



ANÁLISIS DEL PROCESO DE DEMOLICIÓN MANUAL EN EL EDIFICIO BABILONIA  
DEL MUNICIPIO DE ITAGÜI-ANTIOQUIA

Samuel Ramírez Paz

Asesor: Leslie Arrubla

Trabajo para optar al título de Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA LUIS AMIGÓ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

MEDELLÍN

2021

## Contenido

|    |  |          |
|----|--|----------|
| 1. | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....                  | 1        |
|    | Imagen 1 .....   | 2        |
|    | 1.1. JUSTIFICACIÓN .....   | 2        |
|    | 1.2. OBJETIVOS.....  | 3        |
|    | 1.2.1. Objetivo general .....                                      | 3        |
|    | 1.2.2. Objetivos específicos .....                                 | 3        |
| 1. | MARCO TEÓRICO.....   | 4        |
|    | 2.1. ANTECEDENTES TEORICOS DE INVESTIGACIÓN.....                   | 4        |
|    | 2.2. MARCO LEGAL.....  | 5        |
|    | <b>2.3. MARCO CONCEPTUAL .....</b>                                 | <b>7</b> |
|    | <b>2.3.3. Fases del estudio para licencia de demolición: .....</b> | <b>7</b> |
| 2. | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....                               | 9        |
|    | 3.1. DELIMITACIÓN .....  | 9        |
|    | 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....                              | 10       |
|    | Tabla 1.....   | 10       |
|    | 3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....               | 10       |

|   |    |
|---|----|
| 3.3.1. Análisis documental.....   | 10 |
| 4. SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....                          | 11 |
| 4.2. LINEA DE TIEMPO.....   | 12 |
| 4.3. ORGANIZACIÓN DE DATOS MIXTOS PARA EL ANÁLISIS.....                       | 13 |
| 4.2. ANÁLISIS CATEGORIAL Y DESCRIPTIVO .....                                  | 14 |
| 4.2.1. Resultados de análisis documental.....                                 | 14 |
| 4.2.1.1. Categoría elementos de riesgo .....                                  | 15 |
| Tabla 3.....  | 15 |
| 4.2.1.2. Categoría memoria descriptiva.....                                   | 16 |
| Tabla 4.....  | 16 |
| 4.2.1.3. Hallazgos del informe de vulnerabilidad .....                        | 17 |
| Tabla 5.....  | 20 |
| 4.3. PROCESO DE DEMOLICIÓN .....  | 24 |
| Imagen 3: Diagrama de demolición .....  | 25 |
| Imagen 4: Sistema de seguridad BREC.....                                      | 26 |
| Imagen 5: Equipos usados en la demolición del <i>EDIFICIO BABILONIA</i> ..... | 26 |
| Imagen 6: Proceso de apuntalamiento – ‘BREC.....                              | 27 |

Imagen 6: Evacuación de elementos del *EDIFICIO BABILONIA*..... 28

4.4. CONCLUSIONES ..... 29

REFERENCIAS ..... 30

## CAPITULO 1

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La necesidad de realizar demoliciones a estructuras y edificaciones tiene varias causas, de un lado está el final de la vida útil del edificio, de otro lado, están las fallas estructurales que se causan en el proceso de construcción, bien sea por errores de cálculo, baja calidad de los materiales de construcción y la desatención a las normas técnicas para la ejecución de la obra, por mencionar algunas variables. Cuando surge esta necesidad, se debe a que la estructura representa un riesgo de colapso que eventualmente amenaza para la vida de las personas que allí habitan o que están en los alrededores, también lo es para otras estructuras colindantes.

El Municipio de Itagüí, Antioquia, pertenece a la zona denominada Valle de Aburrá, el cual tiene un componente que es considerado zona sísmica intermedia, las entidades gubernamentales emiten los permisos de construcción y ocupación de las edificaciones que allí se construyen bajo parámetros determinados, de tal modo que se preserve la vida, las demás estructuras y el bienestar de los habitantes de la zona.

Para el caso concreto, se hace referencia a la edificación que la CONSTRUCTORA RUIZ SANCHEZ Y ASOCIADOS S.A.S., ejecutó aproximadamente en el año 2013 con el nombre de **EDIFICIO BABILONIA**; esta edificación, estaba compuesta por 13 pisos distribuidos en dos apartamentos por cada uno de ellos y 5 locales comerciales en la parte inferior del edificio, su destinación en el momento de la construcción se da para uso residencial con capacidad de albergar 36 familias, de las cuales 18 que allí habitaban tuvieron que ser evacuadas al igual que los comerciantes en los bajos del edificio, debido a las fallas estructurales identificadas previamente por delegados de la administración municipal, entidad que ordenó un estudio de sismo resistencia el cual llevó a determinar la necesidad del derribo de la estructura o la demolición, puesto que, se puso en evidencia la negligencia durante el proceso de obra y desatención a la normativa vigente para construcciones civiles.

No obstante, dadas las condiciones en las cuales se encontró la estructura al momento de realizar el estudio sismorresistente y el análisis de las variables que indicaban que el proceso de demolición no podía llevarse a cabo mediante métodos como el uso de explosivos o mecánicos, se determinó, la necesidad de ejecutar el derribo de la edificación mediante un proceso dirigido de modo manual, ya que, el edificio en pie, representaba una amenaza para sus vecinos, para otras estructuras colindantes, el entorno en general y para los obreros encargados de la obra de demolición.

La figura 1, es una fotografía de la construcción civil denominada EDIFICIO BABILONIA, construida y parcialmente habitada en el año 2018.

## Imagen 1

Fotografía del Edificio Babilonia año 2018



Fuente: Alcaldía Municipal Itagüí, Antioquia (2018)

### 1.1. JUSTIFICACIÓN

La realización de este trabajo de investigación resulta ser pertinente en el ejercicio de la Ingeniería Civil, debido a que en los últimos años en Medellín y el Valle de Aburrá se han visto afectadas algunas edificaciones por causa de malos procesos constructivos y eventualmente por la utilización de materiales de baja calidad en la ejecución de obras civiles, situación que afecta las estructuras y terminan siendo demolidas.

Lo importante de este proceso investigativo, es poner en evidencia el procedimiento mediante el cual se determina que una estructura es más vulnerable al efecto de los sismos y desde el campo de la Ingeniería Civil se busca varios tipos de solución, bien sea mediante la potencialización de la estructura o modificaciones a la misma. Sin embargo, cuando dichas estrategias no son posibles y la edificación representa un peligro, debe determinarse un proceso de demolición que se ejecuta de acuerdo con las necesidades del contexto en el cual se ubica la obra en peligro, en tal sentido, la realización de este trabajo de investigación, lleva a emitir la explicación de las razones por las cuales en el campo de la Ingeniería Civil, se utilizan procesos diversos para ejecutar demoliciones y en el caso concreto, aquellas que causaron que el EDIFICIO BABILONIA, del Municipio de Itagüí, Antioquia fuese de modo manual.

Ante el episodio de la demolición del **EDIFICIO BABILONIA** ubicado en el municipio de Itagüí Antioquia, resulta de interés profesional como estudiante de Ingeniería civil, conocer las causas del ¿Por qué se realizó una demolición manual en el **EDIFICIO BABILONIA**? a partir de dicho conocimiento adoptar las medidas que permitan aplicar perfectamente estas técnicas de demolición

manual en las estructuras y no solo poder amparar a los habitantes de la zona, sino poder evitar daños colaterales.

Por consiguiente, a partir de la idea anterior, la presente investigación se enfoca en conocer los aspectos de la demolición manual en el **EDIFICIO BABILONIA** de municipio de Itagüí, Antioquia, así mismo, busca proporcionar información útil para la comunidad de estudiantes de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Católica Luis Amigó, en aras de proporcionar el conocimiento sobre el alcance del problema, las formas de evitarlo y mejorar el ejercicio profesional.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

Analizar las causas por las cuales el proceso de demolición del **EDIFICIO BABILONIA** del Municipio de Itagüí, Antioquia, debió realizarse manualmente

### **1.2.2. Objetivos específicos**

**1.2.2.1.** Identificar los tipos de demoliciones que aplican en edificaciones.

**1.2.2.2.** Interpretar las causas que llevaron a implementar una demolición manual en el **EDIFICIO BABILONIA** del Municipio de Itagüí, Antioquia.

**1.2.2.3.** Describir el proceso de demolición del **EDIFICIO BABILONIA** del Municipio de Itagüí, Antioquia.

## CAPITULO 2

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES TEORICOS DE INVESTIGACIÓN

La necesidad de realizar demoliciones en edificaciones es de gran importancia, ya que es de suprema prioridad, salvaguardar a las personas, tanto a los que habitan en la edificación a demoler, como al entorno en general. Esto es debido a que una edificación a demoler siempre va a presentar riesgos para la sociedad y para llegar a un proceso efectivo, se deberá realizar varios estudios que puedan garantizar la reducción de dicho riesgo, con el fin de tomar la mejor técnica a demoler para llevar un trabajo seguro.

Debido a que el caso particular se analiza dentro del contexto colombiano, dichos referentes teóricos y conceptuales se hallan dentro del mismo marco, son del orden de lo nacional y regional, así como también la normativa que tiene aplicabilidad en el territorio colombiano.

Así mismo, es posible citar a Páez y Hernández (2005) en un trabajo investigativo llamado “METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES”, tiene como principal objetivo mostrar la mejor metodología sistemática para la realización de un estudio de este tipo, verificándolos con las disposiciones de la NSR-10. Cuando la estructura ha tenido fallas a causa de sismos, procesos de diseños, de construcción, entre otras. La estructura deberá ser sometida a unos estudios para verificar la causa de dicha problemática. Para esto, se definieron los parámetros que definen la vulnerabilidad de una estructura, (comportamiento natural ante una sollicitación de tipo natural o antrópica, materiales propuestos para la construcción, sistema de calidad, nivel de seguimiento de los procesos constructivos, el tipo de ocupación, entre otras variables por mencionar). Frente a esto, el comportamiento de la estructura es expresado en términos de la resistencia y la rigidez, ya que determinara el grado de seguridad estructural. Siguiendo esta idea, la metodología para el estudio de vulnerabilidad estructural se basa en la adquisición de conocimiento frente a los parámetros dichos anteriormente, con ello, se podrá identificar el comportamiento estructural y la línea deterioro cronológico de la estructura.

Dado lo anterior, se considera importante enunciar a Jiménez y Ortega (2018) en una monografía para la Universidad del Valle, Colombia, titulada “METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE DEMOLICIÓN SEGÚN EL TIPO DE EDIFICACIÓN” para optar al título de Ingeniero Civil, sostienen que una demolición es una técnica del proceso de construcción que aplica en el campo de la ingeniería y se emplea según la necesidad de reemplazar edificaciones, principalmente para transformar o mejorar espacios en las ciudades o debido a que representan un peligro de colapso. El propósito de la investigación es generar una guía metodológica para la realización de una demolición y el enfoque empleado en el proyecto se lleva a cabo con una técnica mixta de investigación, el cual se basa en el análisis e identificación de técnicas usadas en la demolición de edificaciones con métodos tradicionales y con uso de explosivos.

Esta investigación, también considera la inclusión en el diseño de la metodología para efectuar una demolición, la explicación de la técnica de Búsqueda y Rescate en Estructuras Colapsadas [BREC]

ya que, hay que tener en cuenta que, para alguna edificación estructuralmente inestable o débil, se considera un margen de riesgo en cuanto a la amenaza que representa. Es válido considerar que posiblemente se presente un desastre y surja la necesidad de localizar personas atrapadas dentro. Para ello, usa una guía metodológica que presenta unos lineamientos que incluyen examinar la manera de como penetrar la estructura para rescatar personas allí sepultadas, estas estimaciones corresponden en cierta medida a las técnicas establecidas por medio de las BREC, consistentes en el uso de aparatos robóticos y equipos de corte que permitan el rescate

El anterior trabajo de análisis es importante en el presente proyecto, ya que, es un método que facilita la comprensión y la toma de decisión de la técnica de demolición adecuada para una serie de tipologías de edificaciones, de forma práctica con base en las características y necesidades propias de la edificación y su entorno a fin de agilizar la obtención del resultado y que este tenga el menor impacto negativo posible.

## **2.2. MARCO LEGAL**

### **2.2.1. NORMA SISMO RESISTENTE (NSR-10)**

Esta tiene como función permitir que las empresas constructoras cumplan con ciertos requisitos técnicos y científicos relacionados con el diseño y la construcción de estructuras resistente a sismos para proteger la vida de los residentes de las edificaciones aledañas y en general todo lo que pueda impactar.

Hablando acerca de los REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE de la NSR-10, titulo A del ítem A.10.1.4 – Procedimiento de evaluación de la intervención. Se debe realizar una recopilación y un estudio estricto acerca del diseño estructural y geotécnico de la edificación, siempre y cuando cumpla el ítem A.10.1.2 de la NSR – 10, que indica, que cuando una estructura sea intervenida, tenga la capacidad de resistir sismos pequeños sin daños, sismos moderados sin daño estructural, pero con algún daño en elementos no estructurales y sismos fuertes sin colapso; condición que no se cumple.

Acerca de la etapa 3 del ítem A.10.1.4 de la NSR-10, el estado del sistema estructural y el estado de mantenimiento y conservación, se realizó un análisis acerca de esos dos puntos, logrando evidenciar que ninguno de estos cumplía para generar una buena contribución, además no se adapta al ítem A.10.1.2 de la NSR – 10.

La etapa 4 habla acerca de las solicitaciones equivalentes y se pudo encontrar que los índices de sobre esfuerzos de algunos elementos estructurales del sistema eran muy altos, generando un gran peligro inminente. Dado por eso, el EDIFICIO BABILONIA presentaba una incertidumbre tanto a los residentes como al entorno, por ende, estas fallas son unas por la cual se propuso una demolición manual a la estructura.

Ahora hablando acerca del título I – SUPERVISIÓN TÉCNICA, del ítem I.2.3 - Alcance de la supervisión técnica de la NSR-10, Según las indicaciones expuestas en el título I.2.3 contempla en el subtítulo I.2.3.1, habla de que dicha supervisión debe cubrir mínimamente algunos aspectos relevantes.

Inicialmente, la aprobación de un programa de control de calidad de la construcción de la estructura de la edificación, o de los elementos no estructurales, cuando su grado de desempeño así lo requiera. Este programa de control de calidad debe ser propuesto por el constructor. También, la aprobación del laboratorio, o laboratorios, que realicen los ensayos de control de calidad.

Así como también, realizar los controles exigidos por el Reglamento para los materiales estructurales empleados, y los que indica dicha normativa en el título I.2.4, así mismo, la aprobación de los procedimientos constructivos propuestos por el constructor, quien debe manifestarse con antelación para ser sometidos a escrutinio.

Seguidamente, se exige a los diseñadores el complemento o corrección de los planos, cuando estos están incompletos, indefinidos, o tengan omisiones o errores, como también, solicitar al ingeniero geotecnia las recomendaciones complementarias al estudio geotécnico cuando se encuentren situaciones no previstas en él.

Se exige, además, mantener actualizado un registro escrito de todas las labores realizadas, de acuerdo con el establecido en el subtítulo I.2.2.1., de la norma en mención y velar en todo momento por la obtención de la mejor calidad de la obra.

Se sugiere prevenir, y esto de ser por escrito, presentado por el constructor las posibles deficiencias en la mano de obra, equipos, procedimientos constructivos y materiales inadecuados y vigilar porque se tomen los correctivos necesarios y recomendar la suspensión de labores de construcción de la estructura cuando el constructor no cumple o se niegue a cumplir con los planos, especificaciones y controles exigidos, informando, por escrito, a la autoridad competente para ejercer control urbano y posterior de obra.

Muy importante, además, la exigencia de rechazar las partes de la estructura que no cumplan con los planos y especificaciones, adicionalmente, ordenar los estudios necesarios para evaluar la seguridad de la parte o partes afectadas y enunciar las medidas correctivas correspondientes, supervisando los trabajos de reparación. En el caso de no ser posible la reparación, recomendar la demolición de la estructura a la autoridad competente para ejercer control urbano y posterior de obra.

Las anteriores exigencias que se ven en el título I.2.3, son un preámbulo para la comprensión de los conceptos relevantes para la investigación. Ya que muchos de estos requerimientos no fueron aplicados en la construcción del **EDIFICIO BABILONIA**.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

**2.3.1. Estudio de demolición:** es un estudio que se le realiza a la edificación para estar seguros de no afectar el entorno de esta. Se tendrá en cuenta algunas memorias como lo es la memoria descriptiva, donde debe de estar el ¿por qué? del derribo, ya que nos dirá el estado actual del inmueble y los perjuicios que pueda ocasionar como el colapso.

**2.3.2. Memoria descriptiva:** Se basa en el informe acerca de la situación de la edificación que se va a demoler, da cuenta de las fallas que tiene, la metodología que se usa para la demolición, las precauciones que se deben tomar y la regulación en relación con las normas. Estos parámetros conllevan a la consecución de la licencia para la demolición que contempla varias fases.

### 2.3.3. Fases del estudio para licencia de demolición:

- La primera será la fijación del vallado y las instalaciones necesarias, esto para poder llevar a cabo un trabajo seguro con los trabajadores y las personas del entorno.

- La segunda fase será el proceso de demolición, que se podrá hacer según lo que haya en la memoria descriptiva, por ejemplo: elemento a elemento, por explosivos, maquinaria pesada, entre otras.

- En la tercera y última fase, se lleva a cabo la retirada de instalaciones provisionales y la gestión de residuos.

**2.3.4. Vulnerabilidad estructural:** hace referencia a cuando una estructura es susceptible a tener posibles daños a causa de un sismo. Estos daños son causados más que todo en los cimientos, las columnas, vigas, muros y losas. Se debe tener en cuenta los factores que influyen en la vulnerabilidad, como lo es la exposición, hay edificaciones que son construidas cerca de las riveras de un río o en zonas expuestas a erupciones volcánicas. Otro factor claro es la fragilidad, esto se da cuando no se siguen las normas vigentes de construcción o por un mal proceso constructivo.

**2.3.5. Daño estructural:** se da cuando aparecen defectos constructivos en los cimientos, pilares, columnas, vigas, entre otros, estos, comprometen a la resistencia mecánica y la estabilidad de la edificación.

**2.3.6. Demolición:** la demolición es una actividad que se realiza en las construcciones o elementos constructivos, se dedica a recuperar, clasificar y reutilizar materiales para poder usarlos en otras obras. Por eso, es necesario realizar un plan de demolición para tener un orden, el cual garantizará un proceso efectivo.

**2.3.7. Demolición parcial:** la demolición parcial solo se aplica cuando una parte de la edificación no está apta para que este en uso, lo que lleva a un cierre de la estructura para que se pueda intervenir en ella, esto implica reforzarla o para así estar de nuevo en uso.

**2.3.8. Demolición total:** esta, se ejecuta cuando la construcción o edificación no tiene como salvarse, lo cual lleva una completa eliminación de la edificación. De acuerdo con Villalba, Cepeda, Rodríguez y Moreno (2018) “La demolición total es aquella que afecta a la totalidad de la obra, en ésta se abate por completo todo el sistema constructivo.”

**2.3.9. Demolición manual:** es el conjunto de operaciones organizadas para demoler de forma parcial o total una construcción (edificación o estructura), con empleo mayoritario de medios manuales. Este tipo de demolición se efectúa cuando las circunstancias del objeto a demoler lo aconsejen o, sobre todo, si se requiere un nivel especial de precisión o hay condiciones delicadas e inadecuadas para ejecutar de modo diferente, es decir, cuando la edificación fue construida por materiales de poca resistencia o baja calidad y son vulnerables al daño, en el peor de los casos, hay una amenaza de colapso de la estructura, situación que puede darse en cualquier momento. Así mismo, se puede evidenciar cuando es imposible el ingreso de maquinaria pesada, por ello, la demolición manual tiene como ventaja el fácil acceso a los equipos que se van a utilizar, tiene un impacto muy bajo, pero a la vez, es el método más seguro.

**Imagen 2:** Resultado del proceso de demolición manual Edificio Babilonia año 2019



**Fuente:** Alcaldía Municipal de Itagüí, Antioquia 2021

Se puede observar el resultado de la demolición por ambos costados del Edificio Babilonia en el año 2019, es posible ver que las edificaciones aledañas no sufrieron daños.

**2.3.10. Demolición mecánica:** es el conjunto de operaciones organizadas para demoler de forma parcial o total una construcción (edificación o estructura), con empleo mayoritario de equipos mecánicos, por técnicas de empuje, tracción, impacto y fragmentación.

**2.3.11. Demolición por implosión:** consiste en la detonación controlada de cargas explosivas, colocadas estratégicamente en una construcción (edificación o estructura), orientada a abatir dicha construcción en una dirección previamente fijada. Este método de demolición está especialmente recomendado para construcciones en altura, sus únicas limitaciones son las del propio entorno (espacio, polvo, nivel de ruido, etc.).

**2.3.12. Técnicas BREC:** Acción de búsqueda y rescate desarrollada en espacios destinados al uso humano, que, a causa de un fenómeno natural o fallas estructurales tiene daños considerables en sus elementos básicos, produciéndose su destrucción parcial o total, estas, pueden permitir la supervivencia de personas atrapadas en su interior o debajo de los escombros.

**2.3.13. Estructura colapsada:** Es cuando una edificación ha sufrido daños muy graves que puedan presentar un riesgo de colapso inminente a la edificación. Por lo que al realizar una demolición se podría tomar en cuenta las técnicas brec para evitar calamidades.

## CAPITULO 3

### 2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta propuesta de investigación se presenta como un proceso evolutivo el cual intenta organizar e integrar el significado y la función de un método de demolición en el campo de la Ingeniería Civil, ya que se considera que el proceso debe cumplir unas funciones que van en la dirección de proteger la vida y los bienes de la comunidad en un contexto particular, por tanto, esta investigación se desarrolla bajo el proceso cualitativo de investigación, no obstante, algunos de los análisis se presentan en tablas o matrices de datos, para facilitar sus análisis; según Sarduy (2007) las tablas facilitan los análisis de la información en todo tipo de investigación, ya que, de ellas, es posible extraer conceptos, componentes y características para integrar y sustentar los argumentos del estudio en una investigación cualitativa.

En consecuencia, dado que su desarrollo incluye conocimientos teóricos, objetivos prácticos aplicados en el campo de la Ingeniería Civil, esta investigación está orientada a la comprensión de las razones que llevan a establecer el por qué una construcción debe ser demolida manualmente.

En tal sentido, de acuerdo con la metodología, esta tesis sigue la línea de una investigación descriptiva y explicativa, ya que, está dirigida a la verificación de unos planteamientos establecidos, toma en cuenta la descripción del episodio de la demolición manual del Edificio Babilonia en el Municipio de Itagüí, Antioquia en el año 2018 y analiza el proceso a seguir en la demolición, donde se tiene en cuenta las categorías que determinan las razones en cuestión de un modo argumentativo.

#### 3.1. DELIMITACIÓN

Este trabajo de investigación, se lleva a cabo en el Municipio de Itagüí, Antioquia, en el predio ubicado en la diagonal 41 # 39-09, denominado **EDIFICIO BABILONIA**, construido por la sociedad **RUIZ SÁNCHEZ Y ASOCIADOS PROPIEDAD RAIZ S.A.S.**, en el año 2013. Esta edificación, la componen 13 pisos distribuidos en dos apartamentos por piso, para uso residencial, con capacidad de albergar a 36 familias y 5 locales comerciales en la parte baja del edificio.

### 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Puesto que en esta investigación hay un hecho que parte de la intención para dar explicación a un método de demolición, bajo argumentos puntuales. El diseño de esta investigación, lleva acabo cada paso, propuesto por la metodología de la investigación cualitativa de forma paulatina y cuidadosa, sin perder de vista el objetivo principal que es dar respuesta al cuestionamiento inicial, la tabla número 1, muestra el diseño de la investigación denotado por etapas y su respectivo descriptor.

**Tabla 1**

Diseño de la investigación

| <i>Etapas</i> | <i>Descripción</i>   |
|---------------|--|
| Fase 1        | Identificación del problema, interrogantes, justificación, planteamiento de objetivos. |
| Fase 2        | Búsqueda de evidencia y fundamentación teórica   |
| Fase 3        | Trabajo de campo, selección y organización de la información.                          |
| Fase 4        | Análisis de resultados y entrega del informe final de investigación.                   |

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

**3.3.1. Análisis documental:** instrumento por medio del cual se extrae las nociones fundamentales del proceso investigativo del documento de cinco folios con la información concreta, el cual es proporcionado por la Alcaldía del Municipio de Itagüí, Antioquia en 2021, que llevan a responder los cuestionamientos, implica derivar de un documento o varios, los conceptos o categorías de análisis. Este instrumento, para el caso concreto, consiste en la recopilación del material documental denominado Estudio Vulnerabilidad Sísmica Ed. Babilonia realizado por la firma Análisis & Diseños, el cual consta de trescientos sesenta y tres (363) folios.

## CAPITULO 4

### 4. SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

#### 4.1. IDENTIFICACIÓN DEL MÉTODO DE DEMOLICIÓN

Para identificar el método de demolición apropiado, se tiene que tener en cuenta algunos requisitos como lo son:

- Las condiciones del lugar de trabajo, estas se refieren más que todo al entorno en donde se encuentra la edificación a demoler, el espacio disponible, entre otros.
- Los materiales a demoler, ya que se debe conocer que tipos de materiales hay, el nivel de dureza del hormigón, el estado en el que se encuentran, entre otros.
- La gestión de los residuos resultantes.
- La relación del objeto con otras estructuras, debido a que puede haber una influencia de vibraciones, ya sea por un método de demolición y se tenga que aplicar una maquinaria especial a usar, esto puede poner en riesgo a las edificaciones aledañas.

Desde estas líneas insistimos en la importancia de un proyecto de demolición adecuado, que contemple correctamente la parte técnica, la medioambiental, la de seguridad y salud.

A continuación, se describen brevemente los métodos de demolición:

##### 4.1.1. DEMOLICIÓN MANUAL

Es el conjunto de operaciones organizadas para demoler de forma parcial o total una edificación con empleo mayoritario de medios manuales. Este tipo de demolición se efectúa cuando las circunstancias del objeto a demoler lo aconsejen o, sobre todo, si se requiere un nivel especial de precisión.

Son operaciones que se ejecutan para demoler de manera parcial o total una edificación usando medios manuales, por ejemplo, maceta, cinceles, martillos neumáticos, percutores. Este tipo de demolición se usa cuando se necesita mucha precisión o hay condiciones delicadas e inadecuadas para ejecutar de modo diferente, es decir, cuando la edificación fue construida por materiales de poca resistencia o baja calidad y son vulnerables al daño, en el peor de los casos, hay una amenaza de colapso de la estructura, situación que puede darse en cualquier momento. Así mismo, se puede evidenciar cuando es imposible el ingreso de maquinaria pesada, por ello, la demolición manual tiene como ventaja el fácil acceso a los equipos que se van a utilizar, tiene un impacto muy bajo, pero a la vez, es seguro.

##### 4.1.2. DEMOLICIÓN MECÁNICA

La demolición mecánica se realiza en su mayoría con equipos mecánicos de impacto, tracción, fragmentación y empuje. Es una actividad segura que permite tener una rapidez y productividad mayor que en una demolición manual (Francisco Ternero Demoliciones, 2013).

Para este tipo de demolición se usa más que todo maquinaria pesada como retroexcavadoras, robots, martillos hidráulicos, entre otros.

### 4.1.3. DEMOLICIÓN CON EXPLOSIVOS

Esta técnica de demolición consiste en implantar diferentes cargas de explosivos en diferentes elementos perforados de la estructura, anteriormente calculados para poder aplicar las cargas en aquellos elementos estructurales principales, para debilitarla y generar su desplome inminente por efecto de la gravedad (Maya, 2014).

Este método se emplea más que todo en áreas urbanas y para edificaciones de elevada altitud. Para tener un buen resultado de la demolición por implosión en una edificación, se requiere una planificación previa y un estudio técnico de las características de la edificación, como lo es la memoria descriptiva, donde se podrá observar la situación en la que se encuentra la edificación, esta memoria es requerida para todo tipo de demolición y nos podrá determinar el método de demolición más efectivo. No obstante, se podrá realizar un análisis a la edificación para poder repartir las cargas explosivas y así llevar a cabo una perfecta demolición por implosión.

Conociendo ahora los tipos de demolición que hay para las edificaciones, se puede determinar que el tipo de demolición que se aplicó en el caso del **EDIFICIO BABILONIA**; el manual, era el más efectivo debido a las altas circunstancias que habían, una de ellas era la alta amenaza de colapso inminente que tenía la edificación, por lo que el ingreso de maquinaria pesada era imposible; por ende, la demolición manual tenía como ventaja el fácil acceso a los equipos a aplicar y tener un avance seguro. Hablando acerca de la demolición con explosivos, donde aplica por su elevada altura, se realizó un estudio previo para saber si este tipo de demolición era factible para el **EDIFICIO BABILONIA**, sin embargo, este tipo de demolición no aplicaba debido a que las fallas que se mostraran en la tabla 5, eran muy desfavorables para proponer una demolición por implosión, además en la tabla 3 que se mostrará seguidamente, se puede validar que la demolición con explosivos no era factible para el entorno en general, por lo que podría haber afecciones o daños progresivos en las edificaciones aledañas.

## 4.2. LINEA DE TIEMPO

El **EDIFICIO BABILONIA** fue construido por la empresa RUIZ SÁNCHEZ Y ASOCIADOS PROPIEDAD RAIZ S.A.S en el año 2015, a pasar el tiempo la edificación empezó a tener varias fallas.

Cuando se conocieron las problemáticas y las denuncias que tenía el **EDIFICIO BABILONIA**, del municipio de Itagüí Antioquia, los personales de las Unidades del Riesgo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y funcionarios de la Unidad de Control Urbanístico de la entidad Territorial, realizaron unos estudios sobre su estabilidad estructural, con el fin de salvaguardar la vida e integridad de sus residentes y de los vecinos colindantes. Por ende, se recomendó la evacuación inmediata de la edificación, y a la constructora responsable del proyecto (RUIZ SÁNCHEZ Y ASOCIADOS PROPIEDAD RAIZ S.A.S) tuvieron que ordenar un estudio de vulnerabilidad sísmica para la estructura.

Debido a lo anterior, el alcalde municipal de Itagüí, el 28 de junio del 2018, acepto las recomendaciones de las entidades que realizaron los estudios de la estabilidad estructural de la edificación y ordeno que la constructora realizara de manera inmediata el estudio de vulnerabilidad sísmica.

La constructora R. RUIZ SÁNCHEZ Y ASOCIADOS PROPIEDAD RAIZ S.A.S contrataron a la entidad ANALISIS Y DISEÑOS para que realizaran el estudio de vulnerabilidad a través del ingeniero Calculista Didier Humberto Arias Ramirez. El estudio fue realizado en julio del 2018, el cual reporto deficiencias estructurales de la edificación, vulnerable y con riesgo inminente de colapso.

Sabiendo el estado en el que se encontraba el **EDIFICIO BABILONIA**, los expertos sugirieron demoler la edificación por los defectos en el proceso constructivo, por la mala calidad de materiales empleados, la discordancia entre los estudios presentados y aprobados con lo ejecutado por la constructora.

Por consiguiente, el municipio de Itagüí contrato a una firma experta (JOLA S.A.S.) para poder cumplir la demolición de la edificación, debido a que no era competente ejecutar una repotencialización.

AÑO DE LICENCIA - EMPRESA: 2013 – Curaduría primera de Itagüí

AÑO DE CONSTRUCCIÓN – EMPRESA: - 2015 – R. RUIZ SANCHEZ Y ASOCIADOS PROPIEDAD RAIZ S.A.S.

AÑO DE ESTUDIO – EMPRESA: 2018 – Análisis y Diseños

AÑO DE DEMOLICIÓN – EMPRESA: 2019 – JOLA S.A.S.

DISEÑADOR ESTRUCTURAL: R. Conscivil SAS, Ingeniería y construcción, sociedad comercial de RM Conscivil SAS, ingeniera responsable Adriana A. con matrícula profesional 17202153769.

¿QUIÉN OTORGO LA LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN?: R. Curaduría de Itagüí, firma Víctor Hugo Osorio Vargas.

#### **4.3. ORGANIZACIÓN DE DATOS MIXTOS PARA EL ANÁLISIS**

La presente investigación considera importante, el análisis categorial, en consecuencia, una categoría la representa los elementos de riesgo, y, a su vez, de esta se desprenden subcategorías como los factores aledaños al **EDIFICIO BABILONIA**; por ejemplo, es de interés saber si existen edificaciones aledañas, infraestructura vial, infraestructura educativa, redes de servicios públicos y drenajes, un segundo concepto, consiste en el estudio de vulnerabilidad sísmica, a través del análisis de la categoría memoria descriptiva que da cuenta de las fallas estructurales de la edificación que lo convirtieron en un riesgo para la comunidad y desencadenaron en el proceso de demolición, de esta. Tanto las subcategorías como las categorías, permiten un acercamiento a la

comprensión de la determinación que llevo a establecer el modo por el cual se ejecutó la demolición de la edificación objeto de estudio en la presente investigación.

La tabla número 2, muestra el proceso de categorización de los datos dispuestos para el análisis, en ella se puede observar que a cada categoría le suceden una o varias subcategorías y a su vez, estas, se codifican con las letras mayúsculas correspondientes al inicio de cada palabra, para facilitar los análisis.

**Tabla 2**

Categorización y codificación

| <b>Categoría</b>           | <b>Subcategoría</b>       | <b>Código</b> |
|----------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Elementos de riesgo</b> | Edificaciones aledañas    | EA            |
|                            | Infraestructura vial      | IV            |
|                            | Infraestructura educativa | IE            |
|                            | Redes de servicios        | RS            |
|                            | Drenajes                  | DN            |
| <b>Memoria descriptiva</b> | Causa - Efecto            |               |

Fuente: Elaboración propia

Así las cosas, los instrumentos de indagación se analizan a través de matrices que arrojan los datos cualitativos, mediante tablas de las cuales se derivan las inferencias.

#### **4.4. ANÁLISIS CATEGORIAL Y DESCRIPTIVO**

En el análisis de los datos encontrados en esta investigación, se describe los hallazgos de cada instrumento, en primer lugar, se muestra el análisis del archivo documental que deriva las conclusiones de cada una de las categorías y sus respectivas subcategorías, en segundo lugar, los hallazgos derivados de la entrevista semiestructurada que dan cuenta de cada categoría con sus subcategorías, respectivamente.

##### **4.4.1. Resultados de análisis documental**

Este análisis cualitativo se lleva a cabo a partir del documento llamado *Estudio Vulnerabilidad Sísmica Ed. Babilonia*, que contiene, además, el concepto derivado del estudio sismorresistente

realizado por la firma Análisis & Diseños, y es proporcionado por la Alcaldía Municipal de Itagüí, Antioquia, en 2021 para efectos de esta investigación.

#### 4.4.1.1. Categoría elementos de riesgo

Esta categoría, se estudia a través de la identificación de los elementos que están alrededor de la estructura que va a ser demolida con la intención de mostrar, en caso de la existencia del elemento, el riesgo que corre este ante la demolición, ayuda además a entender los causales de la determinación de la demolición manual, por cuanto, el elemento existente corre peligro durante la ejecución de la obra. A esta categoría se le adosan las subcategorías: edificaciones aledañas, infraestructura vial, infraestructura educativa, redes de servicios públicos y drenajes con su respectivo código, el concepto acerca de la existencia de estos factores se deriva de la rueda de prensa pública, convocada por la alcaldía municipal el 14 de mayo de 2019 y representan algunos de los elementos que pone en consideración para analizar la ejecución de una demolición el profesional en Ingeniería Civil. La tabla 3 muestra el resultado de la existencia del elemento, en la primera columna se presenta la codificación de la subcategoría de acuerdo con la categorización presentada, en la segunda columna, se responde si en el entorno circundante al Edificio Babilonia existe o no dicha subcategoría y en la tercera columna, se presenta el concepto emitido por parte del experto derivado de la rueda de prensa pública, dicho concepto se emite de modo cualitativo.

**Tabla 3**

Elementos de riesgo

| Subcategorías | Si | No | Concepto/Consecuencia  |
|---------------|----|----|--|
| EA            | X  |    | Pérdida de vidas y patrimonio de los residentes del edificio.  |
| IV            | X  |    | Debido a que el edificio se encuentra junto a una vía pública, de materializarse el evento se puede generar afecciones generales sobre la misma. |
| IE            |    | X  |  |
| RS            | X  |    | Mal funcionamiento de los servicios de saneamiento y acueducto.  |
| DN            |    | X  |  |

Fuente: Alcaldía Municipal de Itagüí, Antioquia (2019)

De acuerdo con la información que arroja la tabla 5, es posible inferir que si existen elementos de riesgo que comprometen la seguridad de las personas y lo que hay alrededor del edificio, es posible concluir además, que, en caso tal que la demolición se ejecute de modo diferente al manual; las condiciones de riesgo aumentan puesto que comprometen elementos identificados alrededor o al interior del edificio, de acuerdo con Jiménez Y Ortega (2018) después de analizados los parámetros que están implícitos en el estudio para la demolición, se debe elegir la técnica que menos impactos negativos cause en el entorno; según el concepto “*pérdida de vidas y patrimonio de los residentes del edificio*” resulta valido deducir que la demolición con dinamita, por ejemplo, puede causar graves afectaciones no solo a los bienes e inmuebles, sino también a las familias que residen en el sector, si bien no hay infraestructura educativa ni drenajes, la existencia de las otras subcategorías pone en evidencia el riesgo existente.

En el mismo orden de ideas, el mencionado: “ Debido a que el edificio se encuentra junto a una vía pública, de materializarse el evento se puede generar afecciones generales sobre la misma” sugiere que la demolición del edificio de un modo diferente al método manual, puede afectar la movilidad en el sector, con relación a las redes de servicios públicos dice el concepto “ Mal funcionamiento de los servicios de redes y acueducto” permite suponer que la demolición no dirigida manualmente, puede causar fallas en la prestación de los servicios públicos para los residentes del sector.

Es válido colegir, de acuerdo con la anterior información que se seleccionó la técnica de demolición manual, debido a que puede verse perjudicado las edificaciones aledañas, eventualmente la empresa encargada de la demolición, decide no tomar ese riesgo, puesto que, no se cuenta con la capacidad de soportar vibraciones altas, en tal sentido, seleccionar un tipo de técnica de demolición diferente a la manual podría ocasionar afectaciones o un daño progresivo en todas las edificaciones vecinas.

#### 4.4.1.2. Categoría memoria descriptiva

Para emitir el resultado de esta categoría, este estudio se basa en el informe documental acerca las fallas que tenía la edificación, se presentan a través de la tabla 5. La tabla 4, mostrará el nivel de riesgo que estaba sometía la edificación, siendo el riesgo inadmisibile la calidad de los materiales, daños en elementos verticales y difícilmente reparables, el riesgo tolerable en elementos horizontales y daños posiblemente reparables y el riesgo aceptable en los daños en elementos no estructurales.

**Tabla 4**

| <b>NIVEL DE RIESGO</b>       | <b>Referencia de colores</b> |
|------------------------------|------------------------------|
| Nivel de riesgo Inadmisibile |                              |
| Nivel de riesgo tolerable    |                              |
| Nivel de riesgo aceptable    |                              |

**Fuente:** Elaboración propia.

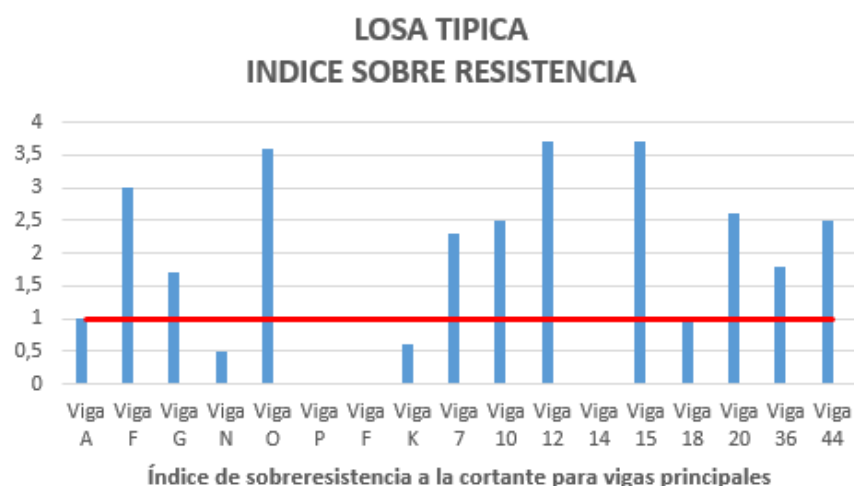
#### 4.4.1.3. Hallazgos del informe de vulnerabilidad

Los hallazgos encontrados en la edificación fueron extraídos del informe de Vulnerabilidad sismorresistente, seguidamente se muestran unas de las causas que tuvieron relevancia a la toma de decisión de la demolición del **EDIFICIO BABILONIA**.

##### 4.4.1.3.1. Índice de sobre resistencia para losas aéreas

El índice de sobre resistencia en general, indican que los elementos estructurales estén trabajando adecuadamente sin haber sobre límites, es decir, generando un buen aporte estructural. En el caso del **EDIFICIO BABILONIA**, muchos elementos como lo son las vigas y las columnas trabajaban por encima del 100%, por lo que dichos elementos tenían problemas de flexión y deficiencias ante cargas a compresión, llegando al caso que la edificación presento un riesgo de colapso inminente, poniendo en peligro al entorno del edificio y sus residentes. La imagen 3 muestra el índice de sobre resistencia de la losa típica del **EDIFICIO BABILONIA**.

**Imagen 3**



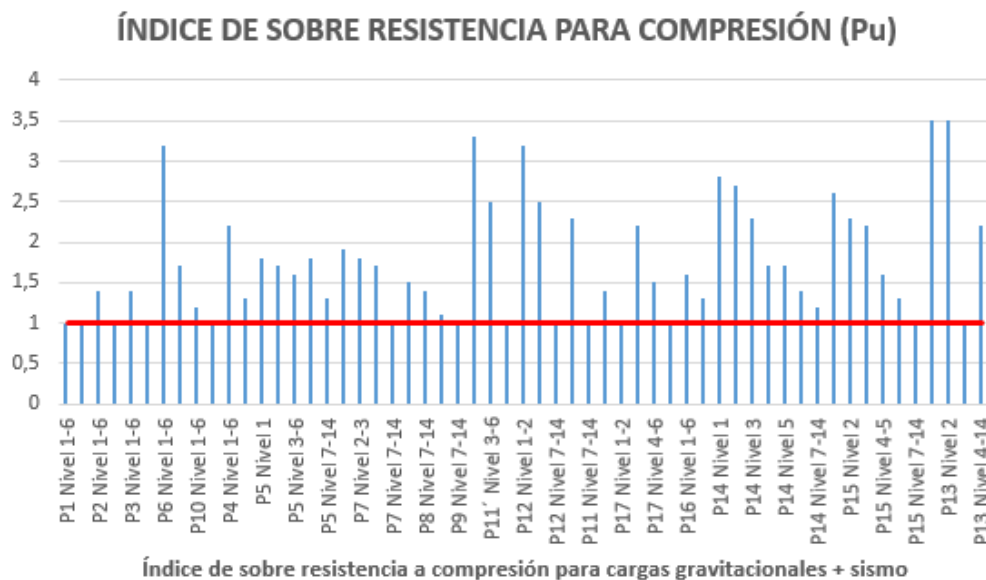
**Fuente:** Informe de vulnerabilidad sismorresistente, Análisis y Diseños.

En el caso de la losa típica del **EDIFICIO BABILONIA**, muchas de las vigas que la componían, estaban trabajando por encima del 100% por lo que la capacidad de resistencia a la fuerza de cortante supera a la de flexión, llegando al caso de que las vigas puedan tener fallas por flexión, lo que no es algo viable para la edificación.

#### 4.4.1.3.2. Índice de sobre resistencia para elementos verticales para cargas gravitacionales + sismo

El índice de sobre resistencia para compresión de las columnas, se puede notar que muchas de dicho elemento que componían el **EDIFICIO BABILONIA**, trabajaban por encima del 100%, por lo que no era eficiente para edificación. Estos elementos no tenían la capacidad de disipar energía en el rango de respuesta inelástico, esto es debido a la baja resistencia que tenían llegando al punto que no eran adecuadas para uso estructural. La imagen 4 muestra el índice de sobre resistencia a compresión del **EDIFICIO BABILONIA**.

Imagen 4

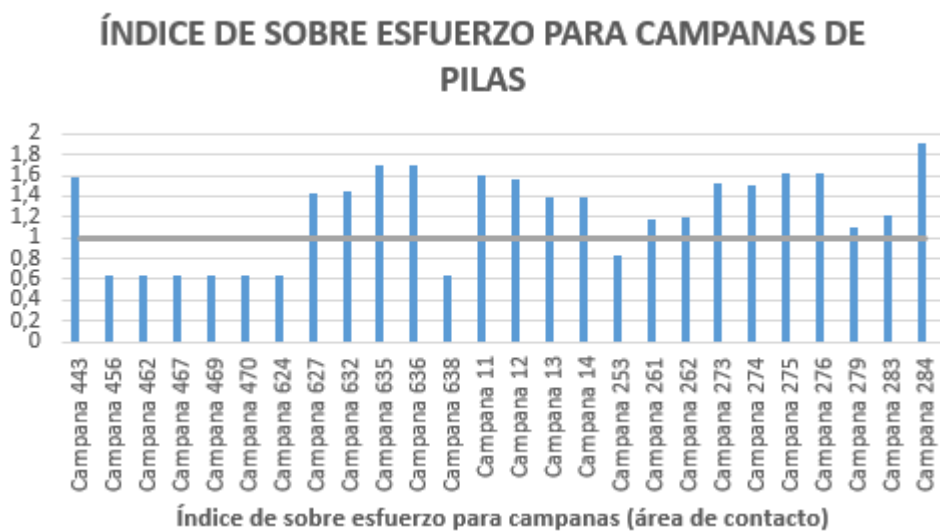


**Fuente:** Informe de vulnerabilidad sismorresistente, Análisis y Diseños.

#### 4.4.1.3.3. Índice de sobre esfuerzo para campanas de pilas

El índice de sobre esfuerzo para las campanas de pilas, se puede observar que muchas de estas trabajaban por encima del 100%. Estas campanas presentaron deficiencias en la cabeza de acero debido a las inconsistencias en los cálculos que se realizaron. Debido a esto, las campanas no trabajaban de la mejor manera, llegando al punto de no poder distribuir las cargas al suelo de la edificación, por lo que la edificación empezó a asentarse. La imagen 5 muestra el índice de sobre esfuerzo para campanas de pilas.

**Imagen 5**



**Fuente:** Informe de vulnerabilidad sismorresistente, Análisis y Diseños.

#### 4.4.1.4. Resultados memoria descriptiva

Posteriormente, la tabla 5 muestra el resultado de la categoría memoria descriptiva a base del informe de vulnerabilidad sismorresistente, Análisis y Diseños. Dando la explicación de cada causa y en como afectaba la estructura como tal.

**Tabla 5**

Categoría memoria descriptiva

| CAUSA  | Justificación   | Efecto   | Nivel de riesgo |
|--|---|--|-----------------|
| Carencia de elementos sismorresistentes (vigas) en la planta estructural. (pag 50)   | En el plano estructural se muestran despieces de los elementos estructurales, pero en la planta estructural faltaron algunos.   | No va a haber una buena capacidad de disipar energía frente a un sismo, por lo que no se tenía una buena seguridad, ya que era complicado reducir deformaciones y esfuerzos. |                 |
| Los elementos estructurales no coincidieron con lo reglamentado, ya que se encontró disminución de sección frente a dichos elementos. (pag 50) | El plano estructural muestra vigas con una dimensión de 30x50, 30x40, 25x40 cm y en la planta estructural se encontraron con una sección de 30x40, 25x40 y 30x40 cm respectivamente.                        | Genera una reducción de rigidez al sistema estructural y no genera un buen soporte estructural.  |                 |
| Se sobre pasa el límite de Asentamientos permisibles, en nuestro caso eran 5 cm. (pag 70)  | (pag 276)<br>Las pilas de cimentación tuvieron una reducción de 3m de profundidad, eran de 16m y fueron construidas de 13m, por lo que no era requerido para garantizar la firmeza adecuada y poder limitar | - Daños acabados y particiones. (pag 75)<br>- Se llegó hasta el punto de que la edificación presentaba movimientos por sí solo.  |                 |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | asentamientos. (pag 276)   |   |  |
| Materiales de baja calidad (Concreto y acero) (pag 80)               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se halló que la resistencia de concreto en algunos elementos estructurales era de 14 MPa sin ajuste a la NSR-10, y se necesitaba una resistencia de diseño de 28MPa.</li> <li>- Se evidencio que había algunas barras longitudinales de acero presentaban alabeo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La estructura se consideró débil y vulnerable, en otras palabras, indicaba deficiencia de rigidez y la capacidad en el sistema principal de resistencia sísmico era defectuoso.</li> <li>- Indican fluencia y trabajo a compresión debido a la baja resistencia del concreto.</li> <li>- La edificación era potencialmente inestable. (pag 277)</li> </ul> |  |
| Fisuras por cortante.  | Se hallaron fallas por capacidad de cortante en vigas principales del sistema de resistencia sísmica.  | Deficiencia en capacidad en algunos elementos principales del sistema de resistencia sísmica. (pag 80)  |  |
| Hay incoherencia en la escogencia del sistema estructural. (pag 271) | El sistema estructural construido, hacía referencia a un sistema combinado; sin embargo, el único sistema que era aplicable para la edificación era el sistema de pórticos de concreto. (pag 112)  | Ya que el sistema estructural era diferente, las cuantías del acero son diferentes y la configuración del mismo. Por lo que el sistema estructural no tenía la capacidad de resistir todas las cargas verticales y las fuerzas horizontales.  |  |
| Falla de elementos verticales por flexión. (pag 106)                 | Se encontró un gran déficit de refuerzo longitudinal.  | Los elementos verticales podrían tener grandes deformaciones, ya  |  |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
|   | También había una gran deficiencia para suplir los esfuerzos concernientes a la flexión debido a las cargas dinámicas de la estructura.   | que los esfuerzos superaran la capacidad de resistencia y generaran que no tengan el mejor contribución estructural.                             |  |
| Las derivas de pisos del sistema no cumplen. (pag 147)                                | No había cumplimiento con la rigidez de la edificación, ya que los elementos verticales eran de poca sección. (pag 148)<br>Deriva máxima 1.3% siendo su límite máximo 1.0% (pag 271)  | Se contemplaron daños graves llegando a un gran esfuerzo de fluencia en los elementos de la estructura, también representaba déficit de rigidez. |  |
| Índice de flexibilidad del sistema con sobre límites. (pag 149)                       | Se halló que superaron las deformaciones permitidas por la NSR-10. Son mayores al 1% de la altura de piso.  | La estructura al desplazarse puede causar daños a los elementos estructurales.   |  |
| La mala calidad de diseño y la construcción o del estado de la edificación. (pag 151) | Debido a que los planos estructurales vs el análisis de la edificación en el estado actual (antes de la demolición) no coincidieron con lo reglamentado, ya que se hallaron falencias tanto en diseño o posibles errores de construcción como lo fueron las reducciones de secciones frente a los elementos estructurales | Altera el planteamiento estructural de la edificación denotando problemas estructurales. (pag 149)   |  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Índice de sobre resistencia en vigas. (pag 155)                                | La mayoría de las vigas trabajaban por encima del 100%, lo que no es adecuado para el edificio.  |  |  |
| Índice de sobre resistencia en elementos verticales para compresión. (pag 216) | La mayoría trabajan Por encima del 100%, debido a la baja resistencia que tenían, no era adecuado para uso estructural.  | Generaba problemas de flexión y deficiencias ante cargas a compresión.   |  |
| Ausencia de refuerzo transversal en elementos verticales (pag 223)             | - En la mayoría de elementos verticales había ausencia de refuerzo transversal.<br>- Las columnas poseían cuantías de refuerzo y detallados similares a los elementos tipo muro (lo que son mucho menores a las exigidas). (pag 272)   | Los elementos verticales no podrán evitar pandeo frente a las grandes fuerzas de compresión y repentinas fuerzas como lo son los sismos. |  |
| Índice se sobre esfuerzo para campanas de pilas (pag 266)                      | Se encontró que algunas campanas eran insuficientes para las cargas de servicio existente en el sistema se cimentación, también había pilas que presentaban deficiencia en la cabeza por acero. Todo esto es debido a que había inconsistencias en los cálculos de campanas. (pag 266) | Las pilas no tenían la capacidad de distribuir las cargas al suelo de la edificación, por lo que la edificación empezó a asentarse.      |  |
| Mampostería no estructural. (pag 268)  | No hubo reforzamiento para los elementos no estructurales  | No tendrán la capacidad de mitigar fisuración horizontal y pandeo lateral  |  |

|                          |  |   |  |
|--------------------------|--|---|--|
|                          |  | frente a eventos sísmicos.  |  |
| Flujo plástico (pag 273) | Por la baja resistencia a compresión de los elementos verticales del sistema, compromete drásticamente la rigidez, lo que no podrá trabajar de la mejor manera estructuralmente. | - Puede llegar a que la edificación presente un colapso.<br>- Se presenta debilidad estructural que puede ocasionar un colapso súbito de la estructura. |  |

Fuente: Elaboración propia

En general, debido a las cantidades de fallas y el riesgo que presentaba el **EDIFICIO BABILONIA**, la estructura como tal, se consideró potencialmente inestable y con un alto riesgo de colapso inminente. Es válido deducir, que, debido al análisis realizado con la matriz CAUSA - EFECTO, la selección de la técnica de demolición manual era la más óptima para el caso concreto, debido a que se encontró que la edificación tenía incoherencias entre los planos de diseño y los que se representan en la edificación construida, se notó la baja calidad de materiales que se usó para su ejecución, se observaba el claro desacato a la norma NSR-10, los índices de resistencia trabajaban por encima del 100% lo que no era bueno para la edificación, llegando al punto que algunos elementos sismorresistentes tenían fisuras por cortante, también se sobrepasaron los límites de los asentamientos permisibles, entre otras fallas por mencionar. Esto formo fallas estructurales que se estuvieron agravando hasta llegar al punto, que el **EDIFICIO BABILONIA** presentaba movimientos por sí solo. Estas fallas, representaron el segundo riesgo inherente que había, porque si se hubiera aplicado una metodología de demolición diferente a la manual, el edificio podría haber generado movimientos inadecuados, lo que conllevaría perjuicios a terceros.

#### 4.5. PROCESO DE DEMOLICIÓN

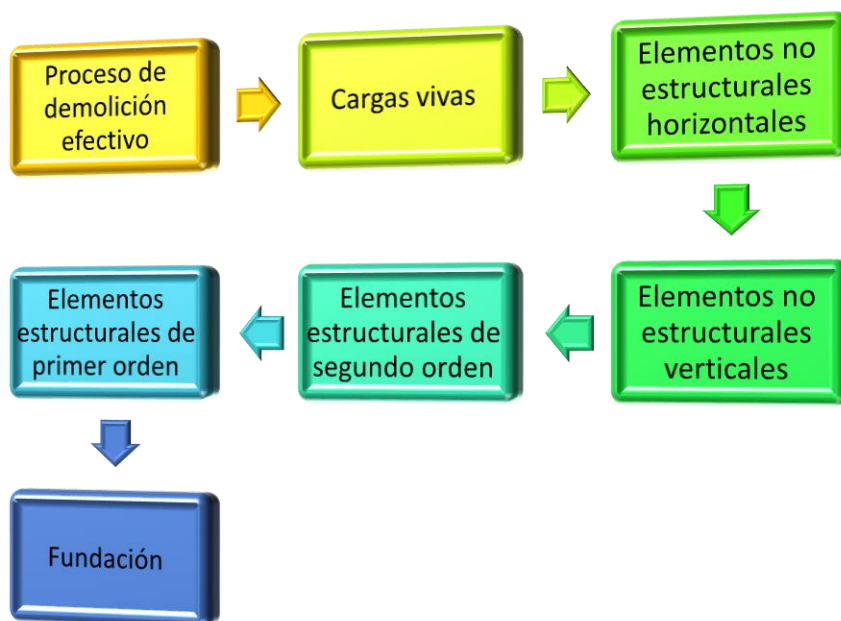
La demolición es una actividad que se realiza en las construcciones o elementos constructivos, se dedica a recuperar, clasificar y reutilizar materiales para poder usarlos en otras obras. Por eso, es necesario realizar un plan de demolición para tener un orden, el cual garantizará un proceso efectivo. Seguidamente se mostraran las etapas que conlleva a un proceso de demolición en edificaciones.

1. Desocupar las cargas vivas de la edificación, por cargas vivas se entiende por las cargas producidas por el uso y ocupación de la edificación.

2. Evacuar los elementos horizontales no estructurales, según la NSR-10 “son los elementos que están aplicados, soportados, fijados o anclados a las losas o a la cubierta de la edificación, (cielo raso, ductos para servicio, rellenos de piso, entre otros).”
3. Desalojar los elementos verticales no estructurales, según la NSR-10 “estos elementos se encuentran erguidos libremente o soportados por los elementos estructurales verticales o fijados a ellos o anclados solamente a las losas de entre piso, (muros de mampostería, muros de drywall, ventanas, puertas, particiones, entre otras).”
4. Sacar los elementos estructurales de segundo orden, (Cubierta, losas, nervios y Vigas).
5. Desocupar los elementos estructurales de primer orden (Muros y columnas)
6. Desocupar la fundación

La imagen 3 mostrara un diagrama las facetas que tiene una demolición en general.

**Imagen 3:** Diagrama de demolición



**Fuente:** Elaboración propia

Para el caso concreto, el *EDIFICIO BABILONIA* se encontraba en unas circunstancias muy graves debido a las fallas tan considerables que tenía, llegando al punto, de que la edificación tenía que ser tratada como una estructura colapsada. Debido a esto, para que se ejecutara la demolición manual en dicha edificación, se tuvo que realizar un estudio minucioso para saber que metodología

usar en el caso que se presentara una calamidad, por lo que aplicaron la técnica BREC (Búsqueda y rescate en estructuras colapsadas) en la estructura. Para algunas edificaciones, es válido considerar que posiblemente se presente un desastre y surja la necesidad de localizar personas atrapadas. Por lo que esta técnica BREC se basa en hacer una guía metodológica que presente unos lineamientos que incluye examinar la manera de como penetrar la estructura para rescatar personas sepultadas. Según Piñeros y Fonseca (2019) el estudio previo a la realización de la demolición, observa las variables de riesgo y recomienda el tipo de maquinaria que se va a usar para el desmontaje manual con el propósito de minimizar los embates que genera la demolición. En la imagen 4, se puede observar cómo los trabajadores estaban amarrados a las grúas, esto es en el caso de que hubiera pasado un desastre o una calamidad trágica, las grúas tengan la capacidad inmediata de intervenir sacando a los trabajadores del edificio para salvaguardarlos.

**Imagen 4:** Sistema de seguridad BREC



**Fuente:** Alcaldía Municipal de Itagüí, Antioquia 2021

En el proceso de demolición manual del **EDIFICIO BABILONIA**, el uso de herramientas que utilizaron para cortar algunos elementos de la edificación fue; la unidad manual darda con brazo, dos robots, sierra de corte de concreto, sierra de corte de acero., entre otros. En la imagen 5 se observan algunas herramientas con las que realizaron cortes en los elementos de concreto.

**Imagen 5:** Equipos usados en la demolición del **EDIFICIO BABILONIA**



**Fuente:** Brindado por la empresa JOLA S.A.S.

Al saber que la edificación se encontraba en un estado crítico y fue tomada como una estructura colapsada, algunos elementos se tenían que demoler de manera estratégica, con el fin de tener un equilibrio en la estructura para poder evitar un colapso. Al aplicar la técnica BREC, lo primero que hicieron fue realizar unas estructuras de apoyos llamados apuntalamientos desde el primer piso hasta el sexto. Dichos apuntalamientos garantizaron a lo sumo una resistencia de 80 toneladas en el primer y segundo piso, de ahí de forma escalonada hasta el piso 6, garantizaron una resistencia de 60 toneladas o más, con el fin de evitar un colapso total o parcial en la estructura. En la imagen 6 se puede ver un proceso de apuntalamiento en general que se le realizan a las edificaciones.

**Imagen 6:** Proceso de apuntalamiento – ‘BREC



**Fuente:** Extraído de <https://www.rhestructuras.com/apeos-y-apuntalamientos/especiales/antigua-estacion-de-zaragoza-el-portillo-zaragoza/>

Al iniciar la demolición manual en el **EDIFICIO BABILONIA**, se llevaba a cabo un seguimiento topográfico, que examinaba el comportamiento de la edificación, realizando chequeos durante todo

el proceso tres veces al día; para ello, usaba equipos de drones para tener una mejor efectividad en el proceso.

Siguiendo la idea anterior, los elementos que se demolían fueron evacuados inmediatamente para impedir concentraciones de pesos, ya que la estructura no tenía la suficiente capacidad de resistir dichas concentraciones. La imagen 6 muestra como retiraban algunos elementos de la edificación.

**Imagen 6:** Evacuación de elementos del *EDIFICIO BABILONIA*



**Fuente:** Brindado por la empresa JOLA S.A.S.

En concreto, el estudio de vulnerabilidad sísmica que encierra el concepto técnico para la toma de la decisión de demoler de forma manual el *EDIFICIO BABILONIA* en Itagüí en el año 2018, sugiere que ejecutar cualquier tipo de reforzamiento para la estructura resultaría, en su momento ser infructuoso, por cuanto, los índices sobre el esfuerzo horizontales y verticales de la construcción y otras fallas por mencionar, no integran unos parámetros adecuados de resistencia sísmica, lo que en el caso tal de una eventualidad, llevaría a un desastre, en tanto, se hace hincapié en los elementos de riesgo y la evaluación del mismo, para tomar la decisión de priorizar una pérdida material sobre una eventual pérdida de vidas y afectaciones a los bienes ajenos.

## 4.6. CONCLUSIONES

Los temas relacionados en el campo de la ingeniería, suelen estar vinculados con los contenidos cuantitativos, sin embargo, esta investigación muestra que, pese a esta visión punitiva de esa área del saber, es posible concluir en términos cualitativos algunas aportaciones que llevan a mejorar la práctica profesional en el ramo de la Ingeniería Civil, puesto que, al analizar las causas, se permitió comprender a través de la experiencia del proceso, que la demolición del Edificio Babilonia ubicado en el municipio de Itagüí, Antioquia, debía realizarse de modo manual, debido a que se encontraron algunos riesgos inherentes:

- Las edificaciones aledañas, ya que estas no soportaban vibraciones altas, por lo cual, si se hubiera ejecutado una metodología de demolición diferente a la manual, como por ejemplo por implosión, hubiera ocasionado un perjuicio mayor como lo sería un colapso progresivo al entorno de la edificación.
- Las fallas estructurales, por cuanto se encontró que hubo un desacato a la norma NSR-10, que los diseños no concordaban con los planos, la baja calidad de materiales de construcción, índice de sobre resistencia en elementos verticales, fisuras por cortante, entre otras fallas por mencionar, por este motivo la edificación se consideraba inestable, llegando al punto de ser tratada como una estructura colapsada, por lo cual la metodología de demolición tenía que ser manual.
- Ya que la edificación se categorizó como una estructura colapsada y generaba movimientos por sí sola (estructura inestable), si se hubiera ejecutado otra metodología de demolición diferente a la manual, el edificio hubiera tenido unos movimientos inadecuados afectando a la comunidad; por ende, la aplicación de la técnica BREC era de gran importancia para evitar calamidades tanto a las personas que realizaron la demolición como a las edificaciones aledañas.
- El Proceso de demolición que tuvo aplicabilidad en el **EDIFICIO BABILONIA** fue el más efectivo, ya que al culminar dicho proceso no tuvieron ningunas afectaciones, tanto al entorno en general que era un riesgo inherente como a las personas que realizaron la demolición, ya que había un alto riesgo de colapso. Por tal motivo, se concluye que la metodología BREC fue de gran relevancia para impedir los daños a terceros y poder salvaguardar a las personas que realizaron la demolición manual.

## REFERENCIAS

- (Unidos, 2005) Gobierno de los Estados Unidos (2005) *Búsqueda y rescate en estructuras colapsadas (BREC)*. Recuperado de: <https://scms.usaid.gov/sites/default/files/documents/1866/MR-BREC.pdf>
- (Jiménez, 2018) Jiménez, A., Ortega L. (2018) METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE DEMOLICIÓN. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. Disponible en: [https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/16300/CB\\_0576461.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/16300/CB_0576461.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- (Betancur, 2019) Noticias el Tiempo. (2019, 7 de octubre). *Las dudas que quedaron tras la demolición del edificio Babilonia*. Eltiempo.com
- Noticias Caracol. (14 mayo de 2019). *Demolición del edificio Babilonia de Itagüí será con equipos robóticos y tardará 30 días* [Vídeo]. YouTube. <https://bit.ly/38Zw7Ls>
- (Nieto, 2019) Nieto, J. (13 de mayo de 2019) *Comenzó el proceso de demolición del edificio Babilonia, de Itagüí*, El Tiempo, pp.16-17
- (Piñeros, 2019) Piñeros, F., Fonseca, J. (2019) Guía metodológica para el desarrollo técnico de demoliciones en estructuras de concreto mediante sistema mecánico. Epub., vol.20, 487-507. Disponible en: <https://www.scielo.es>
- REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMORESISTENTE NSR-10. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/9titulo-i-nsr-100.pdf>
- (Sarduy, 2007) Sarduy, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista Cubana de Salud Pública*, 33(3) Recuperado en 14 de mayo de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662007000300020&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662007000300020&lng=es&tlng=es).
- (Maya Rojas, 2014) Maya Rojas, O. M. Análisis técnico y económico para el uso de alternativas de demolición en el Edificio No. 19 José Celestino Andrade de la PUJ. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/16789/MayaRojasOscarMauricio2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- (Moreno, 2005) Moreno, D. F. P. (2005). Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones. *Facultad de Ingeniería*, 15(19), 7. Disponible en: [https://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/encuentros-suelosyestructuras/documentos/vulnerabilidad/01\\_diego\\_paez.pdf](https://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/encuentros-suelosyestructuras/documentos/vulnerabilidad/01_diego_paez.pdf)