



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS I**



**“PROPUESTA DE UN CATÁLOGO DE CONCEPTOS DE REHABILITACIÓN
DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA QUE HAN SIDO SOMETIDAS A
ACCIÓN SÍSMICA”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN INGENIERÍA
CIVIL CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN**

PRESENTA:

GRISEL RAMOS ESPINOSA C111093

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JUAN JOSÉ CRUZ SOLÍS

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; ABRIL DE 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA C-I



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
15 de abril del 2024
Oficio No. F.I.01.668/2024

C. GRISEL RAMOS ESPINOSA
EGRESADA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN
PRESENTE.

Con base en el Reglamento de Evaluación Profesional para los egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas, y habiéndose cumplido con las disposiciones en cuanto a la aprobación por parte de los integrantes del jurado en el contenido de su Tesis Titulada:

"PROPUESTA DE UN CATÁLOGO DE CONCEPTOS DE REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA QUE HAN SIDO SOMETIDAS A ACCIÓN SÍSMICA".

CERTIFICO el **VOTO APROBATORIO** emitido por este jurado, y autorizo la entrega de tesis digital elaborada a través del Programa Institucional para la Obtención del Grado Académico (PIGA), para que sea sustentado en su Examen de grado de Maestra en Ingeniería con Formación en Construcción.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"


DR. OMAR ANTONIO DE LA CRUZ COURTOIS
DIRECTOR



Ccp. Dr. Humberto Miguel Sensebastián García. Coordinador de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Campus I, UNACH.
Archivo/minutario
OACCHMS/Ghosp*



Código: FO-113-05-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Grisel Ramos Espinosa,
Autor (a) de la tesis bajo el título de "Propuesta de un catálogo de conceptos de rehabilitación de estructuras de mampostaría que han sido sometidas a acción sísmica" presentada y aprobada en el año 2024 como requisito para obtener el título o grado de Ingeniería en Ingeniería con formación en Construcción autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 19 días del mes de Abril del año 2024.

Grisel Ramos Espinosa

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

AGRADECIMIENTOS

A Dios:
Por todo lo que soy,
Por ser mi guía y por permitirme
Llegar hasta este punto de mi vida.

A mis padres:
En especial a ellos, por su amor,
Por los valores que me inculcaron,
Porque gracias a ellos he logrado llegar
Hasta aquí y convertirme en lo que soy.
Ha sido un privilegio ser su hija.

A mi prometido:
Por su amor y apoyo incondicional,
Incluso en los momentos más críticos
Por siempre estar a mi lado y motivarme
A terminar este proyecto.

A mis hermanas:
Por siempre estar en los momentos
Importantes de mi vida.
Por escucharme y apoyarme en
Todos mis proyectos. Pero, sobre todo
Por su paciencia, gracias, Chicas.

A mi director de Tesis, Dr. Juan José Cruz Solís:
Por haberme brindado la oportunidad de trabajar con él,
Por tener siempre un espacio en su agenda para mí.
Por su paciencia y por creer en este proyecto.

A mis coordinadores del programa PIGA:
Por compartir sus conocimientos conmigo.
Por apoyarme en cada momento que lo necesité y
Por hacer posible la culminación de la meta deseada.

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación va dirigido a todas las personas que en algún momento de sus estudios o proyectos profesionales requieran consultarlo como una herramienta de investigación, que todo mi esfuerzo sea beneficioso y provechoso, así como me han servido a mí, las tesis consultadas para la elaboración de este trabajo.

En especial dedico esta tesis a la vida que está creciendo dentro de mí, que ha sido el motor que me ha impulsado a terminar esta etapa profesional, espero que, en un futuro, cuando pueda leerla le sirva como inspiración profesional para culminar sus metas deseadas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Planteamiento del problema:	3
Objetivos	4
Objetivo general:	4
Objetivos específicos:	4
Justificación del problema:	4
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	6
1.1 MAMPOSTERÍA	6
1.2 TIPOS DE PIEZAS DE MAMPOSTERÍA	7
1.3 TIPOS DE MAMPOSTERÍA	9
1.3.1 MAMPOSTERÍA SIMPLE	10
1.3.2 MUROS DE DIAFRAGMA	11
1.3.3 MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE	12
1.3.4 MAMPOSTERÍA CONFINADA	14
1.4 TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA	16
1.4.1 REPARACIÓN DE GRIETAS	16
1.4.2 INYECCIÓN	17
1.4.3 RAJUELEO	18
1.4.4 REMPLAZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DAÑADOS	19
1.4.5 ENCAMISADO CON MALLA DE ALAMBRE SOLDADO	20
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	24

2.1 INTEGRACIÓN DEL CATÁLOGO DE CONCEPTOS.....	24
2.1.1 PRECIOS UNITARIOS	25
2.2 PROCESO DE REHABILITACIÓN.....	27
2.3 PROCESO DE REHABILITACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA DE ACUERDO CON LOS LINEAMIENTOS DE LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DE MAMPOSTERÍA.....	28
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1 RESULTADOS.....	33
3.2 COMPARACIÓN CON EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIAS DE UNA CONSTRUCCIÓN NUEVA.....	44
CONCLUSIONES	52
REFERENCIAS:	54

ÍNCIDE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Análisis de precio unitario por metro cuadrado del retiro de recubrimiento dañado existente en muros de mampostería</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 2 Inyección de material epóxico en fisuras menores a 3 mm de espesor ...</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 3 Análisis de precio unitario por metro cubico de la colocación de mortero en fisuras hasta 5 cm</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 4 Análisis de precio unitario por metro lineal de la colocación de cadenas o castillos de concreto $F'c= 150 \text{ kg/cm}^2$</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5 Análisis de precio unitario por metro cuadrado de un aplanado con acabado pulido.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 6 Análisis de precio unitario por metro cuadrado de demolición de muro de mampostería</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 7 Análisis de precio unitario por metro cuadrado de colocación de pintura.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 8 Análisis por metro cuadrado del suministro de pintura</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 9 Catálogo de conceptos de una rehabilitación de muros de mampostería confinada.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 10 Demolición de aplanado de yeso en muro con espesor de 2 cm., promedio.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 11 Mortero cemento arena en proporción de 1:3</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 12 Demolición de muro 15 cm de espesor</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 13 Cadena o castillo de 15x25 cm. de concreto de $F'c=150 \text{ kg/cm}^2$.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 14 Aplanado en muros de mampostería.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 15 Suministro y colocación de pintura.....</i>	<i>49</i>

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Piezas</i>	9
<i>Ilustración 2 Construcción de una estructura de mampostería simple</i>	11
<i>Ilustración 3 Muro diafragma</i>	12
<i>Ilustración 4 Requisitos para mampostería reforzada interiormente</i>	13
<i>Ilustración 5 Requisitos para mampostería confinada</i>	15
<i>Ilustración 6 División de Precio Unitario</i>	26
<i>Ilustración 7 Colocación de castillos</i>	29
<i>Ilustración 8 Colocación de malla</i>	30
<i>Ilustración 9 Aplanado con mortero</i>	31
<i>Ilustración 10 Aplanado Fino</i>	32
<i>Ilustración 11 Detalle para la colocación de malla de alambre soldado</i>	32
<i>Ilustración 12 Comparación de costos entre una rehabilitación y una obra nueva</i>	50
<i>Ilustración 13 Comparación de costos entre una rehabilitación y una obra nueva</i>	50

RESUMEN

El presente proyecto de investigación presenta la elaboración de un manual de técnicas de rehabilitación de muros de mampostería confinada que han sufrido daños por sismos, basadas en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería y un catálogo de conceptos integrado por precios unitarios, elaborados a partir de dicho manual. Para analizar y estudiar las técnicas que se plasmaron en el manual, se realizaron visitas de campo en el año 2018, cuando se comenzaron con los trabajos de rehabilitación correspondientes en el Instituto Sor Juana Inés de la Cruz de la ciudad de Arriaga, Chiapas, cuya edificación había sufrido daños por el pasado sismo del 07 de septiembre de 2017, donde se pudieron observar los procesos constructivos que sirvieron como base para la elaboración del manual y posteriormente la integración del catálogo de conceptos de trabajos. De acuerdo con lo observado y analizado en las visitas de campo, se logró elaborar los conceptos de trabajo que fueron integrados por precios unitarios basados en rendimientos de mano de obra reales y con un estudio de mercado de costos de materiales de la zona del año 2024, esto para obtener precios competentes y justos que se apeguen al tipo de obra que se está realizando. Se presentó en el capítulo de Resultados y discusión una comparación de costos de algunos conceptos de trabajo de una obra de construcción nueva con los obtenidos de las técnicas de rehabilitación de muros de mampostería. De igual forma se plasmaron las conclusiones, que arrojaron la importancia de la integración de los precios unitarios debido a la diferencia notable de costos y el uso que se espera pueda tener en la industria de la construcción; se mencionaron algunas recomendaciones que se sugieren en la elaboración de estos precios unitarios basados en las técnicas de rehabilitación de muros de mampostería confinada.

INTRODUCCIÓN

Al hablar de un sismo que ocurre en un país, no podemos dejar de mencionar los daños tanto humanos como materiales que este causa y el impacto que llega a ocasionar tanto emocional como económico en las personas que lo vivieron. México es considerado un país sísmico, el Servicio Sismológico Nacional reportó 2,294 temblores en enero de 2024 que obtuvieron magnitudes que van desde 1.2 a 5.0 con epicentros en el Océano Pacífico, Jalisco, Chiapas, el Istmo de Tehuantepec, el centro y el norte del país.

La inversión que el gobierno realiza en la reconstrucción después del paso de un sismo es realmente notable, según informó El Universal, se invirtieron más de \$36,000 millones de pesos en reconstrucciones por los sismos del 2017 que afectaron principalmente a Oaxaca, Guerrero, Chiapas y Morelos. Dicho recurso se disipa por medio del programa Nacional de Reconstrucción, el cual otorga subsidios a las comunidades más afectadas, la esencia de este programa recae en conferir el recurso a los pobladores y por medio de una asistencia técnica, ellos ejecutaran la obra de reconstrucción.

Es por eso por lo que la presente investigación pretende realizar un catálogo de conceptos de precios unitarios para la rehabilitación de muros de mampostería confinada que han sufrido daños a causa de sismos basado en las Normas Técnicas Complementarias para evaluación y rehabilitación estructural de edificaciones existentes, con la finalidad de que se integre con precios reales, obtenidos de rendimientos de mano de obra y materiales observados en obra y que los constructores puedan consultarlo para futuros trabajos, el proyecto se realizó en Arriaga, Chiapas en el Instituto Sor Juana Inés de la Cruz, donde se rehabilitaron muros de mampostería confinada que sufrieron daños por el sismo del pasado 7 de Septiembre de 2017.

Planteamiento del problema:

Durante la acción de un sismo de intensidad elevada, es inevitable que se generen grandes pérdidas tanto humanas como daños materiales difíciles de compensar. El grado de destrucción de estos fenómenos naturales es devastador, llevando consigo la destrucción de edificios de gran importancia como lo son edificios residenciales, de patrimonio cultural, escuelas, hospitales, etc.

Según el Servicio Geológico Mexicano, la República Mexicana se encuentra dentro de las regiones sísmicamente más activas de todo el mundo y los estados con mayor sismicidad son Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco; aunque también se ven afectados los estados de Veracruz, Tlaxcala, Morelos, Puebla, Nuevo León, Sonora, Baja California, Baja California Sur y Ciudad de México. “La alta sismicidad del País, es debido principalmente a la interacción entre las placas de Norteamérica, la de Cocos, la del Pacífico, la de la Rivera y la del Caribe, así como fallas locales que corren a lo largo de varios estados, aunque estas últimas menos peligrosas” (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Los sismos con mayor magnitud y más destructivos que se habían registrado a lo largo de la historia de la República Mexicana alcanzaron una magnitud de 8.1 y 7.6 el 19 y 20 de septiembre de 1985 en la Ciudad de México respectivamente. Recientemente el 7 de septiembre de 2017 se vivió un sismo de 8.2 con epicentro en Pijijiapan, Chiapas y el 19 de septiembre ocurrió otro de magnitud 7.1 con epicentro en Axochiapan, Morelos, ambos con alcances similares y son los que más pérdidas han causado.

El sismo del pasado 7 de septiembre ocasionó daños en más de 110 mil inmuebles en la zona del istmo, según lo que informó el Gobierno Federal. (Animal Político, 2017). Ante esta problemática, es necesario que se identifiquen las técnicas que permiten recuperar y mejorar las estructuras dañadas ante la eventualidad de sismos futuros. El presente trabajo de investigación pretende mostrar una serie de métodos de rehabilitación aplicables a edificaciones de mampostería que han sufrido daños estructurales por acciones sísmicas. Así

como también un catálogo de conceptos que permita exponer los precios unitarios reales de una rehabilitación.

Objetivos

Objetivo general:

Diseñar una propuesta de catálogo de conceptos de trabajo a base de precios unitarios para el proceso de rehabilitación de estructuras de mampostería confinada, especialmente cuando han sido sometidas a la acción sísmica en la ciudad de Arriaga, Chiapas.

Objetivos específicos:

- Crear un manual para los constructores de un proceso de rehabilitación de estructuras de mampostería que han sufrido daños a causa de la acción sísmica.
- Analizar y aplicar las herramientas que intervienen en la elaboración de un catálogo de conceptos.
- Usar como un instrumento en el área de costos y precios unitarios.

Justificación del problema:

La relevancia de esta investigación radica en la importante aportación a la ciudadanía acerca de la metodología adecuada para la rehabilitación de edificios que han sufrido daños en la cimentación y estructurales provocados por la actividad sísmica. En cuanto a la disciplina de administración, el presente proyecto permite aplicar la mayoría de los conocimientos de precios unitarios para realizar un catálogo de conceptos que sea incluyente en la rehabilitación de edificaciones.

El Capítulo I menciona los antecedentes de la mampostería, desde los primeros inicios de su uso, el tipo de piezas que la contiene y su clasificación, características de cada tipo, así como la aplicación e importancia que tiene hoy en día en la construcción. Plasma las técnicas sobre su proceso constructivo basadas

en las Normas Complementarias de Mampostería y las técnicas de rehabilitación más utilizadas.

El Capítulo II describe la metodología que se realizó en el presente trabajo de investigación para la elaboración del catálogo de precios unitarios basado en las técnicas de rehabilitación de muros de mampostería confinada que sufrieron daños en el sismo del 07 de septiembre de 2017 en el municipio de Arriaga, Chiapas en el instituto Sor Juana Inés de la Cruz.

El Capítulo III plasma los resultados que se obtuvieron a partir de la elaboración del manual de técnicas de rehabilitación de muros de mampostería confinada y el catálogo de conceptos de trabajo; así como la comparación de los precios unitarios que se elaboraron de una rehabilitación con los de una construcción nueva.

El Capítulo IV se presentan las conclusiones obtenidas a partir de los resultados analizados y algunas recomendaciones para la elaboración de futuros conceptos de trabajo relacionados con una rehabilitación de muros de mampostería confinada.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo pretende contextualizar el uso de la mampostería como el proceso constructivo más utilizado en el país, comienza definiendo el concepto de “mampostería”, plasma su desarrollo histórico y técnico a lo largo de los años, así como sus características y los tipos en los que se divide para su uso en la construcción. Siguiendo con las técnicas de rehabilitación que más se emplean de muros de mampostería cuando han sufrido daño sísmico, basadas en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería.

1.1 MAMPOSTERÍA

Desde la antigüedad el hombre siempre ha buscado materiales que sean viables, que proporcionen mayor comodidad y que sean fáciles de manejar para la construcción de sus viviendas. “Es probable que la mampostería haya sido inventada por un nómada, hace unos 15,000 años, cuando, al no encontrar refugio natural para protegerse de las adversidades de la naturaleza, decidió apilar piedras para formar un lugar donde aguardarse” (Gallegos, et al., 2002).

Se cree que la fabricación de los tabiques hecha por los hombres, que se solía definir como la masa de barro secada al sol y que con el paso del tiempo sustituiría a la piedra en el uso de la mampostería fue a causa de que en algunos lugares no podía encontrarse ese tipo de material. “El vestigio más antiguo se encontró realizando excavaciones arqueológicas en Jericó, en el Medio Oriente” (Gallegos, et al., 2002).

A lo largo de los años en México, la mampostería ha sido uno de los materiales más utilizados en la construcción, se puede observar a simple vista en la consolidación de las edificaciones y esto se debe a gran medida a factores económicos ya que el costo de usar este material es menor que utilizar concreto y acero, pero también están los factores de facilidad, es más rápido el avance en la construcción utilizando mampostería. “La mampostería comenzó a utilizarse fuertemente en México desde la década de 1940, tanto que, hasta en el año 2003,

aproximadamente el 70% de las construcciones en México se identificaron como hechas a base de mampostería” (Brzev y Pérez, 2014).

La mampostería es una técnica en la que consiste en construir muros mediante la colocación manual de materiales como ladrillos, blocks de concreto o rocas (material pétreo). Estos materiales van adheridos por medio de una mezcla hecha de agua, cal o cemento unos con otros, hasta que se obtiene una estructura totalmente sólida. Un buen diseño de muros de mampostería puede resistir cargas de gravedad, sismo y viento.

Debido a la destrucción de edificaciones hechas a base de mampostería simple a causa de sismos en Estados Unidos, Colombia, Italia y China, y el buen comportamiento sísmico de la mampostería reforzada en Nueva Zelanda, Chile, Perú y México, han dado pie a la investigación y a la configuración de diversos métodos de diseño y análisis estructurales en regiones sujetas al alto peligro sísmico.

En algunos países latinoamericanos y europeos, ubicados en zonas con alto y moderado peligro sísmico, se han popularizado con mucho éxito el empleo de multifamiliares de altura media (hasta 5 o 6 pisos) de muros de carga de 120 a 240 mm de espesor, de mampostería reforzada con elementos perimetrales de concreto reforzado (mampostería confinada) o de mampostería con refuerzo interior, diseñados y construidos con base a reglamentos propios que recogen las investigaciones y experiencias realizadas. (Gallegos y Ramírez, 2002).

1.2 TIPOS DE PIEZAS DE MAMPOSTERÍA

Por la materialidad que constituyen las piezas de la mampostería, pueden ser de dos tipos que son piezas artificiales como el ladrillo o naturales como la piedra. En México, todas las piezas usadas en los elementos estructurales de la mampostería deben de cumplir con la Norma Mexicana NMX-404-ONNCCE.

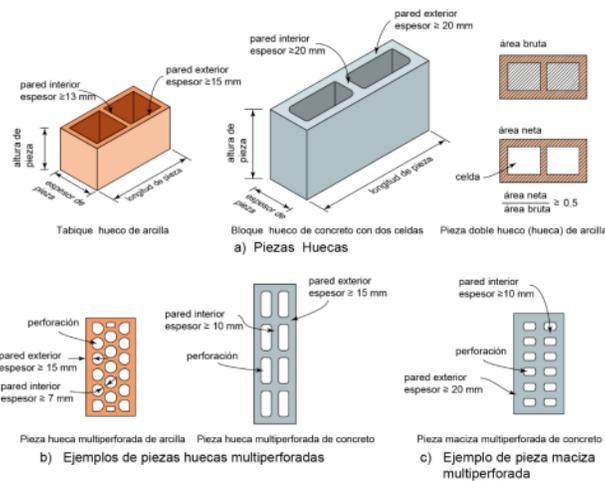
Esta Norma Mexicana establece la clasificación de las piezas conforme su geometría, material y tipo; especifica el área mínima, las dimensiones y tolerancias, la resistencia a la comprensión, la absorción inicial, la absorción total de agua y la contracción por secado de acuerdo con su clasificación; y establece los métodos de ensayo para evaluar estas propiedades. (ONNCCE, 2012).

Gutiérrez Sánchez en su tesis, describe algunas de las piezas de mampostería más utilizadas en la construcción, las cuales se mencionan a continuación:

- Tabique de barro recocido (ladrillo): es una pieza de mampostería con forma de prisma rectangular fabricado de barro, principalmente, sometiéndolos a temperaturas de 750°C a 1300°C, el color, las formas y las propiedades varían de forma considerable entre los distintos tipos.
- Tabique de barro recocidos con huecos verticales: Son aquellas piezas que tienen en su sección transversal desfavorable un área neta de por lo menos 50% del área bruta con un espesor de paredes exteriores no menor de 15 milímetros.
- Bloque de concreto y tabicón: Son piezas elaboradas a base de cemento portland, agua y agregados pétreos, estas unidades de concreto presentan diversidad de formas y tamaños, encontrando piezas perforadas y no perforadas, variando la resistencia de estos por diversos factores como los son: relación agua-cemento, peso de la unidad, tipo de agregado y el proceso de fraguado.

El adobe es la pieza de la mampostería más empleada en el estado de Chiapas adquiriendo su auge durante la época colonial hasta mediados del siglo XX, la construcción a base de adobe en la actualidad está ligada a los sectores de la población más pobre de la entidad por su bajo costo de elaboración. El adobe está constituido principalmente por arcilla, agua y paja. Moldeada en forma de bloques secados al sol. (Gutiérrez, 2014).

Ilustración 1 Piezas



Fuente: (NTC- Mampostería, 2023)

1.3 TIPOS DE MAMPOSTERÍA

La tecnología en los materiales, los sistemas de construcción y las técnicas con el paso del tiempo es cada vez más notable. Pero para la mampostería, la mano de obra sigue jugando un papel muy importante, debido a que el pegado y la colocación de las piezas se realiza a mano y depende mucho de esto el éxito en la estructura.

Los muros según su función estructural se pueden clasificar de la siguiente manera: muros de carga, muros divisorios o no cargadores y muros de diafragma.

- Los muros de carga son empleados como elementos estructurales, soportando cargas verticales (incluido su propio peso) y horizontales, contenidas tanto en su plano como perpendiculares a él. Dentro de esta clasificación se ubican los muros a base de mampostería simple, mampostería confinada y mampostería reforzada interiormente.
- Los muros no cargadores son aquellos en los que se considera un nulo soporte ante cargas verticales. Estos muros son básicamente diseñados para solicitaciones perpendiculares a su plano (sismo o viento, por

ejemplo). Dentro de esta clasificación entran los muros divisorios, pretilas, parapetos y bardas.

- Finalmente, los muros diafragma son los que se encuentran contenidos dentro de un sistema a base de marcos, ya sea de concreto reforzado o acero estructural, y tienen la función de resistir fuerzas horizontales e incrementar la rigidez lateral. (San Bartolomé y Castro, 2003).

1.3.1 MAMPOSTERÍA SIMPLE

Podemos definir a la mampostería simple como las estructuras construidas con piezas de tipo artesanal (tabique de barro) que no cuentan con algún tipo de refuerzo, ya sea en su interior o perimetral. En México con el paso de los años, el uso de la mampostería simple o no reforzada en la construcción ha sido muy común, incluso en las zonas con alta probabilidad sísmica, teniendo como influencia la autoconstrucción. Pero, se ha buscado reducir esto a través del reforzamiento de estructuras.

La susceptibilidad de la mampostería simple para dañarse ante eventos sísmicos es alta y pueden presentarse deterioros severos, ya que no se cuenta con refuerzos de acero y conexiones entre los muros y el piso. En el 2017 las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería prohibieron el uso de la mampostería que no cumpla con ser confinada o reforzada.

Se prohíbe el uso de mampostería simple el uso de mampostería simple o que no cumpla cabalmente con ser confinada o reforzada interiormente, incluyendo los muros de diafragma. Sin embargo, se mantienen expresiones de cálculo para muros de mampostería simple para la revisión de estructuras existentes. El caso de la mampostería de piedra se conservó; es la única mampostería sin refuerzo. (NTC-Mampostería, 2017).

Ilustración 2 Construcción de una estructura de mampostería simple



Fuente: (Ramírez, 2022)

1.3.2 MUROS DE DIAFRAGMA

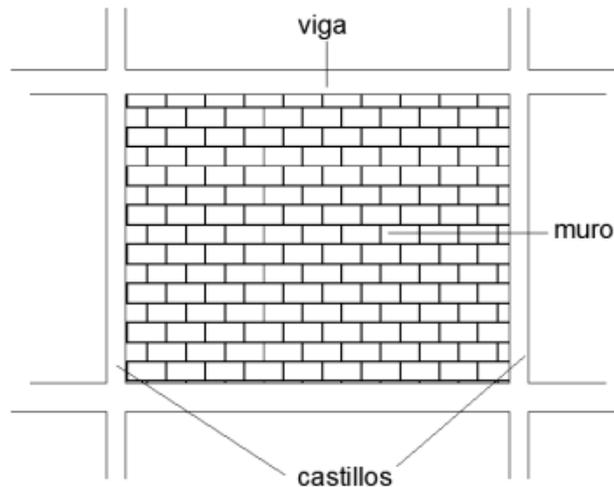
Las NTC-Mampostería (2023) definen a un muro de diafragma como “estructural confinado o reforzado interiormente que se utiliza para cubrir el área limitada por un marco”. Son considerados como muros de relleno dentro de marcos de concreto o acero que, a su vez, dichos marcos son diseñados para resistir cargas gravitacionales. Las piezas que se emplean pueden ser de mampostería maciza o huecas de arcilla o concreto.

Los muros de diafragma pueden ser de mampostería confinada o reforzada interiormente. En la última edición de las Normas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería (2023) se prohíbe el uso de mampostería simple.

No se permite el uso de muros diafragma de mampostería que no sea confinada o que no esté reforzada interiormente. Se ha visto en ensayos experimentalmente que los muros diafragma de mampostería simple puede fallar fuera del plano una vez que se han desarrollado algún tipo de

agrietamiento durante un sismo. El confinamiento o el refuerzo interior reducen la vulnerabilidad del muro por falla fuera del plano y mejora el desempeño de los muros en su plano, (NTC-Mampostería, 2023).

Ilustración 3 Muro diafragma



Fuente: El autor

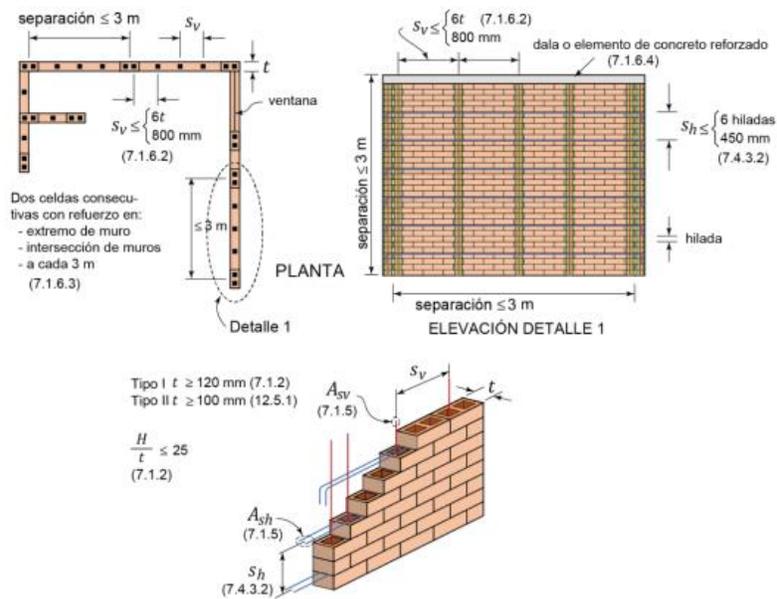
1.3.3 MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE

Este tipo de muros son construidos a base de piezas huecas que en su interior son reforzados con barras de acero de alta resistencia. Estas se colocan de forma vertical dentro de las piezas y de forma horizontal en las juntas de mortero. El uso de esta técnica en México es poco usual, debido a la complicación en su proceso constructivo y la falta de un buen control de calidad. La supervisión del llenado de las piezas y la colocación del acero debe de ser más eficaz a diferencia de los otros métodos, esto para garantizar mejores resultados. Ramírez en su proyecto de investigación plasma que en países como Japón, Canadá y Estados Unidos es la opción más utilizada.

Las NTC- Mampostería (2023) cuentan con una serie requisitos que deben cumplirse para la colocación y el llenado en los muros reforzados interiormente.

Esta Norma pide un mínimo de refuerzo horizontal y vertical, pero, también, la suma de ambas no debe ser menor que una cierta cuantía mínima. Es posible incluir una cuantía horizontal mayor que la vertical y viceversa. Esto puede ser conveniente para ajustar el refuerzo a la forma en que los alambres trabajan a cortante o flexión, según sea el caso. El propósito de las cuantías mínimas, horizontal y vertical, es mantener la carga de agrietamiento a deformaciones inelásticas consistentes con los desplazamientos permisibles de la NTC-Sismo. (NTC-Mampostería, 2023).

Ilustración 4 Requisitos para mampostería reforzada interiormente



Fuente: (NTC-Mampostería, 2023)

1.3.4 MAMPOSTERÍA CONFINADA

Es el sistema constructivo más empleado en México, especialmente para la construcción de viviendas. Se basa en muros de carga hechos a base de piezas macizas o huecas que se encuentran confinados por elementos de concreto y acero en todo su perímetro. Su característica principal radica en el uso de castillos y trabes para el confinamiento. Los materiales que se emplean para la construcción de este tipo de muros son piezas macizas o piezas huecas.

Los castillos y trabes por lo general son del mismo grosor que el muro y forman un marco perimetral que cumple la función de ligar a la losa con los muros. Ramírez Quintero en su tesis menciona las funciones de los elementos de confinamiento en los muros de mampostería confinada:

- Dar continuidad a los muros entre sí y a su vez con los sistemas de entrepiso (losas).
- Brindar mayor capacidad de resistencia, de deformación y de disipación de energía ante fuerzas laterales reversibles, como las inducidas por sismo. (Ramírez, 2022)

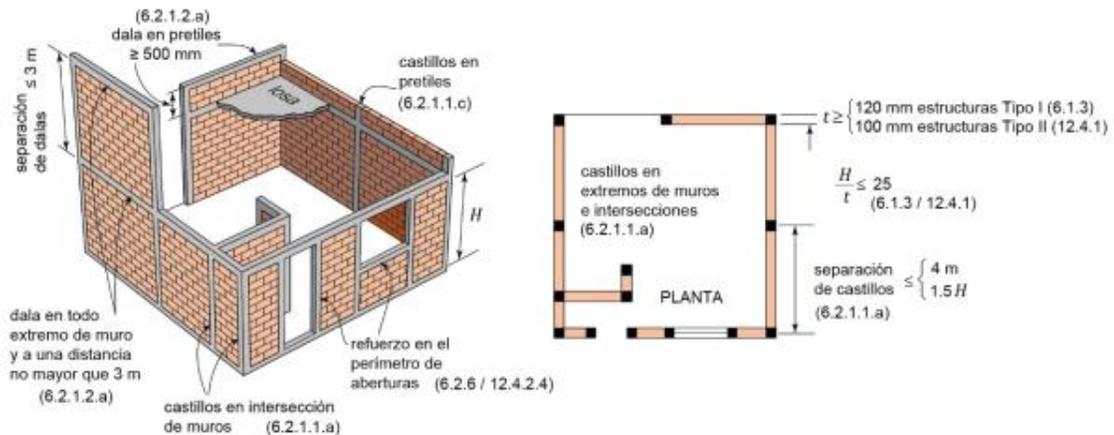
Alguna de las propiedades de la mampostería confinada es la resistencia del muro ante las fuerzas laterales que puedan agrietarlo por tensión diagonal, evitando de esta forma el colapso, al igual que la reserva de carga y capacidad de deformación. Los agrietamientos pueden originarse por diversas razones, ya sea por hundimientos en el terreno, materiales de baja calidad o por un confinamiento mal empleado, para esto las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2023), establecen ciertos requisitos que deben cumplir este tipo de sistema constructivo.

- a) Existirá una dala en todo extremo horizontal de muro, en puntos intermedios a una separación no mayor que 3 m y en el extremo superior de pretilos o parapetos cuya altura sea superior a 500 mm

b) Las dimensiones mínimas de la dala serán de 120 mm de ancho, bc y 150 mm de peralte, hc , a menos que el muro esté ligado a una losa de concreto reforzado con un peralte mínimo de 100 mm, en cuyo caso la dala podrá tener el mismo peralte de la losa. En caso de dalas externas, bc no será menor que t

c) Se aceptará sustituir a la dala de la parte inferior de una abertura o extremo superior de un pretil por los elementos de refuerzo indicados en 6 (NTC-Mampostería, 2023).

Ilustración 5 Requisitos para mampostería confinada



Fuente: (NTC-Mampostería, 2023)

El presente proyecto de investigación basa su análisis en el empleo de este sistema constructivo, la mampostería confinada ya que como se ha mencionado es uno de los más utilizados en el país y se busca que sea de gran aporte para los constructores que lo requieran. Hasta este punto se ha hablado del funcionamiento de la mampostería en la construcción, las piezas que la conforman y los tipos en los que se divide, a continuación, mencionaremos algunas técnicas de rehabilitación de estas cuando han sufrido daños a causa de sismos.

1.4 TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA

Toda técnica de rehabilitación o procedimientos constructivos a realizar para la reparación de muros de mampostería tales como, adicción de elementos de confinamiento, encamisado con mallas y reparación de grietas, deben de regirse por las Normas Técnicas Complementarias para Evaluación y Rehabilitación estructural de Edificaciones Existentes.

Los trabajos de rehabilitación deberán satisfacer las disposiciones en materia de construcción de las Normas correspondientes al material o materiales estructurales de que se trate. El Corresponsable, en su caso, el Director, el Proyectista y el Constructor deberán acordar las especificaciones, procedimientos, métodos, estrategias y materiales para lograr que el Proyecto Ejecutivo de la rehabilitación se construya adecuadamente. Entre ellos se encuentra la participación de empresas especializadas en técnicas de reparación y reforzamiento. (NTC-Rehabilitación, 2023)

1.4.1 REPARACIÓN DE GRIETAS

Cuando se presentan grietas o fisuras en los muros de mampostería, es la clave de que existe un daño, se debe ejecutar una adecuada reparación para evitar que en el futuro con nuevos sismos se formen reiteradamente dichas grietas y puedan generar daños severos. Ramírez (2022) menciona en su investigación de técnicas de rehabilitación de muros de mampostería que la reparación de las grietas consta de cerrar o rellenar las grietas presentes en la mampostería con materiales similares a los originales.

Para la reparación existen dos métodos comunes, la inyección y el rajueleo, el uso de cada uno de ellos depende del tamaño de la grieta que se presente.

1.4.2 INYECCIÓN

Consiste en realizar la inyección introduciendo a presión mediante jeringas o pistolas la resina epoxi de baja viscosidad, una vez que la inyección se termina, se deja que la resina alcance su resistencia.

La NTC-Rehabilitación (2023), sugiere que se deben de cumplir las siguientes recomendaciones durante la inyección:

- a) Las grietas podrán ser inyectadas con resinas epoxi a partir de 0.05 mm hasta 5 mm. Para grietas de mayor espesor que 5 mm se evaluará el caso de lechadas o morteros a base de cemento hidráulico o cementantes epoxi, los cuales tendrán una formulación específica. Se preferirán los morteros hidráulicos de alta resistencia sin contracción
- b) La limpieza de la grieta deberá realizarse con extremo cuidado debido a que el polvo en la grieta evitará la adherencia de la resina a la superficie de la grieta
- c) La formulación de la resina deberá tener una baja viscosidad (aproximadamente de 500 cP)
- d) El sellado de grietas de 0.02 mm se realizará con la misma resina, mientras que si la grieta es mayor se recomienda la utilización de un mortero epoxi. El tiempo de endurecimiento del sellador es de 24 h
- e) Las boquillas a utilizar podrán ser metálicas. Se podrán utilizar boquillas plásticas si el Director y el Corresponsable, en su caso, lo aprueban. Las boquillas se colocarán dependiendo el espesor de la grieta, a una separación máxima de 500 mm entre ellas. La separación se reducirá mientras la grieta sea más profunda
- f) Si es necesario realizar un pequeño orificio que sirva como soporte de la boquilla, se deberá limpiar de todo residuo de concreto o mampostería

- g) La inyección se realizará principalmente con bombas a presiones de entre 0.5 MPa hasta 2 MPa (5 kg/cm² hasta 20 kg/cm²), dependiendo de la viscosidad
- h) No se aceptará la inyección de resinas por medio del método de vacío
- i) En caso de que la superficie permanezca húmeda y no se pueda secar, es necesario contemplarlo al momento de solicitar al fabricante la formulación de la resina epoxi. (NTC-Rehabilitación, 2023).

1.4.3 RAJUELEO

En las estructuras donde el daño es considerado severo con grietas de un ancho mayor de 5 mm se aplica la técnica del rajueleo, que consiste en la sustitución de los materiales dañados por los materiales nuevos. La NTC-Rehabilitación (2023) sugiere que las piezas que se remplacen por otras sean con características mecánicas y de dimensiones similares. La buena ejecución de esta técnica será clave para la determinación de su eficiencia.

Algunas recomendaciones que plasma Ramírez (2022) en su proyecto de investigación sobre esta técnica al momento de la ejecución son las siguientes:

Debe vigilarse que exista una buena adherencia entre los materiales existentes y los nuevos. Las rajuelas deben acuñarse y pegarse con mortero tipo I. Es necesario humedecer las superficies que estarán en contacto con el mortero antes de colocarlo. Es recomendable utilizar fibra de vidrio de polipropileno o algún aditivo estabilizador de volumen en el mortero de pega para controlar los cambios volumétricos y la contracción por secado que pueda sufrir.

1.4.4 REMPLAZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DAÑADOS

Los castillos que son los elementos estructurales de confinamiento vertical y las trabes los elementos horizontales de carga en un muro, por lo general ambos son propensos a sufrir daños en los sismos al igual que la mampostería, esto debido a la resistencia que aportan a la estructura ante alguna fuerza incidente.

Cuando se desea rehabilitar una estructura que no cuenta con elementos de confinamiento (mampostería simple) o que los elementos que posee no presentan las características adecuadas para brindar un buen funcionamiento a esta, se necesita considerar la adición o remplazo de estos elementos dentro de un proyecto de rehabilitación.

Para el proceso de adición o remplazo de elementos estructurales como castillos y dalas la NTC-Rehabilitación (2023), sugiere el siguiente método:

- a) Para nuevos castillos: se deberá colocar el concreto del castillo por capas. Se recomienda construir el castillo por mitades para asegurar una buena compactación del concreto y, así, evitar oquedades. Si no se construye una dala, se deberá anclar el refuerzo longitudinal del castillo en la losa, ya sea atravesándola para darle continuidad en la altura, o mediante un dobles estándar a 90 grados.
- b) Para nuevas dalas: apuntalar el sistema de piso. Retirar el número de hiladas para lograr un peralte de la dala de 140 mm. Preparar la cara inferior de la losa que estará en contacto con el nuevo concreto de la dala. Colocar el acero de refuerzo longitudinal de la dala que se anclará en la unión con el castillo. Colocar el concreto a través de ranuras en la losa, usando una cimbra con resbaladilla (NTC- Rehabilitación, 2023).

1.4.5 ENCAMISADO CON MALLA DE ALAMBRE SOLDADO

La técnica de encamisado con malla de alambre soldado es el método más utilizado y estudiado en México desde hace años, se ha demostrado su eficiencia mediante ensayos realizados en laboratorios. Su principal objetivo es aumentar la sección transversal de un muro de mampostería mediante la colocación de esta cubierta con mortero de cemento o de concreto que se coloca de manera manual.

Algunos de los objetivos de este método los menciona Ramírez (2023) en su investigación, las cuales son las siguientes:

- Incrementar la resistencia a fuerza cortante
- Aumentar la capacidad de deformación inelástica
- Aumentar la rigidez
- Incrementar la capacidad a flexocompresión del muro cuando se añaden castillos en los extremos para anclar malla. (Ramírez, 2023).

Desde hace años se han estudiado ensayos mediante laboratorios de esta técnica de encamisado con malla de alambre soldado para comprobar su eficiencia. A continuación, se mencionan algunos programas experimentales de los que se tienen conocimiento en la aplicación de esta técnica, mencionados por Ramírez (2023) en su proyecto:

Ruíz, Sánchez, Alcocer (1995): Como continuación de un programa de investigación sobre la seguridad estructural de la vivienda económica de México, se llevó a cabo el ensayo destructivo de una estructura tridimensional de dos niveles a escala real que fue construida a base de mampostería confinada con piezas macizas de barro recocido. El modelo original (Sánchez y Alcocer, 1993) fue ensayado hasta presentar un agrietamiento por cortante considerable. El modelo fue rehabilitado con malla de alambre soldado y mortero hasta llevarse a la falla. Variables como la cuantía y densidad del acero de refuerzo fueron consideradas para demostrar el incremento en la capacidad ante cargas laterales. Se concluyó que la técnica de rehabilitación permitió recuperar 2/3 de la rigidez inicial.

Tanto en el espécimen original como en el rehabilitado, la resistencia ante cargas laterales calculada en ese momento con la normatividad vigente (DDF, 1993) y considerando un factor de resistencia unitario, fue separada por la obtenida en los ensayos de laboratorio en 1.36 y 2.33 veces, respectivamente. En términos de la capacidad de desplazamiento, se observó que la participación de los alambres horizontales de la malla permitió al modelo de rehabilitación incrementar la capacidad de desplazamiento.

La NTC-Rehabilitación (2023) menciona el siguiente proceso que se debe de seguir para la colocación de la malla de alambre soldado:

- a) Se podrá encamisar el muro por una o dos caras
- b) Las mallas de alambres soldado deberán ser fijadas a los castillos - extremos e intermedios- y a las dalas (en caso de que estos elementos existan o se inserten) mediante anclajes. Se podrán usar clavos, anclas, grapas, estribos abiertos o cualquier otro conector que permita fijar la malla y transmitir la fuerza cortante. Si se usan conectores expansivos o adhesivos (anclas), se deberán satisfacer los requisitos de 9.5 de esta Norma. Se acepta que las anclas tengan forma de L. Si se usan grapas o estribos abiertos, sus dobleces a 135 grados deberán abrazar las barras longitudinales del castillo existente. La separación máxima entre conectores, a lo largo de castillos y dalas, será de 450 mm.
- c) Se usará una densidad mínima de 9 anclajes/m². Las mallas de calibre pequeño (8 y 10) pueden fijarse con clavos de 50 mm de longitud, colocados manualmente con martillo
- d) La separación máxima de conectores, en sentidos horizontal y vertical, será de 450 mm. Si se considera que las piezas son de mala calidad, la separación se puede reducir a 250 mm cuando se esté utilizando malla de calibre pequeño (8 o 10); cuando se utilice un mayor calibre (calibre 4 o diámetros de 6.4 mm) se deberán considerar clavos de 51 mm de longitud

con arandela, instalados mediante cargas explosivas de potencia controlada

e) La malla deberá rodear ambos bordes verticales del muro (o castillos, en caso de que estos elementos existan), así como los bordes de las ventanas o aberturas que éste tenga

f) Si la malla sólo se coloca en una cara del muro, la malla deberá rodear los extremos del muro, así como extenderse al menos dos veces la separación entre alambres transversales y anclarse a la mampostería

g) En caso de que la malla no pueda ser doblada y anclada alrededor de los bordes laterales del muro, de las aberturas o las ventanas, se deberá colocar un refuerzo en forma de U hecho con malla de calibre no inferior a 10 (3.43 mm de diámetro) que sea traslapado con la malla principal en una zona donde los esfuerzos en los alambres de la malla sean bajos. El Proyecto Ejecutivo, en especial los planos, incluirán los detalles de traslapes

h) Si se encamisa el muro por ambas caras, se deberá considerar la instalación de conectores, en forma de grapas o estribos de alambón que atraviesen el espesor del muro para poder fijar las mallas en ambos lados. Para esto, es necesario perforar el muro, colocar el elemento de acero y rellenar el espacio libre del agujero con mortero epoxi o hidráulico de alta resistencia. Alternativamente se aceptará el uso de clavos o fijadores colocados en cada cara de manera independiente

i) El refuerzo del encamisado del muro se deberá continuar en los muros ortogonales, al menos una distancia igual a cuatro veces la separación entre alambres verticales. Si no se puede doblar la malla, se deberá colocar un refuerzo en forma de L hecho con malla de calibre no inferior a 10 (3.43 mm de diámetro) que sea traslapado con la malla principal

j) Cuando en el proyecto de rehabilitación se contemple la necesidad de extender el refuerzo hasta la cimentación, se deberán ranurar las zapatas. Las dimensiones de las ranuras serán suficientes para poder colocar el

armado del encamisado y el mortero o concreto. Las ranuras se deberán limpiar de cualquier material que impida la adhesión del mortero o concreto de la camisa con el cimiento. Se recomienda que la ranura tenga distintas profundidades a lo largo del muro, de modo de formar una llave de corte para incrementar la resistencia a cortante por deslizamiento. Finalmente, se deberá impermeabilizar el encamisado. (NTC-Rehabilitación, 2023).

Se han mencionado las técnicas más utilizadas en México de rehabilitación para muros de mampostería, se han realizado estudios y análisis para aprobar a cada una de ellas y existe una serie de Normativas que se deben de cumplir al momento de ejecución del Proyecto de rehabilitación. Pero no existen trabajos que integren un catálogo de conceptos de precios para estos procesos constructivos, con datos reales, observados y analizados en obra, que incluyan los rendimientos de mano de obra en una reconstrucción.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación pretende integrar un catálogo de conceptos de un proceso de rehabilitación de muros de mampostería que han sido sometidos a una acción sísmica basado en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, para ello se empleó una metodología cuantitativa en la que se realizaron visitas de obra a un institución educativa, Colegio Sor Juana Inés de la Cruz de la Ciudad de Arriaga, Chiapas, donde se pudo observar y analizar el proceso de rehabilitación en muros de mampostería que sufrieron daños estructurales en el Sismo del 7 de Septiembre de 2017, lo que permitió hacer anotaciones sobre los rendimientos de mano de obra, los materiales y equipo que se utilizaron, para posteriormente hacer el análisis de precios unitarios con datos reales de obra.

2.1 INTEGRACIÓN DEL CATÁLOGO DE CONCEPTOS

La necesidad de contar con un catálogo de conceptos que cubra los elementos de construcción tanto en las empresas gubernamentales o empresas particulares donde se realizan construcciones importantes y repetitivas, es absoluta. Debido a que gracias a estos conceptos se puede conocer de manera muy aproximada el importe de una obra y tener un mejor control de esta.

El catálogo está integrado por conceptos de trabajos, que se definen como “el conjunto de operaciones manuales y mecánicas que el contratista realiza durante la ejecución de la obra, de acuerdo con las especificaciones, divididos convencionalmente para fines de medición y pago” (Ramos, 1991).

Siguiendo con Ramos las especificaciones de un concepto deben incluir las siguientes definiciones:

1. Descripción del concepto
2. Mediciones para fines de pago
3. Cargos que incluyen los precios unitarios. (Ramos, 1991).

El diseño de un catálogo de conceptos debe llenar los siguientes requisitos (Ramos, 1991):

1. Comprender un gran porcentaje de los conceptos que realiza la empresa
2. Ser fácilmente accesible (manejable)
3. Tener relación directa con las especificaciones técnicas
4. Describir de forma accesible y económica los alcances o elementos que cubre el precio unitario.
5. Teniendo en cuenta que los Precios Unitarios obedecen a un análisis para la cual es necesario actualizar frecuentemente los costos del mercado, es conveniente que la organización del catálogo pueda ser fácilmente manejada por una computadora.
6. Prever que el Catálogo pueda ser utilizado para otros fines, tales como control de estimaciones, control de avance, subcatálogo de cuentas, estadísticas de consto, etc. (Ramos, 1991)

Un catálogo de conceptos está compuesto por precios unitarios, que cambian con frecuencia por lo que se debe editar constantemente, esto por razones de economía y de utilización en presupuestos.

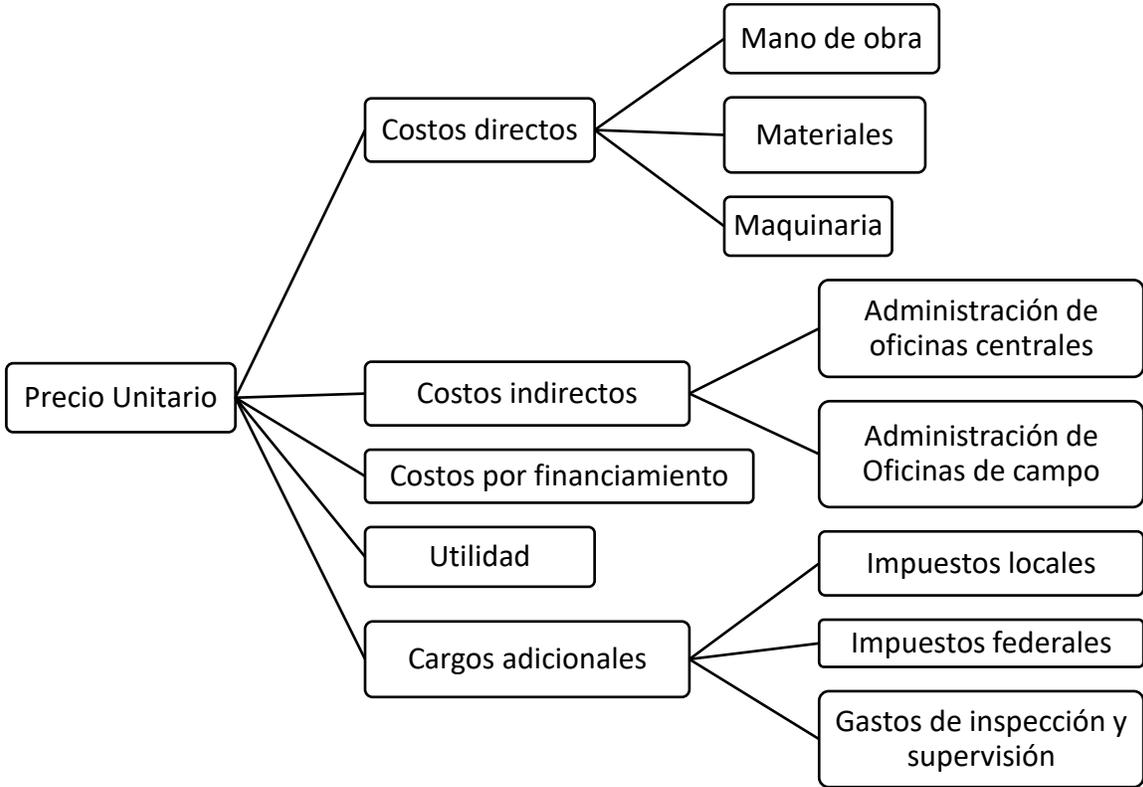
2.1.1 PRECIOS UNITARIOS

En la construcción, “un precio unitario se refiere al importe del pago total que debe cubrirse al contratista por unidad de concepto terminado y ejecutado” (SFP, 2014). Para la integración de este se requiere de conocimiento técnico de la obra a realizar y de la normativa vigente por parte del analista. Esto servirá para que se pueda evaluar el rendimiento de la fuerza de trabajo y del equipo que intervienen en cada concepto.

El cálculo, integración y análisis de los precios unitarios para una obra específica, deberá tener congruencia con el proceso constructivo o la metodología de ejecución de los trabajos con el programa de ejecución. Se debe de tomar en cuenta los costos vigentes de los materiales, los recursos humanos, así como los insumos necesarios y el lugar en donde se ejecutarán los trabajos, todo lo anterior sin considerar el impuesto del valor agregado.

Los cargos que integran a un precio unitario de acuerdo con la normativa o Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las misas son los siguientes (SFP, 2014):

Ilustración 6 División de Precio Unitario



Fuente: El autor

2.2 PROCESO DE REHABILITACIÓN

Los procesos constructivos en una obra se pueden definir como los pasos a seguir para la construcción de una edificación en un determinado tiempo. “Están, en general, poco estudiados, y esto lleva a un gran desperdicio de recursos, tanto humanos como materiales, a un incremento innecesario de los riesgos y a una calidad inadecuada del producto final, en nuestro caso la obra de edificación” (Martí, 2002 en Novas 2010).

Los tres factores importantes que influyen en un proceso constructivo son: la mano de obra, los materiales y la maquinaria. De la mano de obra depende el rendimiento y la rapidez de la ejecución de los trabajos, esta es estimada de acuerdo con el proceso constructivo que se usará y se considera en la planificación. La maquinaria de igual forma depende del proceso constructivo que se empleara en la ejecución de la obra, el objetivo de usar equipo o maquinaria es que reduce los tiempos de trabajo. “La elección del material está condicionada por los siguientes factores: cualidades estéticas apropiadas, aptitud para el trabajo que ha de soportar, resistencia a los agentes agresivos y el costo, hasta quedar recibido en obra (Nova, 2010).

La metodología que se utilizó en la presente investigación fue del tipo cuantitativa, en la que se realizaron diversas visitas de campo a una obra de rehabilitación de muros de mampostería en el año 2018, en donde se observó el proceso que se empleó para dicha rehabilitación y con esto se analizaron los conceptos de obra que lo comprende, incluyendo los rendimientos de mano de obra y la cantidad de materiales que se utilizaron, obteniendo datos reales.

A continuación, se describe el proceso de rehabilitación de muros de mampostería que se realizó en el Colegio Sor Juana Inés de la Cruz de la ciudad de Arriaga, Chiapas debido a daños estructurales que sufrieron sus edificios por el Sismo del pasado 7 de septiembre de 2017.

2.3 PROCESO DE REHABILITACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA DE ACUERDO CON LOS LINEAMIENTOS DE LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DE MAMPOSTERÍA

Las Normas técnicas complementarias ofrecen en el capítulo de evaluación y rehabilitación estructural de edificios ya existentes un procedimiento convencional que consta de las siguientes etapas:

1. Retiro de aplanado con medios mecánicos y manuales.

El primer paso por realizar en una reparación de muros de mampostería es retirar ya sea con medios mecánicos o manuales el aplanado en toda la superficie, con el fin de obtener un procedimiento adecuado para esta técnica.

2. Limpieza y preparación de la superficie.

Se tiene que vigilar que se retiren en su totalidad los residuos del aplanado anterior y dar rugosidad a la superficie expuesta de los ladrillos, esto para tener una buena adherencia entre la mampostería y el recubrimiento de concreto.

3. Fisuras y Grietas (reparación)

En los muros de mampostería, las fisuras y las grietas se originan por vibraciones, corrosión y principalmente por asentamientos en la construcción.

- a) Fisuras existentes (menores a 3 mm)

Al encontrar fisuras en nuestra zona de reparación, se procede a realizar una limpieza detallada en estas, removiendo el polvo, todo con la finalidad de prepararlas para continuar con la inyección de resina. Para la aplicación de dicha resina es necesario taladrar a cada 30 cm y colocar las boquillas. Se recomienda inyectar un epóxico de viscosidad media.

- b) Grietas existentes (hasta 5 cm)

Al igual que con las fisuras, se realiza una previa limpieza y retiro de residuos y fragmentos de ladrillos y mortero. Después se aplica un relleno con concreto de agregado fino.

4. Colocación de castillos y cadenas faltantes.

Para la colocación de nuevos castillos se recomienda realizar los siguientes pasos:

- 1.- Preparar el borde vertical del muro que estará en contacto con el concreto del nuevo castillo.
- 2.- Realizar dos anclajes de varillas, uno en la losa inferior (cimentación) y el otro a la losa superior (cadena superior).
- 3.- Habilitar la cimbra para el colado
- 4.- Colocar e concreto, se recomienda que sea por capas para asegurar una buena compactación del concreto.
- 5.- Proseguir con los procedimientos de fraguado

Ilustración 7 Colocación de castillos



Fuente: El autor.

5. Colocación de malla electrosoldada (66-44).

El montaje de la malla se realiza con 5 anclajes por metro cuadrado, se barrena de lado a lado con un gancho de alambón y calce de varilla de 3/8'' de 5 cm para profundidad.

De igual forma, se realizan anclajes con varillas de 3/8'' y epóxico en la base y cabeza del muro a cada 45 cm con una longitud de ancla de 30 cm.

Finalmente se adicionan al número de anclajes en la superficie del muro, anclas sobre la líneas y castillos a cada 45 cm, pasando ganchos de alambón y aplicación de epoxi. Asegurándonos que la malla rodee los castillos, cadenas y bordes de ventanas y puertas.

Ilustración 8 Colocación de malla



Fuente: El autor

6. Aplanado

Al tener instalada la malla, lo que resta por realizar es la aplicación del mortero (mezcla a base de agua, arena y cemento) para el recubrimiento, con un espesor de no más de 3 cm.

El acabado del aplanado del muro es al gusto del cliente. Puede ser un acabado fino o pulido en la que la superficie es lisa, suave y sin bordes o un acabado rústico que consiste en presentar una superficie rugosa que generalmente se usa en exteriores. Se recomienda por seguridad para casos de instituciones educativas, optar por un acabado fino.

Ilustración 9 Aplanado con mortero



Fuente: El autor

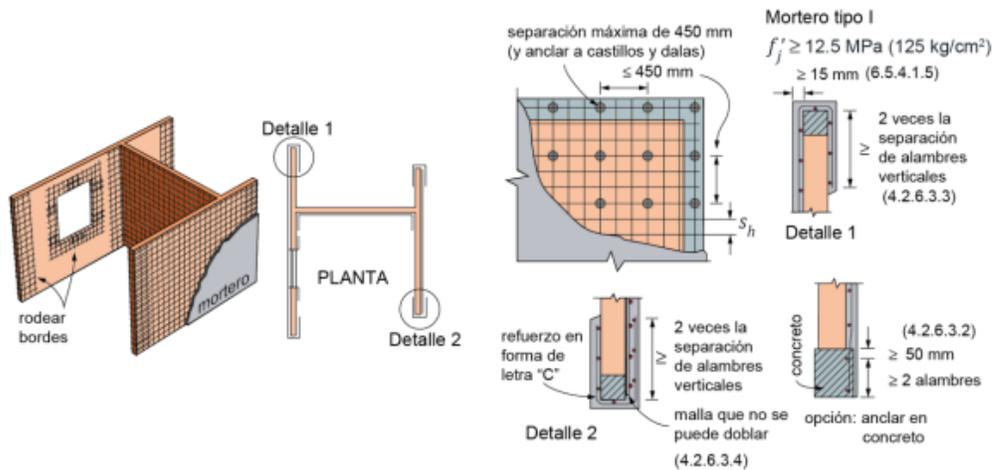
Ilustración 10 Aplanado Fino



Fuente: El autor

En las siguientes figuras se muestran las etapas más importantes arriba descritas

Ilustración 11 Detalle para la colocación de malla de alambre soldado



Fuente: (NTC-Mampostería, 2023)

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los parámetros más importantes a considerar en un obra de rehabilitación sísmica es el costo, el presente proyecto de investigación plasma en este apartado los conceptos de trabajo integrados a base de precios unitarios para posteriormente organizar un catálogo de obra, estos fueron obtenidos a través del proceso de rehabilitación de muros de mampostería confinada de acuerdo con los lineamientos de las Normas Técnicas Complementarias de Mampostería, expuesto en el capítulo de metodología, de igual forma se realizó una comparación con conceptos de trabajo de una construcción nueva de muros de mampostería para analizar la diferencia de costos entre estos.

3.1 RESULTADOS

Cada concepto de trabajo se encuentra integrado por rendimientos de mano de obra reales, los cuales se observaron y calcularon en las visitas a la Institución en el momento de la ejecución de la rehabilitación, en el cálculo de costo de mano de obra se consideró la tabla de salarios mínimos del 2024 por zona geográfica que son emitidos por el consejo de Representantes de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos, tomando en cuenta la ubicación en Chiapas.

De la tabla 1 al 8 se encuentran los resultados de los conceptos de trabajo por metro integrados por precios unitarios por cuadrado del proceso del proceso de Rehabilitación de muros de mampostería confinada.

Tabla 1

Análisis de precio unitario por metro cuadrado del retiro de recubrimiento dañado existente en muros de mampostería

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Retiro y limpieza de muros dañados (m2)					
Retiro de recubrimiento dañado existente en muros de mampostería empleando métodos manuales mecánicos de bajo impacto. Incluye: limpieza posterior del muro con cepillos de alambre y aire comprimido, acarreo a 20 metros, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.					
MATERIALES					
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
Subtotal de materiales				\$0.00	0%
MANO DE OBRA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
1 Oficial albañil	Jor	0.20	\$287.17	\$57.43	55.94%
1 Peón	Jor	0.20	\$217.10	\$43.42	34.97%
Subtotal de mano de obra				\$100.85	91.18%
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Concepto	Unidad	Cantidad	C.H	Importe	%
Herramienta menor	%	0.04	\$97.50	\$3.90	3.64%
Andamios	%	0.04	\$97.50	\$3.90	3.64%
Equipo de seguridad	%	0.02	\$97.50	\$1.95	1.81%
Subtotal de equipo y herramienta				\$9.75	8.82%
Costo directo					\$110.60
Costo indirecto	16%			\$17.70	
			Subtotal		\$128.30
Utilidad	10%			\$11.06	
			Subtotal		\$139.36
Cargos adicionales	0.05%			\$5.53	
Costo total m2					\$155.95

Tabla 2

Inyección de material epóxico en fisuras menores a 3 mm de espesor

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Inyección de material epoxi (ml)					
Inyección de material epóxico en fisuras menores a 3 mm de espesor mediante métodos manuales. Incluye: Limpieza de fisuras, preparación de boquillas de entrada de epoxi, preparación de boquillas de inspección de salida de epoxi, material epoxico fluido marca fester, limpieza de la zona, mano de obra, herramienta menor y todo lo necesario para su correcta ejecución.					
MATERIALES					
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
Adhesivo epóxico	Lt	0.15	\$1,278	\$191.70	53.99%
Subtotal de materiales				\$191.70	53.99%
MANO DE OBRA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
1 Oficial albañil	jor	0.30	\$287.17	\$86.15	24.26%
1 Peón	jor	0.30	\$217.10	\$65.13	18.34%
Subtotal de mano de obra				\$151.28	42.60%
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
Herramienta menor	%	0.03	\$151.28	\$4.54	1.28%
Andamios	%	0.03	\$151.28	\$4.54	1.28%
Equipo de seguridad	%	0.02	\$151.28	\$3.03	0.85%
Subtotal de equipo y herramienta				\$12.10	3.41%
Costo directo					\$355.08
Costo indirecto	16%			\$56.81	
			Subtotal		\$411.90
Utilidad	10%			\$41.19	
			Subtotal		\$453.09
Cargos adicionales	0.05%			\$17.75	
Costo total ml					\$470.84

Tabla 3

Análisis de precio unitario por metro cubico de la colocación de mortero en fisuras hasta 5 cm

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Colocación de mortero (m3)					
Suministro y colocación de mortero 1:3 en fisuras de hasta 5 cm. Incluye: limpieza y retiro de residuos y fragmentos de ladrillos y mortero, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.					
MATERIALES					
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
Arena de mina	M3	1.15	\$130	\$149.50	7.86%
Cemento (Gris) Portland tipo II	TON	0.40	\$4,051.72	\$1,620.69	85.19%
Agua de toma	M3	0.30	\$30	\$9.00	0.47%
Subtotal de materiales				\$1,779.19	93.52%
MANO DE OBRA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
1 Oficial albañil	jor	0.22	\$287.17	\$63.18	3.32%
1 Peón	jor	0.22	\$217.10	\$47.76	2.51%
Subtotal de mano de obra				\$110.94	5.83%
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
Herramienta menor	%	0.04	\$123.50	\$4.94	0.26%
Andamios	%	0.04	\$123.50	\$4.94	0.26%
Equipo de seguridad	%	0.02	\$123.50	\$2.47	0.13%
Subtotal de equipo y herramienta				\$12.35	0.65%
Costo directo					\$1,902.48
Costo indirecto	16%			\$304.40	
			Subtotal		\$2,206.87
Utilidad	10%			\$190.25	
			Subtotal		\$2,397.12
Cargos adicionales	0.05%			\$95.12	
Costo total m3					\$2,492.25

Tabla 4

Análisis de precio unitario por metro lineal de la colocación de cadenas o castillos de concreto $F'c= 150 \text{ kg/cm}^2$

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Cadena o Castillo (M)					
Cadena o castillo de concreto $F'c= 150 \text{ kg/cm}^2$ de 15 x 25 cm. Armado con 4 varillas No. 3, estribos No.2 a cada 20 cm. Con cimbra de madera de pino de 3A. Incluye: Habilitado, cimbrado, descimbrado, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución					
MATERIALES					
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
Varilla del No. 3, 0.557 kg/m	kg	2.23	\$22.58	\$50.31	4.25%
Varilla del No.2, 0.248 kg/m	kg	1.20	\$34.48	\$41.38	3.50%
Alambre recocido cal.16	kg	0.14	\$38.79	\$5.43	0.46%
Duela de pino de 3a de 3/4x3/8" (0.019x0.10x2.44 m)	Pza	3.27	\$80.51	\$263.27	22.26%
Clavos para madera de 1 1/4 (1320 pzas/kg) Caja de 25 kg	Pza	0.07	\$55.60	\$3.89	0.33%
	Pza	0.23	\$65	\$14.95	1.26%
Barrote de pino de 3a de 1 1/2x3 1/2x8'	Pza	0.24	\$102.58	\$24.62	2.09%
Polin de pino de 3a de 3 1/2x3 1/2x8'	Pza	0.1	\$30	\$3.00	0.25%
Clavos para madera de 2 1/2 (260 pzas/kg) caja de 25 KG	Pza	0.1	\$30	\$3.00	0.25%
Agua de toma	M3	0.08	\$30	\$2.40	0.20%
Diesel	Lt	0.3	\$21.36	\$6.41	0.54%
Cemento Gris	TON	0.09	\$4,051.72	\$364.65	30.83%
Arena	M3	0.31	\$130.00	\$40.30	3.41%
Grava	M3	0.38	\$428.57	\$162.86	13.77%
Subtotal de materiales				\$983.46	83.15%
MANO DE OBRA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
1 Oficial albañil	jor	0.35	\$287.17	\$100.51	8.50%
1 Peón	jor	0.35	\$217.10	\$75.99	6.42%
Subtotal de mano de obra				\$176.49	14.92%

EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
Herramienta menor	%	\$227.50	0.04	\$9.10	0.77%
Andamios	%	\$227.50	0.04	\$9.10	0.77%
Equipo de seguridad	%	\$227.50	0.02	\$4.55	0.39%
Subtotal de equipo y herramienta				\$22.75	1.93%
Costo directo					\$1,182.71
Costo indirecto	16%			\$189.23	
			Subtotal		\$1,371.94
Utilidad	10%			\$118.27	
			Subtotal		\$1,490.21
Cargos adicionales	0.05%			\$59.14	
Costo total ml					\$1,549.35

Es importante señalar que para este concepto se tomó en cuenta la colocación de cadenas o castillos faltantes en los muros de mampostería; es decir, la inserción de dichos elementos estructurales, lo cual requiere de una serie de pasos más en el proceso constructivo, lo que se vuelve más complicado a la hora de la ejecución y el rendimiento de la mano de obra disminuye a comparación de una construcción nueva.

Tabla 5

Análisis de precio unitario por metro cuadrado de un aplanado con acabado pulido

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Aplanado de muro (m2)					
Aplanado acabado pulido sobre muros, con mezcla cemento arena en proporción de 1:5, incluye: suministro de materiales, acarreos, andamios, limpieza, mano de obra, equipo y herramienta.					
MATERIALES					
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
Arena de mina	M3	0.04	\$130	\$5.20	2.11%
Cemento (Gris) Portland tipo II	TON	0.03	\$4,051.72	\$121.55	49.27%
Agua de toma	M3	0.30	\$30	\$9.00	3.65%
Subtotal de materiales				\$135.75	55.03%
MANO DE OBRA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
1 Oficial albañil	jor	0.20	\$287.17	\$57.43	23.28%
1 Peón	jor	0.20	\$217.10	\$43.42	17.60%
Subtotal de mano de obra				\$100.85	40.88%
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
Herramienta menor	%	0.04	\$100.85	\$4.03	1.63%
Andamios	%	0.04	\$100.85	\$4.03	1.63%
Equipo de seguridad	%	0.02	\$100.85	\$2.02	0.83%
Subtotal de equipo y herramienta				\$10.09	4.09%
Costo directo					\$246.69
Costo indirecto	16%			\$39.47	
			Subtotal		\$286.16
Utilidad	10%			\$24.67	
			Subtotal		\$310.83
Cargos adicionales	0.05%			\$12.33	
Costo total m2					\$323.17

Tabla 6

Análisis de precio unitario por metro cuadrado de demolición de muro de mampostería

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Demolición de muro (m2)					
Demolición de muro 15 cm, de espesor, de mampostería a mano con marro , incluye: cadenas y castillos, mano de obra, acarreo a 20 m, andamios, equipo y herramienta.					
MATERIALES					
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
Subtotal de materiales				\$0.00	0%
MANO DE OBRA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
1 Oficial albañil	jor	0.30	\$287.17	\$86.15	55.94%
1 Peón	jor	0.30	\$217.10	\$65.13	34.87%
Subtotal de mano de obra				\$151.28	90.91%
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
Herramienta menor	%	0.04	\$151.28	\$6.05	3.64%
Andamios	%	0.04	\$151.28	\$6.05	3.63%
Equipo de seguridad	%	0.02	\$151.28	\$3.03	1.82%
Subtotal de equipo y herramienta				\$15.13	9.09%
Costo directo					\$166.41
Costo indirecto	16%			\$26.63	
			Subtotal		\$193.03
Utilidad	10%			\$16.64	
			Subtotal		\$209.68
Cargos adicionales	0.05%			\$8.32	
Costo total m2					\$218.00

Tabla 7

Análisis de precio unitario por metro cuadrado de colocación de pintura

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Pintura en muro (m2)					
Pintura vinil acrilica marca COMEX (Vinimex) en muros de moretro. Incluye: Preparación de superficie, rebabear, sellador vinilico 5x1 de COMEX, a dos manos de pintura, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución					
MATERIALES					
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
Pintura Vinimex (Cub 19 Lt.)	Pza	0.02	\$3,900	\$78.00	34.43%
Sellador vinilico 5x1 (Cub. 19 Lt.)	Pza	0.003	\$2,653	\$7.96	3.51%
Agua de toma	m3	0.30	\$30	\$9.00	3.98%
Subtotal de materiales				\$94.96	41.92%
MANO DE OBRA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
1 Oficial pintor	jor	0.25	\$275.93	\$68.98	30.45%
1 Ayudante	jor	0.25	\$202.50	\$50.63	22.35%
Subtotal de mano de obra				\$119.61	52.80%
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
Herramienta menor	%	0.04	\$119.61	\$4.78	2.11%
Andamios	%	0.04	\$119.61	\$4.78	2.11%
Equipo de seguridad	%	0.02	\$119.61	\$2.39	1.06%
Subtotal de equipo y herramienta				\$11.96	5.28%
Costo directo					\$226.53
Costo indirecto	16%			\$36.24	
			Subtotal		\$262.77
Utilidad	10%			\$22.65	
			Subtotal		\$285.42
Cargos adicionales	0.05%			\$11.33	
Costo total m2					\$296.75

Tabla 8

Análisis por metro cuadrado del suministro de pintura

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
Malla de alambre soldada calibre 6x6-8/8 (m2)					
Colocación de malla de alambre soldada calibre 6x6-8/8 a muro de mampostería, anclada con clavos para concreto, encamisada con mortero de cemento tipo I, con resistencia a la compresión de 125 kg/cm2, con 2.5 de espesor					
MATERIALES					
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%
Malla de alambre soldada calibre 6x6-8/8	m2	1.00	\$60	\$60.00	19.35%
Clavos para concreto de 2 1/2" y 63.5 mm de longitud	kg	0.040	\$50	\$2.00	0.64%
Arena de mina	m3	0.020	\$130	\$2.60	0.84%
Cemento (Gris) Portland tipo II	m3	0.010	\$7,000	\$70.00	22.58%
Agua de toma	m3	0.30	\$30	\$9.00	2.91%
Subtotal de materiales				\$143.60	46.32%
MANO DE OBRA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
1 Oficial albañil	jor	0.30	\$287.17	\$86.15	27.79%
1 Ayudante	jor	0.30	\$217.10	\$65.13	21.01%
Subtotal de mano de obra				\$151.28	48.80%
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Concepto	Unidad	Cantidad	S.R	Importe	%
Herramienta menor	%	0.04	\$151.28	\$6.05	1.95%
Andamios	%	0.04	\$151.28	\$6.05	1.95%
Equipo de seguridad	%	0.02	\$151.28	\$3.03	0.98%
Subtotal de equipo y herramienta				\$15.13	4.88%
Costo directo					\$310.01
Costo indirecto	16%			\$49.60	
			Subtotal		\$359.61
Utilidad	10%			\$31.00	
			Subtotal		\$390.61
Cargos adicionales	0.05%			\$15.50	
Costo total m2					\$406.11

A continuación, se presenta el catálogo de conceptos de trabajo integrado por los precios unitarios analizados y presentados en la tabla 1 a 8.

Tabla 9

Catálogo de conceptos de una rehabilitación de muros de mampostería confinada

CATÁLOGO DE CONCEPTOS DE UNA REHABILITACIÓN DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA			
Clave	Concepto	Unidad	P.U.
R.01	Retiro de recubrimiento dañado existente en muros de mampostería empleando métodos manuales mecánicos de bajo impacto. Incluye: limpieza posterior del muro con cepillos de alambre y aire comprimido, acarreo a 20 metros, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M2	\$155.95
I.01	Inyección de material epóxico en fisuras menores a 3 mm de espesor mediante métodos manuales. Incluye: Limpieza de fisuras, preparación de boquillas de entrada de epoxi, preparación de boquillas de inspección de salida de epoxi, material epóxico fluido marca fester, limpieza de la zona, mano de obra, herramienta menor y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ML	\$470.84
I.02	Suministro y colocación de mortero 1:3 en fisuras de hasta 5 cm. Incluye: limpieza y retiro de residuos y fragmentos de ladrillos y mortero, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3	\$2,492.25
D.01	Demolición de muro 15 cm, de espesor, de mampostería a mano con marro, incluye: cadenas y castillos, mano de obra, acarreo a 20 m, andamios, equipo y herramienta.	M2	\$208
C.01	Cadena o castillo de concreto $F'c = 150$ kg/cm ² de 15 x 25 cm. Armado con 4 varillas No. 3, estribos No.2 a cada 20 cm. Con cimbra de madera de pino de 3A. Incluye: Habilitado, cimbrado, descimbrado, herramienta menor, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución	ML	\$1,549.35
C.02	Colocación de malla de alambre soldada calibre 6x6-8/8 a muro de mampostería, anclada con clavos para concreto, encamisada con mortero de cemento tipo I, con resistencia a la comprensión de 125 kg/cm ² , con 2.5 de espesor	ML	\$406.11
A.01	Aplanado acabado pulido sobre muros, con mezcla cemento arena en proporción de 1:5, incluye: suministro de materiales, acarreos, andamios, limpieza, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	\$323.17
A.02	Pintura vinil acrílica marca COMEX (Vinimex) en muros de mortero. Incluye: Preparación de superficie, rebabear, sellador vinílico 5x1 de COMEX, a dos manos de pintura, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución	M2	\$296.75

3.2 COMPARACIÓN CON EL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIAS DE UNA CONSTRUCCIÓN NUEVA

Se realizó la investigación de tarjetas de análisis de conceptos a base de precios unitarios que son utilizados para el cobro de trabajos en una obra nueva, esto con la finalidad de comparar los conceptos que se generaron en el proceso de rehabilitación de muros de mampostería confinada y poder corroborar la importancia de crear un catálogo exclusivamente con dichos conceptos debido a la diferencia de precios entre ellos.

Tabla 10

Demolición de aplanado de yeso en muro con espesor de 2 cm., promedio.

Partida:	A1					
Análisis:	10304-033	M2	1.0000			
Demolición de aplanado de yeso en muro con espesor de 2 cm., promedio, incluye: andamios, mano de obra, equipo y herramienta.						
MANO DE OBRA						
1P	CUADRILLA No 1 (1 PEON)	JOR	\$801.20	/	16.000000	\$50.08
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$50.08
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$50.08	*	0.030000	\$1.50
%MO2	ANDAMIOS	%	\$50.08	*	0.030000	\$1.50
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$50.08	*	0.020000	\$1.00
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$4.00
Costo Directo:						\$54.08
Costo Indirecto: (16%)						\$8.65
Utilidad: (10%)						\$5.41
Cargos adicionales (0.05%)						\$2.70
Costo por m2:						\$70.84

Tabla 11

Mortero cemento arena en proporción de 1:3

Partida:	A1					
Análisis:	10401-542	M3	1.0000			
MORTERO CEMENTO ARENA EN PROPORCION DE 1:3, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.						
MATERIALES						
301-ARE-0101	ARENA DE MINA	M3	\$350.00	*	0.300000	\$105.00
302-CEM-0102	CEMENTO (GRIS) PORTLAND TIPO II PUZOLANICO, TONELADA	TON	\$3,850.00	*	0.340000	\$1309.00
358-AGU-0101	AGUA DE TOMA	M3	\$28.00	*	0.300000	\$8.40
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$1422.40
MANO DE OBRA						
1A5P	CUADRILLA No 2 (1 ALBANIL + 1 PEONES)	JOR	\$1,068.10	/	15.000000	\$71.21
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$71.21
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$423.17	*	0.030000	\$12.70
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$423.17	*	0.020000	\$8.46
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$21.16
Costo Directo:						\$1514.77
Costo Indirecto: (16%)						\$242.36
Utilidad: (0.05%)						\$151.48
Cargos adicionales: (0.05)						\$75.74
Costo por m3:						\$1984.34

Tabla 12

Demolición de muro 15 cm de espesor

Partida:	A1					
Análisis:	10304-068	M2	1.0000			
Demolición de muro 15 cm, de espesor, de mampostería a mano con marro, incluye: mano de obra, andamios, equipo y herramienta.						
MANO DE OBRA						
1P	CUADRILLA No 1 (1 PEON)	JOR	\$801.20	/	10.000000	\$80.12
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$80.12
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$80.12	*	0.030000	\$2.40
%MO2	ANDAMIOS	%	\$80.12	*	0.030000	\$2.40
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$80.12	*	0.020000	\$1.60
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$6.40
Costo Directo:						\$86.52
Costo Indirecto: (16%)						\$13.84
Utilidad: (10%)						\$8.65
Cargos adicionales: (0.05%)						\$4.33
Costo por m2:						\$113.34

Tabla 13

Cadena o castillo de 15x25 cm. de concreto de F'c=150 kg/cm2

Partida:	A1						
Análisis:	10501-402	M	1.0000				
Cadena o castillo de 15x25 cm. de concreto de F'c=150 kg/cm2, acabado aparente, armado con 4 varillas del No. 3 (3/8") y estribos de varilla del No. 2 @ 20 cm. incluye: suministro de materiales, acarreos, elevaciones, armado, cimbrado, colado, vibrado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.							
MATERIALES							
303-ARF-0201	VARILLA R-42 DEL No. 3, (3/8 Ø), KG, 0.557 KG/M	KG	\$18.70	*	2.250000	\$42.08	
303-ARF-0202	VARILLA R-42 DEL No. 2,	KG	\$12.15	*	1.250000	\$15.19	
303-ARF-1101	ALAMBRE RECOCIDO CAL. 16, (1.59 mm Ø), KG, 0.016 KG/M	KG	\$22.50	*	0.548000	\$12.33	
305-CLA-1201	CLAVOS PARA MADERA DE 1 1/4 (1320 pzas/kg) CAJA DE 25 KG	KG	\$50.00	*	0.007000	\$0.35	
305-M3A-0101	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4x4x8' (0.019x0.10x2.44 m)	PZA	\$52.20	*	0.240000	\$12.53	
305-M3A-0201	BARROTE DE PINO DE 3a, DE 1 1/2x3 1/2x8'	PZA	\$68.00	*	0.365000	\$24.82	
305-M3A-0301	POLIN DE PINO DE 3a, DE 3 1/2x3 1/2x8'	PZA	\$118.00	*	0.375000	\$44.25	
305-CLA-1301	CLAVOS PARA MADERA DE 2 1/2 (260 pzas/kg) CAJA DE 25 KG	KG	\$28.00	*	0.115000	\$3.22	
305-CLA-1401	CLAVOS PARA MADERA DE 4 (77 pzas/kg) CAJA DE 25 KG	KG	\$28.00	*	0.117000	\$3.28	
358-AGU-0101	AGUA DE TOMA	M3	\$28.00	*	0.008000	\$0.22	
359-CMB-0101	DIESEL	LT	\$20.86	*	0.300000	\$6.26	
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$164.52	
MANO DE OBRA							
1A5P	CUADRILLA No 22 (1 ALBAÑIL + 1 PEON)	JOR	\$1,078.09	*	0.150000	\$161.71	
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$161.71	
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$161.71	*	0.030000	\$4.85	
%MO2	ANDAMIOS	%	\$161.71	*	0.030000	\$4.85	
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$161.71	*	0.020000	\$3.23	
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$12.94	
BASICOS							
10401-294	CONCRETO DE F'c=150 KG/CM2. HECHO EN OBRA, T.M.A=19 MM, RESISTENCIA NORMAL	M3	\$2,452.47	*	0.090000	\$220.72	
SUBTOTAL:	BASICOS					\$220.72	
	Costo Directo:					\$559.90	
	Costo Indirecto:					\$89.58	
	Utilidad:					\$55.99	
	Cargos adicionales: (0.05%)					\$2.80	
	Costo por ml:					\$708.27	

Tabla 14

Aplanado en muros de mampostería

Partida: A3							
Análisis:	10401-543	M2	1.0000				
Aplanado acabado pulido sobre muros, con mezcla cemento arena en proporción de 1:5, incluye: suministro de materiales, acarreo, andamios, limpieza, mano de obra, equipo y herramienta.							
MATERIALES							
301-ARE-0101	ARENA DE MINA	M3	\$350.00	*	0.100000	\$35.00	
302-CEM-0102	CEMENTO (GRIS) PORTLAND TIPO II PUZOLANICO, TONELADA	TON	\$3,850.00	*	0.025000	\$96.25	
358-AGU-0101	AGUA DE TOMA	M3	\$28.00	*	0.300000	\$8.40	
SUBTOTAL: MATERIALES						\$139.65	
MANO DE OBRA							
1A5P	CUADRILLA No 2 (1 ALBANIL + 1 PEONES)	JOR	\$1,068.10	/	12.000000	\$89.00	
SUBTOTAL: MANO DE OBRA						\$89.00	
EQUIPO Y HERRAMIENTA							
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$89.00	*	0.030000	\$2.67	
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$89.00	*	0.020000	\$1.78	
SUBTOTAL: EQUIPO Y HERRAMIENTA						\$4.45	
Costo Directo:						\$233.10	
Costo Indirecto: (16%)						\$37.29	
Utilidad: (0.10%)						\$23.31	
Cargos adicionales: (0.05)						\$11.65	
Costo por m2:						\$317.00	

Tabla 15

Suministro y colocación de pintura

Partida:	A4					
Análisis:	10401-544	M2	1.0000			
Suministro y colocación de pintura vinil acrílica marca COMEX (Vinimex) o similar en muros de moretro. Incluye: Preparación de superficie, rebabear, sellador vinílico 5x1 de COMEX, a dos manos de pintura, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución						
MATERIALES						
401-ARE-0101	PINTURA VINIMEX (19 Lt.)	PZA	\$3,900.00	*	0.020000	\$78.00
402-CEM-0102	SELLADOR VINÍLICO 5X1 (19 Lt.)	PZA	\$2,263.00	*	0.003000	\$7.96
358-AGU-0101	AGUA DE TOMA	M3	\$28.00	*	0.300000	\$8.40
SUBTOTAL:	MATERIALES					\$94.36
MANO DE OBRA						
1A5P	CUADRILLA No 3 (1 PINTOR + 1 PEONES)	JOR	\$1,068.10	/	13.000000	\$82.16
SUBTOTAL:	MANO DE OBRA					\$82.16
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	\$82.16	*	0.030000	\$2.46
%MO5	EQUIPO DE SEGURIDAD	%	\$82.16	*	0.020000	\$1.64
SUBTOTAL:	EQUIPO Y HERRAMIENTA					\$4.10
Costo Directo:						\$180.62
Costo Indirecto: (16%)						\$28.90
Utilidad: (0.10%)						\$18.06
Cargos adicionales: (0.05)						\$9.04
Costo por m2:						\$236.61

Ilustración 12 Comparación de costos entre una rehabilitación y una obra nueva

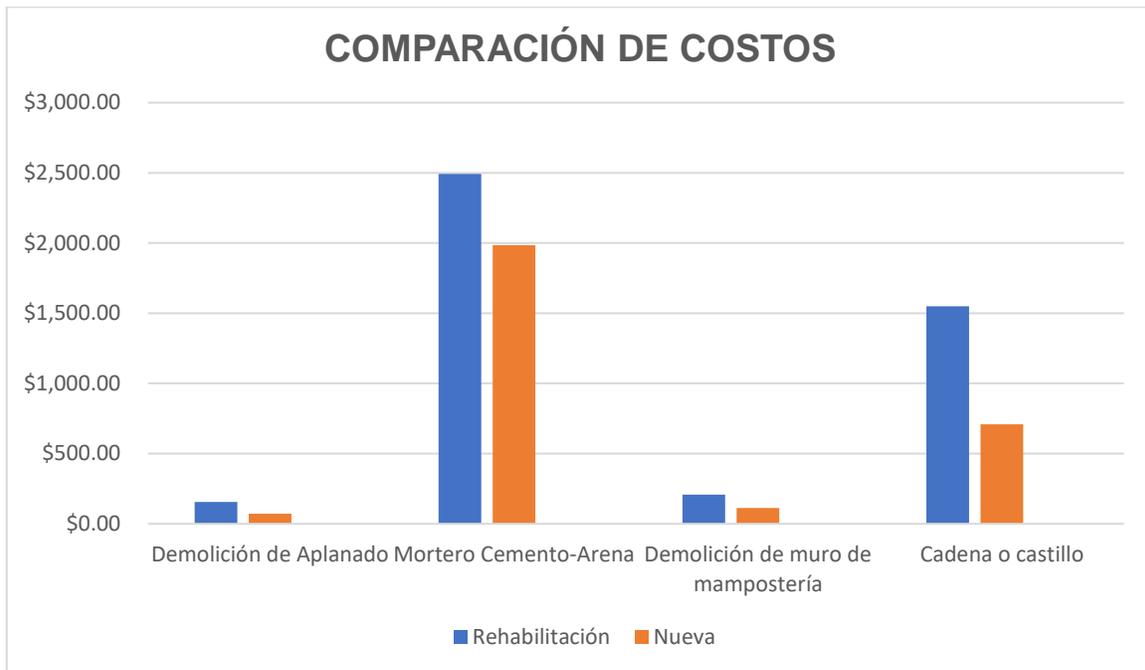
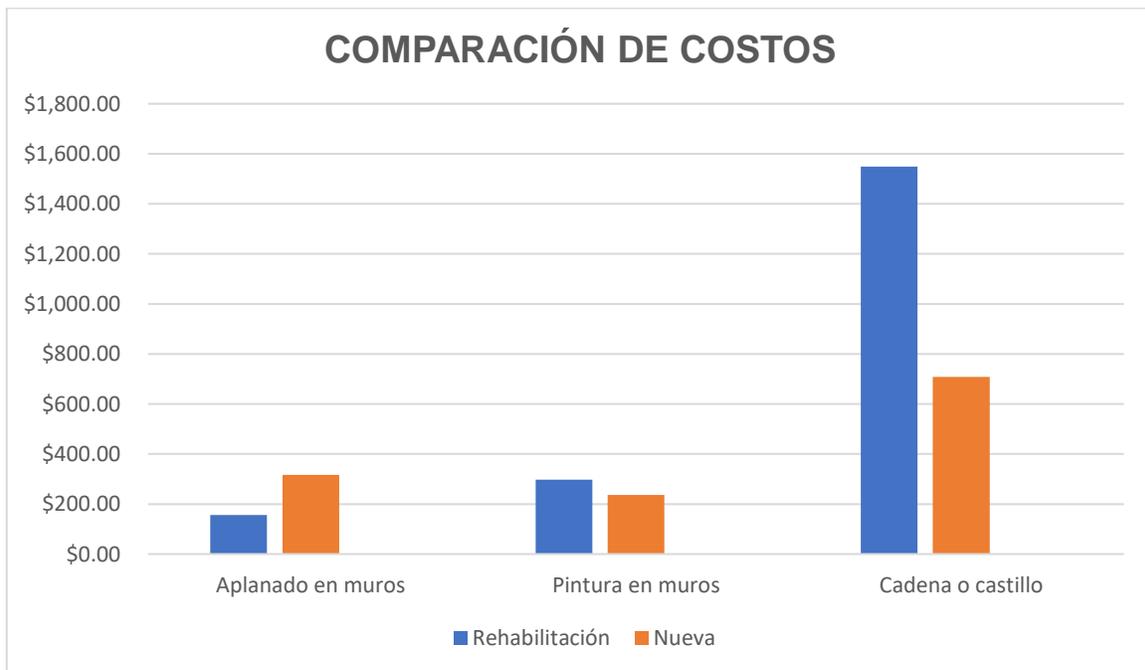


Ilustración 13 Comparación de costos entre una rehabilitación y una obra nueva



A través de la comparación de los conceptos de trabajo de una rehabilitación de mampostería con los de una construcción de obra nueva,

podemos observar en las gráficas que los costos son más elevados en una rehabilitación, esto se debe a los diversos factores que intervienen en la ejecución de los trabajos, como lo son el rendimiento de mano de obra, que es totalmente distinto en un proyecto de rehabilitación que en una obra nueva.

Como se ha mencionado anteriormente, no se han encontrado catálogos de conceptos de trabajos para una obra de rehabilitación de muros de mampostería confinada que puedan ser utilizados para el cobro de obras de este tipo; es ahí donde recae la importancia de la elaboración de uno y la aportación para los constructores que necesiten el análisis de estos costos.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el tema de investigación se puede concluir con la elaboración de un catálogo de conceptos de trabajos a partir de las técnicas de rehabilitación de muros de mampostería confinada que han sufrido daños por sismos, basado en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, las cuales se aplicaron particularmente en el Instituto Sor Juana Inés de la Cruz de la ciudad de Arriaga, Chiapas.

Así mismo, una de las aportaciones de esta investigación en el área de la construcción, es que servirá como un manual de guía para las futuras rehabilitaciones de muros de mampostería confinada y en el área de costos y precios unitarios, será una herramienta básica en la que los contratistas podrán acceder y obtener factores que contienen precios unitarios con costos reales analizados en obra.

En el capítulo de Resultados y Discusión, al realizar la comparación de los conceptos de trabajo que se obtuvieron a través de las técnicas de rehabilitación de muros de mampostería confinada con los de una edificación nueva, se pudo observar que los costos de obra son mayores en una rehabilitación. Como se ha mencionado anteriormente, esto se debe a diversos factores que influyen dentro de la ejecución de los trabajos, tales como el rendimiento de mano de obra, ya que no es lo mismo construir desde cero una cadena o castillo a colocar estos elementos estructurales dentro de una edificación ya construida, los precios de esos trabajos se deben de cobrar diferente. Es ahí donde el presente proyecto de investigación resalta la importancia de la elaboración de un catálogo de conceptos de trabajo de una rehabilitación de muros mampostería confinada, para que los constructores puedan utilizarlo como guía en el cobro de estos trabajos y los precios sean competentes dentro de la industria.

Se considera que en un futuro se puedan incluir más técnicas de rehabilitación de muros de mampostería al manual; al igual que conceptos de

trabajo en el catálogo. Que pueda elaborarse todo un tabulador de precios unitarios de rehabilitaciones y que esté al alcance de los que lo requieran para el cobro de este tipo de obras. En este proyecto de investigación no se realizó debido al tiempo de elaboración con el que se contaba y a que solo se pudo observar en obra una técnica, que es la de colocación de malla electrosoldada 66-44.

De acuerdo con los resultados descritos, se pueden considerar las siguientes recomendaciones en cuanto a la elaboración de un manual de procesos constructivos de rehabilitación de muros de mampostería confinada y un catálogo de conceptos de trabajo integrado por precios unitarios:

1. Identificar las Normas Técnicas Complementarias, criterios y especificaciones que son utilizados en la elaboración del manual de rehabilitación de muros de mampostería.
2. Diseñar adecuadamente los conceptos de trabajo de acuerdo con el proceso constructivo de rehabilitación de muros de mampostería.
3. Analizar el rendimiento de mano de obra al momento de la ejecución de los trabajos.
4. Realizar un buen estudio de mercado en la zona en cuanto a los costos de los materiales que se van a utilizar.
5. Identificar las características sísmicas de la zona donde se van a ejecutar los trabajos.

REFERENCIAS:

Animal Político (2017). Sismo de 8.2, del pasado 7 de septiembre, dejó 110 mil inmuebles dañados en Oaxaca y Chiapas (2017).

<https://www.animalpolitico.com/2017/09/sismo-7-septiembre-110-mil-inmuebles-oaxaca-chiapas>

Brzev S., Pérez J (2014). Masonry construction around the world: an overview, short course on seismic design of reinforced and confined masonry buildings. IT Gandhinagar.

Gallegos H., Ramírez O. (2002). Edificaciones de mampostería para vivienda. (2da Edición). Fundación ICA A.C

Gutiérrez, D (2014). Diseño Sísmico de edificaciones a base de mampostería tradicionales en Chiapas. **[Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas]. Biblioteca Universidad Autónoma de Chiapas.**

Lafuente, I. C. y Egoscozabal, M. A. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. Revista Escuela de Administración de Negocios, (64), Septiembre-diciembre, 5-18.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20612981002>

Normas Técnicas Complementarias (2017). Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. (NTC- Mampostería)

Normas Técnicas Complementarias (2023). Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. (NTC- Mampostería)

Normas Técnicas Complementarias (2023). Normas Técnicas Complementarias para evaluación y rehabilitación estructural de edificaciones existentes. (NTC-Rehabilitación)

Novas, J. (2010). Sistemas Constructivos Prefabricados Aplicables a la Construcción de Edificaciones en Países de Desarrollo. **[Proyecto Fin de Máster, Universidad Politécnica de Madrid].**

https://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (2012). Industria de la construcción- Mampostería- Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural- Especificaciones y métodos de ensayos. (NMX-C-404-ONNCCE-2012).

Ramírez, D (2022). Técnicas de Rehabilitación de Muros de Mampostería. **[Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].**

<https://www.resilienciasismica.unam.mx/docs/TesisDianaRamirez.pdf>

Ramos, F (1991). Presupuesto a base de Precios Unitarios del camino: Cate-Huitiupán- Amatan. Tramo: Cate- Simojovel. **[Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas]. Biblioteca Universidad Autónoma de Chiapas.**

Sautu, R.; Boniolo, P.; Dalle, P.; y Elbert, R.; (2005). Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología. CLACSO. Buenos Aires, Argentina.

SFP. (2014). Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados con las mismas. México: Secretaría de la Función Pública.

San Bartolomé, A. y Castro, A. (2003). Recuperación de un muro de albañilería confinada. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Servicio Geológico Mexicano (2017). **Sismología de México. Riesgos geológicos.**

<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Sismologia-de-Mexico.html>

Servicio Sismológico Nacional (2024). **Resumen Mensual de Sismicidad.**

<http://www.ssn.unam.mx/sismicidad/resumen-mensual/>