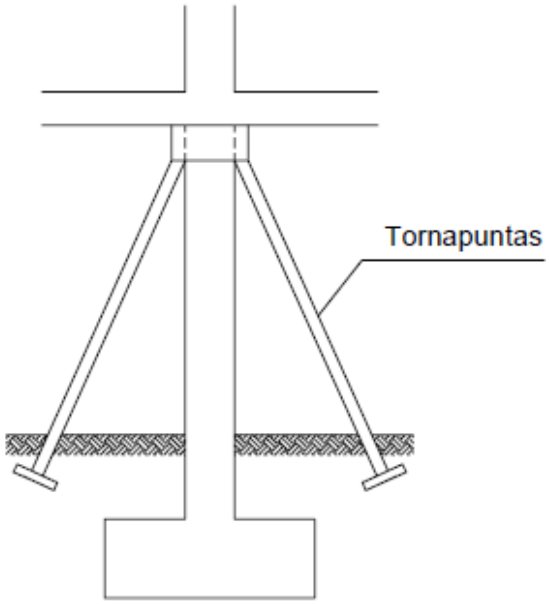
Los apeos son los apoyos más utilizados para realizar reparación de cimentaciones pues permiten un porcentaje alto de seguridad para este tipo de acciones de rehabilitación



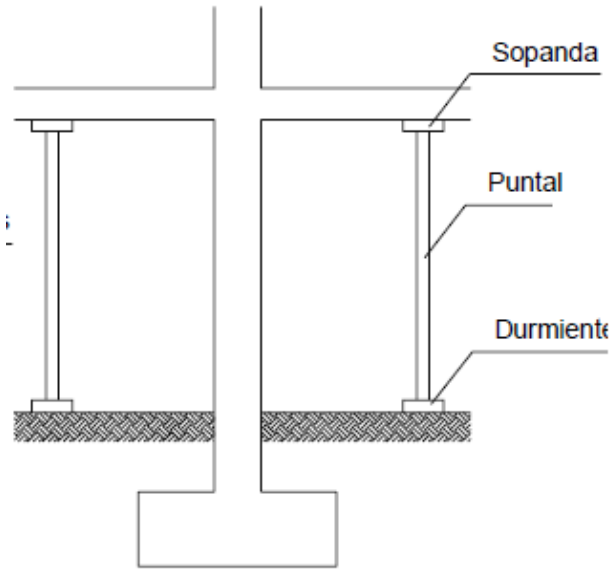
Apeo.

Se identifican los siguientes tipos de apeos:

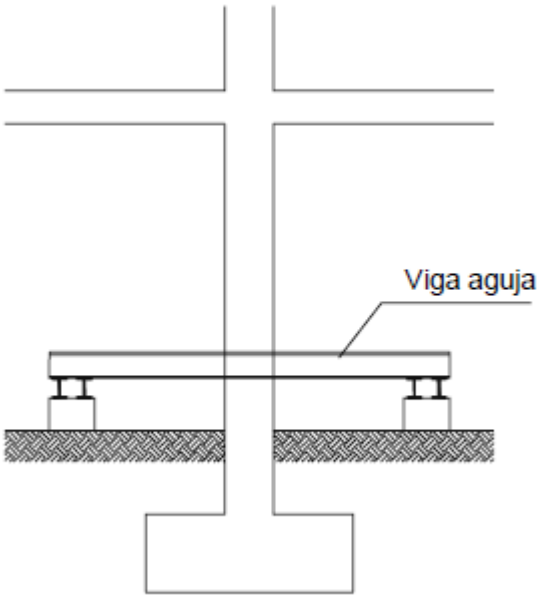
3.3.3.3.1. Apeo con tornapuntas: Es muy efectivo si el terreno de apoyo es sólido.



3.3.3.3.2. Apeo con puntales: El efecto en la estructura se verá reflejado en el diagrama de momento flector de la viga aérea.



3.3.3.3.3. Apeo con vigas aguja: Permite un sedimento en la columna que puede ser excesivo.



3.4. EMILIO HERRERA CARDENETE.

De igual manera el arquitecto Emilio Herrera Cardenete de la Universidad de Granada, publica un documento donde relaciona información sobre recalces de cimentaciones y plantea:

3.4.1. Causas del deterioro.

3.4.1.1. Deficiencias o deterioro del cimiento como elemento estructural: El recalce en este tipo de causas busca devolver al elemento las características geométricas, físicas o estructurales y para ello se cuentan con las siguientes técnicas de reparación:

3.4.1.2. Demolición del cimiento original y construcción de uno nuevo, que supla las funciones del elemento original.

3.4.1.3. Refuerzo del cimiento mediante zuncho perimetral o viga cintura.

3.4.1.4. Refuerzo del cimiento por medio de la introducción de armadura con concreto inyectado, tensores o postenzado.

3.4.1.5. Insuficiencia de la capacidad portante del terreno:

Con la intervención se busca un equilibrio entre la carga que trasmite el cimiento al terreno y la capacidad de carga que cuenta el suelo.

3.4.1.6. Ampliación de la superficie efectiva del área de carga.

3.4.1.7. Recalce por transmisión de carga a sustratos (pilotes) con mayor profundidad.

3.4.1.8. Recalce.

Recalce para mejorar la resistencia al corte y la deformidad del suelo, sin alterar la cimentación existente por medio de inyección de cemento, arcilla-cemento, gel de bentonita, emulsión bituminosa, resinas entre otros elementos.

3.4.2. Recalces superficiales:

A continuación expone las técnicas de recalce superficiales, entiéndase como las acciones no que comprometen mejoras en el terreno, intervenciones de ampliación en la superficie de la transmisión. El arquitecto menciona las siguientes acciones como recalces superficiales:

3.4.2.1. Recrecido de zapatas:

Se utiliza para cimentaciones aisladas con dimensiones pequeñas o cuando están deterioradas.

Al momento de implementar esta técnica se debe tener en cuenta la adherencia entre el antiguo y nuevo material, es busca de un solo comportamiento mecánico; por otra parte se debe pensar en los asentamientos de la nueva cimentación conjunta.

Se puede plantear la ejecución de la técnica basada en:

3.4.2.1.1. Recrecido de la zapata en su canto:

Se prepara inicialmente las caras laterales de la zapata con acciones como dentado, picada, entalladuras, entre otros.

3.4.2.1.2. Punteo superior del cimiento existente:

Recogiendo caras y transmitiendo al ensanche perimetral de la zapata, se usa como puente las vigas de acero.

3.4.2.2. Disposición de vigas:

Busca la transmisión efectiva de cargas a elementos lineales (vigas) que se conecten con los cimientos puntuales existentes.

3.4.2.3. Disposición de losas:

Este método se deriva del ensanchamiento del cimiento, y se da cuando el volumen de ensanchamiento de una zapata traslapa con la siguiente, de tal forma que se unifica una sola losa. Para esta técnica se debe en cuenta la adherencia entre material nuevo y antiguo.

3.4.2.4. Profundización del plano de apoyo.

3.5. FRANCISCO JAVIER VIVO PARRA.

En su documento sobre apeos y apuntalamientos de emergencia, en el cual el autor realiza apreciaciones importantes como la diferencia conceptual entre un apeo y apuntalamiento y hace referencia a:

3.5.1. Apeo:

Según la RAE “Apear es sostener provisionalmente con armazones de madera, metálicos, cerámicos, o mixtos, todo o parte de un edificio, construcción o terreno, con motivo de una reparación, reforma, excavación, debido a cualquier tipo de siniestro o situación que lo aconseje”.

3.5.2. Apuntalamiento:

Según la RAE “acción de colocar puntales para sostener los elementos citados anteriormente, con carácter de urgencia y provisionalmente, para evitar su hundimiento, colapso o derrumbamiento”.

De lo cual el autor concluye que un apuntalamiento esta dado para situaciones con un alto porcentaje de emergencia, y por lo mismo necesita de un tiempo de análisis y ejecución considerable frente a la realización de apeos. Así mismo, el arquitecto determina dos factores vitales para escoger entre la ejecución de un apuntalamiento o apeo:

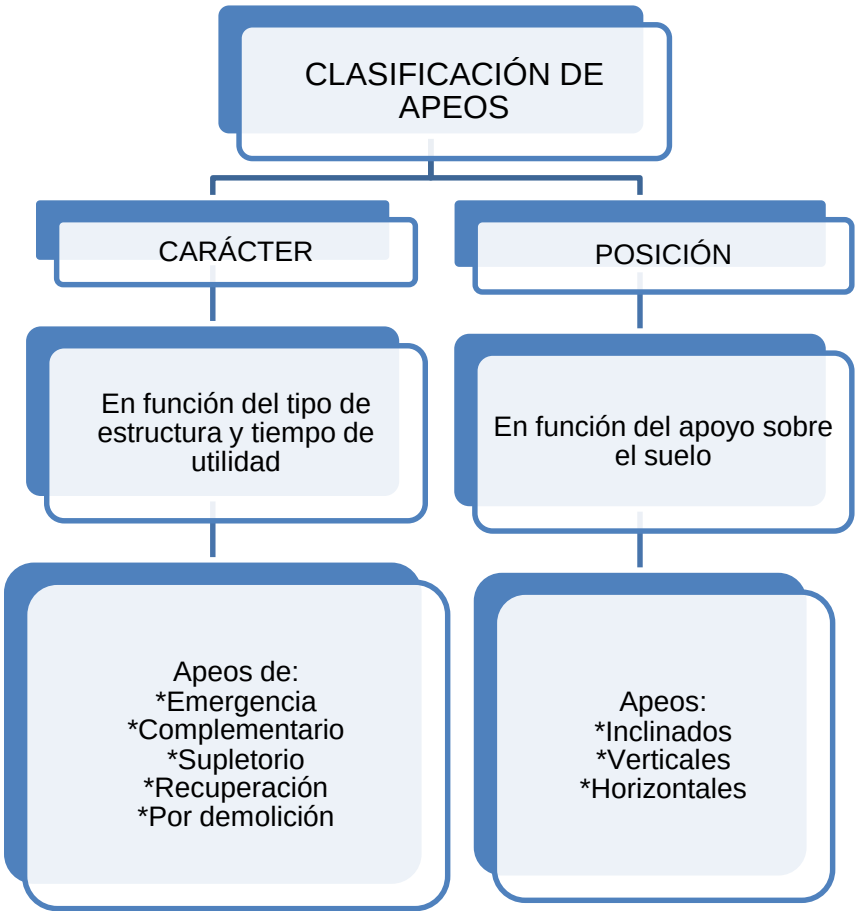
- El tiempo que este elemento apoyara a la estructura
- Importancia y grado de riesgo en el que se encuentra la edificación

Y las condiciones mínimas que debe cumplir cualquier de los 2 apoyos son:

- Resistencia y estabilidad ante las cargas a recibir y transmitir.
- Simplicidad y rapidez de montaje.
- Seguridad para las personas.

De igual manera clasifica los apeos en cuatro grupos, de los cuales para este caso se hará hincapié en la siguiente clasificación:

3.5.3. Clasificación de apeos.



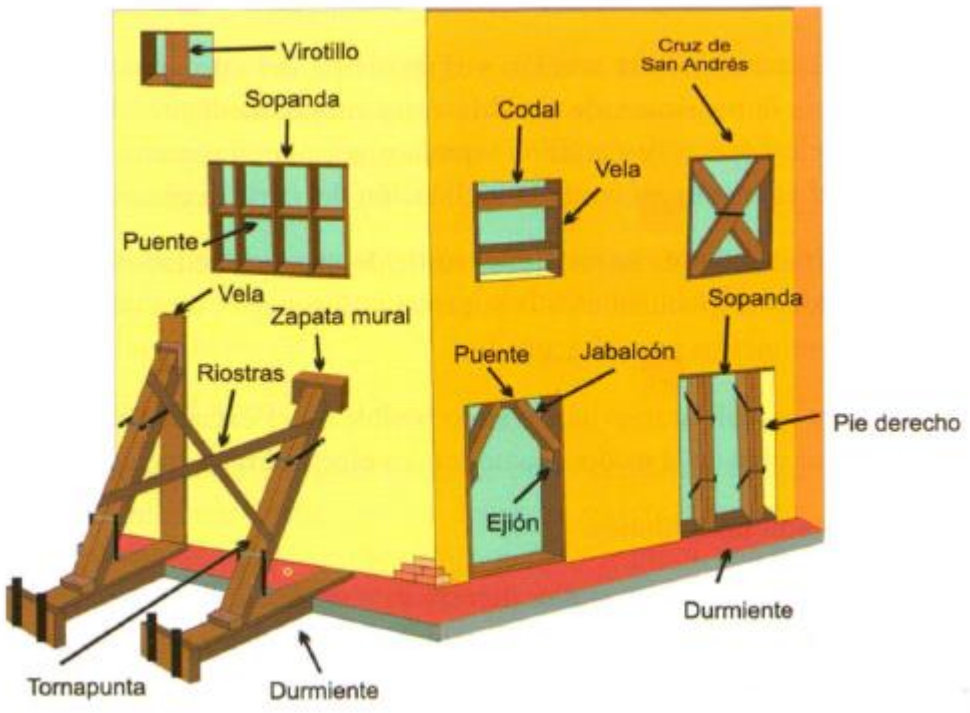
De la anterior clasificación, se profundizara en:

3.5.3.1. Apeo de emergencia:

Se caracteriza por que no estudia de manera concisa y precisa la manera de distribución de cargas del edificio para, así poder realizar una proyección de las cargas que va a recibir el apeo, dado que la actuación de intervención se debe

realizar en el menos tiempo posible, disminuyendo el porcentaje de falla del elemento estructurales o del inmueble en general.

3.5.3.2. Elementos de un apeo.



Tornapunta: transmiten el esfuerzo directamente del elemento apeado a la zona de apoyo, pueden ser escuadrados o de rollizo.

Vela: pieza colocada verticalmente, recibe cargas horizontales, transmitiéndolas a los puntos en que es acometida por otros elementos estructurales de apeo. Su forma de trabajo es a flexión.

Durmientes: piezas escuadradas que descansan sobre el piso y reparten sobre este las cargas que reciben directamente de los elementos verticales o inclinados del apeo.

4. METODOLOGÍA PARA LA REPARACIÓN

El planteamiento de la metodología se basa en el análisis realizado a la información de los autores consultados anteriormente par posteriormente consolidar un método que cumpla con los objetivos del proyecto.

Esta metodología busca también organizar de manera clara y consistente el proceso que debe llevarse a cabo para conseguir un trabajo adecuado a la hora de ejecutar una reparación en una zapata aislada con acero de refuerzo expuesto.

Después de realizar la identificación y evaluación de la patología en la cimentación superficial y concluir que se tiene acero de refuerzo expuesto, se concluye la utilización de una acción correctiva inmediata, por lo cual no se puede entrar a estudiar a profundidad el tipo de suelo, cargas transmitidas por la vivienda, entre otras características, de allí se recomienda realizar una actuación de prevención y protección, la cual mitigara el avance de la patología, para posteriormente ejecutar la técnica de estándar (realizar acciones con materiales o productos prefabricados o realizados en el sitio) y aportación de material, con el fin de lograr una mejora estructural y en apariencia (estética) del elemento a reparar, para ello se debe efectuar:

4.1. Transmitir cargas.

Inicialmente se debe garantizar unos estándares de seguridad al momento de intervenir la zapata de cimentación, por lo cual la vivienda debe contar con los apoyos necesarios para seguir transmitiendo las cargas al suelo, sin involucrar a la zapata de cimentación para dicha tarea, para ello, se realizara la construcción de un apuntalamiento, con el cual se busca que las cargas que normalmente se transmiten a la zapata, se redistribuyan en dichos apoyos

hasta llegar al suelo y la vivienda no sea vea afectada por la intervención a realizar, (también conocido como descargue de zapata).

4.2. Excavación y replanteo del área a intervenir.

Se debe garantizar un espacio adecuado para la ejecución de la obra de reparación, para esto se debe tener en cuenta la ubicación de la zapata teniendo que:

4.2.1. Zapata aislada.

Se podrá excavar (si es necesario), el perímetro total de la zapata, con dimensiones de excavación de 0.80 m y una profundidad de 1 m.

4.2.2. Zapata perimetral.

Se podrá excavar únicamente tres caras de la zapata, puesto que la cuarta cara estará en contacto con la vivienda colindante. Las dimensiones de la excavación serán iguales a la zapata aislada. Sin embargo, no se recomienda realizar la excavación de las tres caras simultáneamente; preferiblemente realizar excavación en la cara lateral donde se encuentre afectado el acero de refuerzo.

4.3. Replanteo.

En el replanteo se debe realizar la delimitación del área a intervenir siendo está mayor a la realmente afectada, sin perder la forma (geometría) originada por la patología; en el caso práctico a ejecutar el replanteo se realizara con puntero y maseta, evitando ángulos rectos y contacto directo con el acero de refuerzo.

4.4. Preparación del sustrato.

Se debe realizar a continuación la preparación del sustrato, para ello se utilizara la técnica de escarificación manual, con un puntero y maseta, esta acción se realizara de adentro hacia fuera, por la delimitación ya realizada en el replanteo,

esta acción se complementara con el saneamiento del sustrato, es decir, realizar la preparación del sustrato hasta localizar concreto en buenas condiciones mecánicas (aspecto) que garantice una adecuada adherencia con el nuevo concreto que se realice en el recalce de la zapata, además de generar un espacio amplio y adecuado de trabajo al momento de realizar la reparación en el acero deteriorado.

4.5. Limpieza del sustrato.

Se deben retirar las partículas del material que se retira de la zapata de cimentación, para generar una mayor adherencia entre los materiales (concreto nuevo y antiguo), además de garantizar condiciones de calidad adecuadas en el área a intervenir, por ello, se retira el material sobrante por medio de aspiración de aire, con ello se retiran las pequeñas partículas y no se genera una afectación mayor en el acero de refuerzo.

4.6. Cambio de acero de refuerzo deteriorado.

Para ejecutar dicha intervención se debe seguir las siguientes actividades:

4.6.1. Limpieza del acero

Se observara el deterioro en la barra de acero y se marcara dicha longitud, posterior a esto se realiza limpieza de la totalidad de la barra acero a la cual tenemos acceso, por medio de lijado manual (lija de hierro para el acero), hasta obtener brillo comercial, especialmente en las zonas sanas del acero.

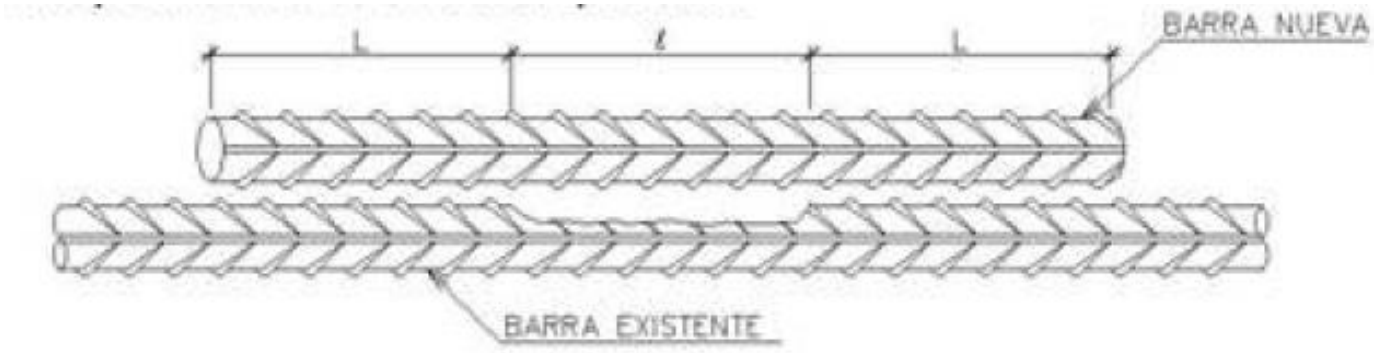
4.6.2. Acciones correctivas

Cuando el acero presenta una afectación se pueden realizar acciones correctivas con cambio total o parcial de la zona afectada, para el caso práctico realizado en este documento se ejecutara:

Reparación por traslapo.

Cuando se tiene una afectación parcial y se realiza traslado de la barra existente con una barra que se encuentre en óptimas condiciones, se debe tener presente las siguientes especificaciones:

- Se asegurara el traslapo con alambre negro N. 12.
- La longitud del traslapo no puede superar 300 mm (30 cm). No se debe realizar traslapo para barras de acero mayores a la No. 36, como lo indica el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente en su capítulo C.12.15.
- La longitud de la barra nueva debe ser 3 veces la longitud del acero que es encuentro en proceso de deterioro, por ejemplo, la longitud del área afectada es de 7 cm, la barra que se traslapara será de 21 cm, y de distribuirá con longitudes iguales.



4.6.2.1. Si el acero de refuerzo expuesto no se encuentra deteriorado y presenta únicamente su capa de pasivación expuesta (oxido superficial), se debe realizar una limpieza del elemento, se recomienda realizar este procedimiento con grata metálica hasta encontrar el brillo comercial de la barra, en busca de mejorar la cohesión con el concreto nuevo y garantizar las propiedades mecánicas del elemento.

4.7. Recubrimiento del área reparada.

De las técnicas planteadas por los diferentes autores, se opta por ejecutar el encofrado y vaciado in situ:

Para la implementación de esta técnica se debe encofrar el área a intervenir para posteriormente colocar el concreto, este encofrado debe garantizar el espacio adecuando para llenar todos los espacios y realizar el vibrado del mismo disminuyendo así el aire atrapado por medio de burbujas. En esta técnica se debe realizar curado por un periodo de 7 días.

CONCLUSIONES

Al iniciar el actual trabajo no se consideraba el alcance ni la disponibilidad de información requerida para el planteamiento teórico y posterior ejecución del trabajo de campo realizado en las instalaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por lo que se generaron unas discrepancias de información teórica con las acciones prácticas, entre ellas, las acciones de apuntalamiento o apeo a realizar en las columnas, puesto que no se identifica teóricamente las diferencias para realizar estos montajes si se cuenta con una zapata medianera, zapata esquinera, zapata corrida, entre otras clasificaciones.

Sin embargo se logra desarrollar un proceso de reparación para una zapata de cimentación medianera y lateral, con acciones de fácil desarrollo y que no generan la implementación de materiales, herramientas y mano de obra con un alto costo, sin que esto altere la calidad, eficiencia y eficacia de los resultados de dicha tarea de reparación.

A pesar de no contar con maquinaria y/o equipos que puedan facilitar el trabajo, se pudo comprobar en campo que siguiendo los pasos que se indican en el manual, la reparación de la zapata puede hacerse en un corto tiempo.

La reparación de una zapata o cualquier elemento estructural de una vivienda o una edificación en general es de vital importancia, debido a que esta podrá hacer mayor su vida útil, además de garantizar la seguridad e integridad de las personas que habiten, frecuenten o estén de paso en esta. Cabe aclarar que la información suministrada en el manual, se podrá ejecutar en viviendas de 1 y 2 niveles, con sistema de cimentación conformado por zaparas aisladas; en el caso donde se requiera la intervención para una vivienda con más niveles (pisos), se debe realizar un estudio de patología, donde se realice una evaluación cualitativa y cuantitativa del inmueble, así mismo, realizar ensayos destructivos y no destructivos (según sea el caso) y de esta manera generar una matriz de soluciones y acciones correctivas para el inmueble evaluado.

BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Ley 1229 (2008) Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10. Bogotá D.C., Colombia. Marzo de 2010. 1625 p.

DRIZORO S.A.U, Productos y Sistemas. Reparación y Rehabilitación de Estructuras de Hormigón. Sistemas para reparación y protección de estructuras. Madrid, España: Drizoro S.A.U, 2013. 12 p. (serie de catálogos soluciones técnicas; no. 6).

GARCIA GAMALLO, Ana María. La evolución de las cimentaciones en la historia de la arquitectura desde la prehistoria hasta la primera revolución industrial. Madrid, España: 1997, 475 pág.

MISTERIO DE CULTURA DE PERÚ, Manual Técnico para Obras Provisionales de Apuntalamiento, Perú, 2011, 148 pág.

MOLINS I BORRELL Climent y SIERRÁ I MARTÍN, Isabel; Fundamental aspects for a structural strengthening design (aspectos fundamentales para el diseño de un refuerzo estructural). Marzo-abril, 2004. vol 55. No. 490. Pág. 39-48.

ROMO PROAÑO MARCELO “Capítulo V Empalmes, anclajes y recubrimiento del acero” Internet: (http://www.cicp-ec.com/pdf/hormigon05.pdf)

OVIEDO SARMIENTO, Ricardo Ramón. Métodos de reforzamiento en edificios de concreto armado (strenthening methods in reinforced concrete buildings).

QUESADA, Gaby; Procedimientos de reparación. En: HELENE PAULO Y FERNANDA PEREIRA, Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón reparación, refuerzo y protección. Segunda edición, Sao Paulo: CYTED, 2003. p. 226-274.

TUMIALAN, Gustavo. Evaluación, Reparación y Rehabilitación de Estructuras de Concreto. Simpsons Gupertz & Heger inc, 2009. 70 p.