ESTUDIO SOBRE LAS DEMOLICIONES DE EDIFICIOS CON EXPLOSIVOS EN EL EJE CAFETERO DURANTE EL AÑO 1999

PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO

OPCIÓN DE GRADO:
TRABAJO DE GRADO

SULLY MARCELA VEGA AVELLANEDA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA - FAEDIS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE DE 2015

ESTUDIO SOBRE LAS DEMOLICIONES DE EDIFICIOS CON EXPLOSIVOS EN EL EJE CAFETERO DURANTE EL AÑO 1999

SULLY MARCELA VEGA AVELLANEDA

CÓDIGO: 7302145

Propuesta de grado presentada como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Civil

Director:

Ing. CESAR AUGUSTO LOPEZ QUINTERO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA - FAEDIS

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE DE 2015

Bogotá, D.C., Febrero de 2016

Señores:
COMITÉ DE OPCIÓN DE GRADO
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
Ciudad. Bogotá D.C.

Ref.: Presentación propuesta

En cumplimiento del reglamento de la facultad para el desarrollo de la opción de grado, me permito presentar para los fines pertinentes la propuesta titulada: "**Estudio sobre las demoliciones de edificios con explosivos en el eje cafetero durante el año 1999**".

El Director es el Ingeniero Cesar Augusto López Quintero.

Atentamente,

_____
Sully Marcela Vega Avellaneda
Código: 7302145
Estudiante de Ingeniería Civil

Aprobación

La propuesta de grado titulada "**Estudio sobre las demoliciones de edificios con explosivos en el eje cafetero durante el año 1999**", opción de grado trabajo de grado presentada por la estudiante Sully Marcela Vega Avellaneda en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de "Ingeniero Civil" fue aprobada por el Director:

_____

Ing. Cesar Augusto López Quintero
Director Universidad Militar Nueva Granada

Dedicatoria

A Dios, a mis padres y
todos aquellos que me
acompañaron durante
este proceso académico.

Agradecimientos

Los autores agradecen:

- Al Ing. Cesar López por su acompañamiento en el proceso de investigación de este documento, además de las bases académicas y seguimiento investigativo constante brindado.

- Al Ing. Luis Alberto Garzón por toda la información y experiencias brindadas durante la ejecución de este documento.

- A la Ing. Carol Arévalo por sus bases académicas y seguimiento brindado en esta ejecución.

Advertencia

La universidad Militar “Nueva Granada” No se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados por los autores en sus respectivos trabajos de grado; sólo vela porque no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no contenga ataques personales y únicamente se vea en él el anhelo de buscar la verdad científica.

(Artículo 60 “de la responsabilidad sobre los trabajos de grado”. Reglamento Estudiantil)

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen	10
2. Introducción	11
3. Objetivos	16
4. Justificación	17
5. Resultados esperados	18
6. Alcance	19
7. Marco teórico	20
8. Estado del arte de demoliciones en Colombia	21
9. Antecedentes de demoliciones con explosivos en Colombia	23
10. Tipos de construcción de la época	25
10.1 TÍTULO C — Concreto estructural	25
10.2 TÍTULO D — Mampostería estructural	26
10.3 TÍTULO E — Casas de uno y dos pisos	27
10.4 TÍTULO F — Estructuras metálicas	27
10.5 TÍTULO G — Estructuras de madera y Estructuras de guadua y otros	29
11. Tipos de explosivo utilizados en demoliciones	31
11.1 Propiedades de los explosivos	31
11.1.1. Fuerza o Potencia	31
11.1.2. Velocidad de detonación	32
11.1.3. Densidad	33
11.1.4. Presión de detonación	34
11.1.5. Sensibilidad	34
11.1.6. Resistencia al agua	35
11.1.7. Emanaciones	35
11.1.8. Inflamabilidad	35
11.2 Tipos de explosivos	36
11.2.1 Indugel Plus AP	37
11.2.2. Mecha de seguridad:	38
11.2.3. Cordón detonante:	39
11.2.4.Detonador	40
11.2.4.1 Detonador Nonel	42
11.2.4.2 Dispositivos eléctricos	42
11.2.4.3 Dispositivos aneléctricos	42
12. Utilización de voladuras	43
12.1 Generalidades	43
12.2 Tipos de demoliciones	43
12.2.1. Demolición manual	43

12.2.2. Hundimiento provocado	44
12.2.3. Demolición mecánica	45
12.2.4. Demolición con el uso de explosivos	45
13. Variables en el diseño de voladuras	46
14. Normatividad	49
15. Escenario	50
15.1 Principales causas de debilitamiento de estructuras:	51
15.2 Edificaciones y afectaciones estructurales y regionales	52
15.3 Generación de escombros	54
16. Ejemplos de demoliciones	54
16.1 Edificio Manolete (Voladura de una dirección)	57
16.2 Edificio sevillas 2 (voladura en una dirección)	59
16.3 Edificio manhatan (voladura con desplome)	61
16.4 Edificio Claudia María (Voladura en una direccion)	63
16.5 Colegio sagrada familia comunidad capuchina ala lateral (voladura en una dirección)	65
17. Entrevista ingeniero Luis Alberto Garzón	67
18. Conclusiones	71
19. Referencias bibliográficas	72
20. Bibliografía	73
21. Anexos	76

1. INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estado del arte	20
Tabla 2: Antecedentes demoliciones por voladuras en Colombia	24
Tabla 3 : Tabla de numero de cartuchos de determinada fuerza para igualar un cartucho de diferente fuerza.	32
Tabla 4 : Densidades de los explosivos	34
Tabla 5 : Usos y propiedades de los explosivos.	36
Tabla 6: Especificaciones del producto	37
Tabla 7: Características indugel	38
Tabla 8: Características mecha	39
Tabla 9: Características cordón	40
Tabla 10: Otras características cordón	40
Tabla 11: Propiedades Técnicas detonador	41
Tabla 12: Características detonador	42
Tabla 13: conceptos de propagación de vibración	49

1. INDICE DE GRAFICOS

Gráfica 1: Árbol del problema	15
Grafica 2 : Construcción con concreto estructural	26
Grafica 3 : Construcción con mampostería estructural	27
Grafica 4 : Construcción con mampostería confinada	28
Grafica 5 : Construcción con estructuras metálicas	29
Grafica 6 : Construcción con otros materiales	29
Grafica 7: Porcentajes de sistemas de construcción utilizados en Colombia.	30
Grafica 8 : Afectación de propiedades según su velocidad de detonación.	33
Grafico 9: Indugel plus ap	37
Grafica 10: Mecha de seguridad	38
Grafica 11: Cordón detonante	39
Grafica 12: Otras características detonador	41
Grafica 13: Demolición de elemento estructural	44
Grafica 14: Demolición mecánica	45
Grafica 15: Demolición con explosivos	46
Grafica 16: voladura en una dirección.	55
Grafica 17: voladura con desplome	55
Grafica 18: Edificio Manolete	57
Grafica 19: Edificio Manolete	58
Grafica 20: Edificio Sevillas 2	59
Grafica 21: Edificio Sevillas 2	60
Grafica 22: Edificio Sevillas 2	60
Grafica 23: Edificio Manhatan	61
Grafica 24: Edificio Manhatan	62
Grafica 25: Edificio Claudia María	63
Grafica 26: Edificio Claudia María	64
Grafica 27: Edificio Colegio Sagrada Familia	65
Grafica 28: Edificio Colegio Sagrada Familia	66

Resumen

La información acerca de la utilización de explosivos en demoliciones de edificios suele ser poca y casi nula en alguna ocasiones, si bien es cierto que nuestro terreno geográfico muestra fallas y catástrofes naturales a las que estamos expuestos las cuales podrían debilitar de manera directa nuestras estructuras, así como variantes tales como el tiempo, la utilización y tráfico de cada una de ellas, las cuales debilitan en gran medida la estabilidad en puntos de carga de las mismas, haciendo casi nulos trabajos de reconstrucción o reparaciones y haciendo necesaria para la mitigación de riesgos y protección del pueblo, la demolición de las mismas para generación de nuevos proyectos y estructuras construidas normalmente en pro del desarrollo comunitario.

Por ello y ya que la información del uso de explosivos en demoliciones de edificaciones en el contexto colombiano se encuentra condensada en muy pocos documentos destinados al estudio y utilización del mismo, se realiza la ejecución de este trabajo, donde se condensa en gran medida el material de aporte de la historia tanto técnica como empírica del inicio real de la utilización de explosivos en demoliciones controladas en el eje cafetero como inicio, practica y evolución de las demoliciones en Colombia.

Introducción

Este trabajo pretende la realización de un documento que ddeterminar cuál fue el método de diseño para demolición de edificios con explosivos durante el año 1999 en el eje cafetero, para de esta manera determinar aspectos básicos que puedan otorgar una fuente importante de información para futuras prácticas., sabiendo a su vez que las demoliciones con explosivos además de ser un tema complejo y poco explorado, tiene la peculiaridad de tener muy poca información tanto virtual como física.

En Colombia la existencia de documentación especifica acerca de demoliciones con explosivos se encuentran en muy pocas entidades de nuestro país, es decir las normativas y determinaciones acerca del uso y manejo de explosivos en este tipo de métodos estaba reglamentada por organismos internacionales mas no por normatividad directa de nuestro país tomando la demolición con explosivos, como la colocación de pequeñas cargas en puntos estratégicos de la edificación con el objetivo de lograr la inestabilidad total del edificio así como la fragmentación del mismo durante la caída por efectos de la gravedad ahorrando costos, tiempo y personal en su ejecución.

El año 1999, principalmente después del terremoto de armenia fue la escuela transcendental de aplicación de diseños y métodos en la demolición de edificios debido al riesgo y daños profundos a nivel estructural que presentaban más del 65% de las edificaciones en la región del eje cafetero, por lo cual se hizo un curso intensivo de aplicación y generación de nuevas normas acerca del tema con este episodio en nuestro país, en esta liberación repentina de energía, la ciudad de armenia fue la más afectada sufriendo daños irreparables en sus estructuras, donde se necesitaba urgentemente la demolición total de sus edificaciones por ser consideradas de alto riesgo por colapso, para lo cual se envió una comitiva de ingenieros de la industria militar INDUMIL, en cabeza del Ing. Luis Alberto Garzón, quien fue asignado de las demoliciones en el eje cafetero implementando sus diseños de voladuras de acuerdo a cada edificación, las cuales hoy en día son tomadas como base del presente del trabajo y como fuente de las demoliciones en Colombia.

Las personas sapientes en el tema son pocas, y normalmente son ellos mismos los generadores de nuevas expectativas y metodologías de aplicación, mas no existen estudios o pautas principales a nivel escrito que puedan generar una base de conocimiento para posteriores trabajos de investigación, en comparación con

países de américa latina, nuestro país es el único que diseña e implementa demoliciones por medio de voladura, pero aun así es un campo relativamente joven en el cual existe una baja capacidad operante de la ingeniería colombiana, donde pocas empresas poseen personal con manejo del tema así como industrias que manejen este tipo de elementos.

Por ello se hace necesario el estudio de los inicios del tema de demoliciones en Colombia, siendo esto un gran aporte a nivel ingenieril para la ejecución de nuevas propuestas y trabajos del tema con temáticas aterrizadas y con antecedentes ya investigados anteriormente.

Planteamiento del problema

Bajo este contexto, se plantea el siguiente problema:

"*Poca existencia de documentación virtual y física acerca del tema de las demoliciones de edificios con explosivos en eje cafetero enfocado al año 1999 donde se realizó el primer acercamiento, ejecución y trabajo de gran magnitud con explosivos generando así ventajas, desventajas, errores y buenas prácticas en su uso, de lo cual básicamente es nula la información que se encuentra acerca del tema en Colombia*"

De acuerdo con esta situación, el interrogante principal del proyecto propuesto se define como:

¿Cuáles fueron los métodos utilizados en el diseño para demoliciones de edificios con explosivos después del terremoto del eje cafetero en el año 1999?

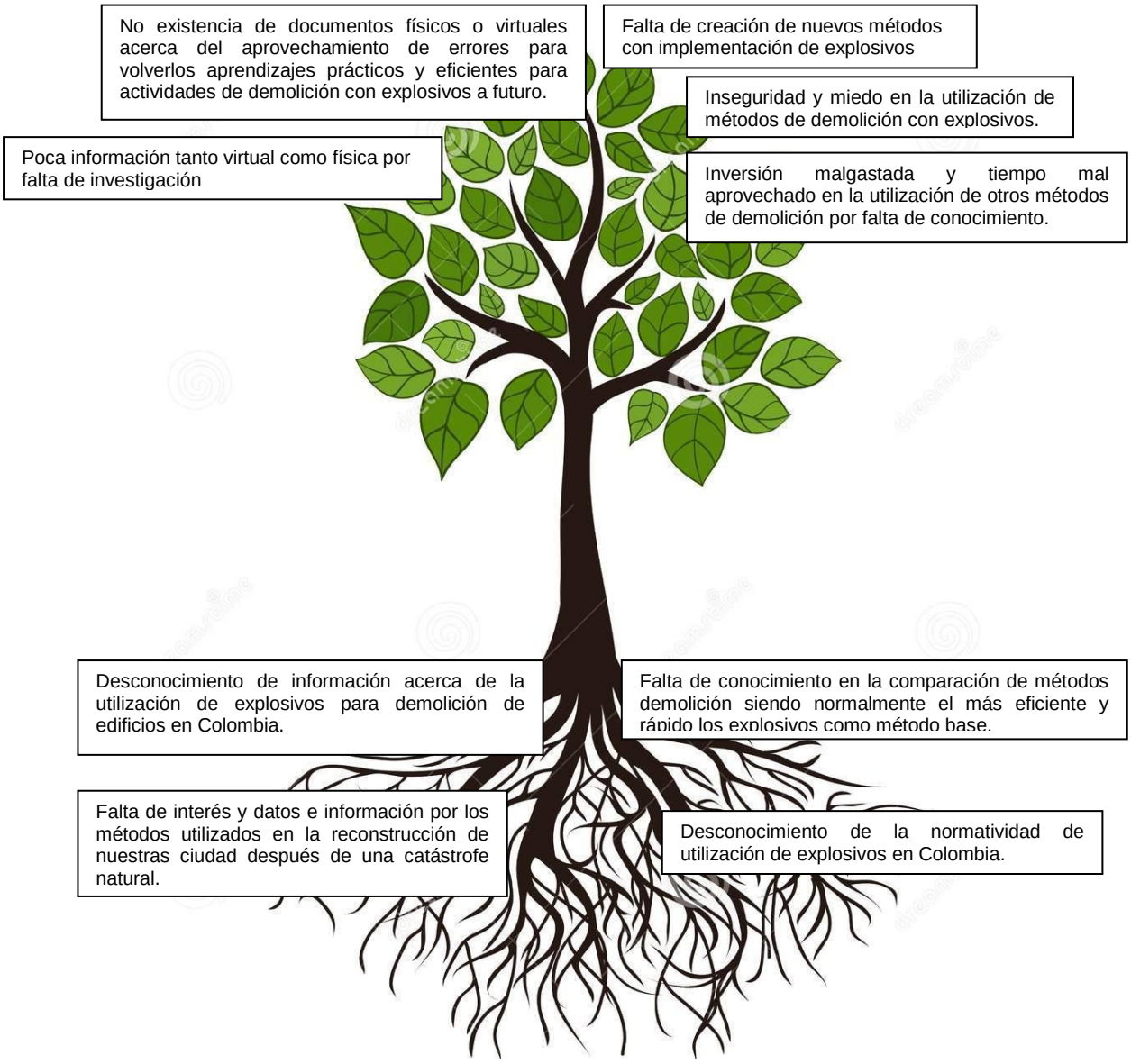
El árbol del problema se ha construido considerando las siguientes causas y consecuencias:

Causas:

1. Desconocimiento de información acerca de la utilización de explosivos para demolición de edificios en Colombia.
2. Falta de conocimiento en la comparación de métodos de demolición siendo normalmente el más eficiente y rápido los explosivos como método base.
3. Falta de interés y datos e información por los métodos utilizados en la reconstrucción de nuestras ciudad después de una catástrofe natural.
4. Desconocimiento de la normatividad de utilización de explosivos en Colombia.

Consecuencias:

1. Inversión malgastada y tiempo mal aprovechado en la utilización de otros métodos de demolición por falta de conocimiento.
2. Inseguridad y miedo en la utilización de métodos de demolición con explosivos.
3. Poca información tanto virtual como física por falta de investigación.
4. Falta de creación de nuevos métodos con implementación de explosivos.
5. No existencia de documentos físicos o virtuales acerca del aprovechamiento de errores para volverlos aprendizajes prácticos y eficientes para actividades de demolición con explosivos a futuro.



Gráfica 1: Árbol del problema
Fuente: Elaboración propia

Objetivos

Objetivo general:

- Determinar cuál fue el método de diseño para demolición de edificios con explosivos durante el año 1999 en el eje cafetero, para de esta manera determinar aspectos básicos que puedan otorgar una fuente importante de información para futuras prácticas.

Objetivos específicos:

- Analizar y determinar la afectación estructural de los edificios a demoler, y de esta forma verificar cada uno de los métodos utilizados según su afectación.

- Describir las ventajas y los problemas presentados para la demolición con explosivos de edificios y generar nuevas pautas y aprendizajes en su ejecución.

- Indagar sobre los métodos y aplicación de explosivos utilizados para la demolición de edificios.

- Determinar qué tipo de explosivo, su fabricación, ubicación y planeación logística para la demolición y sus ventajas, desventajas y aprendizajes de ejecución.

Justificación

La demolición de edificaciones con explosivos se propuso como un método alternativo de gran eficiencia y rapidez con el cual se podían realizar fácilmente las demoliciones necesarias para poder reconstruir las ciudades devastadas por la guerra, catástrofes o por debilitamiento estructural de las mismas; inicialmente la Ingeniería se apoyó en el método del ensayo y error y con el transcurrir de los últimos años se han mejorado dichos métodos de demolición, encontrando aprendizajes, ventajas y desventajas de cada uno de los métodos en ejecución.

Se hace necesario investigar a fondo los métodos utilizados en la demolición de edificios en Colombia, tomando como escuela o como inicio de actividades con explosivos en Colombia el episodio del terremoto del eje cafetero con magnitud de 6,4 grados en la Richter el 25 de enero de 1999, donde las estructuras principalmente de Armenia y sus alrededores fueron totalmente destruidas, haciendo necesaria la intervención de métodos de demolición con explosivos para poder proceder con la reconstrucción del eje cafetero.

En el eje cafetero principalmente y durante este año de estudio, fueron demolidos en Colombia aproximadamente 60 edificaciones correspondientes a casi el 70% de la población las cuales mostraron un debilitamientos brusco durante ese año, los cuales afectaban directamente la estabilidad de las estructuras haciendo necesarias demolición asistida.

Existe una gran desinformación y poca documentación acerca de la utilización de este tipo de métodos en Colombia, haciendo de este un tema que necesita investigación y práctica, para posibles reconstrucciones después de catástrofes a futuro.

El evaluar el tipo de explosivo, ubicación y metodología utilizado para la demolición, nos ayuda a evaluar experiencias, problemas, ventajas y posibles soluciones para lograr la optimización a futuro de dicha metodología para mitigar errores en la ejecución de demolición de estructuras en general y sirviendo como base de conocimiento para nuevas investigaciones acerca del tema.

Resultados esperados

- Lograr determinar ventajas y desventajas en la utilización de explosivos para demolición de edificaciones
- Comparar de manera práctica y sustentada los métodos de demolición existentes y así determinar eficacia, duración y economía de cada uno de ellos.
- Determinar cómo actúan los métodos de edificación ante la acción de los explosivos.
- Estudiar cálculos de carga y ubicaciones de explosivos para la demolición de una edificación a parir de diseños estructurales y determinación del tipo de estructura a intervenir.
- Generación de propuestas para la búsqueda y ampliación de información acerca del tema en nuestro país.

Una vez superados los tiempos de búsqueda de información, análisis de la misma, establecer cuadros comparativos de metodología de demolición con explosivos usadas en Colombia durante el año 1999 y tener la información disponible se busca la generación de información física y virtual de primera mano, que analice y aporte nuevos elementos para mejorar lo existente y contribuir desde la academia a la difusión de esta información para futuras investigaciones y generar mejoras como futuros constructores.

Alcance

- Posee un alcance tanto exploratorio como descriptivo, debido a que se hace necesario la descripción del estado de las estructuras antes y después de episodios de debilitamiento sucedidos durante el año 1999 así como la aplicación de explosivos en su demolición, evaluando características básicas de su comportamiento, ventajas, desventajas, errores, buenas practicas, aspectos económicos y daños causados, siendo un tema poco estudiado a nivel ingenieril, pero contribuyendo de esta forma al país de manera directa para investigaciones más profundas a futuro.

Alcance exploratorio:

El proyecto o temática a tratar es uno de los temas con más poca información tanto física como virtual existentes en Colombia, es un tema poco estudiado, pero de gran interés e impacto en la sociedad actual, es decir, la demoliciones de cada uno de los edificios y estructuras afectadas ayudaron en gran medida a la construcción y renacimiento de la sociedad actual en el eje cafetero, buscando de esta forma que el énfasis en este tipo de procedimientos sea una pauta de investigación para temas cada vez más avanzados a nivel ingenieril.

Alcance descriptivo:

La descripción de las características, ventajas, desventajas, daños e imprevistos tanto anteriores como actuales establecerán un parámetro de ejecución a futuro en el ámbito de demoliciones de edificaciones y generara pautas para la mitigación de errores y generación de métodos cada vez más seguros y eficientes.

- El documento final tendrá información escrita acerca del uso y manejo de explosivos en demoliciones de edificaciones durante este año, así como el respectivo estudio y análisis de datos, cifras y bases experimentales de la aplicación de estas técnicas en Colombia, evaluando sus ventajas, desventajas, aprendizajes y buenas practicas, teniendo en cuenta que este año y durante esta catástrofe natural se establecieron las bases específicas para el manejo de explosivos en demoliciones en Colombia.

Marco teórico

8. Estado del arte

En la revisión del estado del arte que hasta el momento se ha realizado por parte de los proponentes se ha evidenciado que en Colombia no existen estudios enfocados a la implementación de explosivos en la demolición de edificios y muy poca información acerca del tema la Colombia. Por esta razón se toman los siguientes documentos preliminares como referentes para la construcción de nuestra investigación:

Año	ESTUDIO SOBRE LAS DEMOLICIONES DE EDIFICIOS CON EXPLOSIVOS EN EL EJE CAFETERO DURANTE EL AÑO 1999
1971	**Tema:** Department of the field manual explosives and demolitions. ee.uu **Asunto:** Determina caras, cálculos y variables a tener en cuenta en la utilización de explosivos a nivel militar.
1973	**Tema:** manual de dupond, diferentes usos de los explosivos, México centro regional de ayuda técnica. **Asunto:** Caracteriza de manera específica los usos y riesgos de distintos tipos de explosivos así como valores agregados de disposición.
1987	**Tema:** Manual de perforaciones y voladuras en roca de Madrid. **Asunto:** Especifica variables a tener en cuenta en el diseño de voladuras a cielo abierto, brindando información de tipo geológico así como especificaciones básicas de disposición.
1989	**Tema:**DECRETO 182 DE 1999 / DECRETO MUNICIPAL 016 DE 1999 / DECRETO 919 DE 1989 / DECRETO MUNICIPAL 022 DE 1999 - ARTICULO 2 / DECRETO 909 DE 1989 - ARTICULO 24

	Asunto: En casos de riesgo por calamidad o desastre natural, se puede disponer la demolición o intervención de edificaciones sin autorización del Ministerio de Cultura
1994	**Tema:** La utilización de los explosivos en la Ingeniería civil, conocimiento de explosivos, Bogotá, **Asunto:** Determinación de utilización y procedimiento de explosivo en Colombia.
1996	**Tema:** Empleo de los explosivos en obras de Ingeniería Civil y Militar. Bogotá. Primer centenario de la imprenta y publicaciones de las F.F. M.M. **Asunto:** Determina y analiza la utilización de explosivos a nivel ingenieril.
1996	**Tema:** Manual de explosivos y demoliciones, quinta edición de ejecito. **Asunto:** Muestra paso a paso la utilización de explosivos y sus ventajas y desventajas.
1998	**Tema:** Utilización, manejo y seguridad de los explosivos permisibles, Universidad Militar “Nueva Granada”. Facultad de Ingeniería Civil. **Asunto:** Brinda información acerca del manejo y seguridad normativa de explosivos.
1999	**Tema:** Inician derrumbe de edificios**,** Felipe Caicedo/Enviado especial, periódico el tiempo, 1 de febrero de 1999. **Asunto:** Explicación de la gravedad de debilitamiento de estructuras y el porcentaje de un 65% de la ciudad que será demolida con ayuda de Instituto Nacional de Vías (Invías).
1999	**Tema:** Comienzan demoliciones en el centro de armenia, Periódico el tiempo, 3 de febrero de 1999 **Asunto:** Noticia que determina el reconocimiento de debilitamiento de estructuras así como al aplicación de colores según la gravedad de estabilidad de las mismas, para ser demolidas.

1999	**Tema:** Fondo para la reconstrucción y desarrollo social del eje cafetero (FOREC). **Asunto:** Explicación de FOREC (Fondo para la Reconstrucción y Desarrollo Social del Eje Cafetero), mediante el Decreto 197 del 30 de enero de 1999. Entidad ésta del Orden Nacional con sede en la ciudad de Armenia, la cual dio los recursos necesarios no solo para la reconstrucción de reconocimiento de victimas sino también la base establecida para demolición de edificios con explosivos en la ciudad.
1999	**Tema:** Escamilla y Novoa. **Asunto:** Explicación detallada acerca de las evaluaciones de los ingenieros acerca de los edificios que había que demoler con urgencia para evitar más accidentes.
2002	**Tema:** Reconstrucción del Quindío. **Asunto:** Este texto se compone de varios ensayos que fueron escritos por profesores e investigadores de la Universidad del Quindío.
2002	**Tema:** Monsalve Jaramillo. **Asunto:** Explica de manera profunda la falla geológica por la cual fue causado el acontecimiento que destruyo y debilito en gran medida las estructuras existente en dicho departamento.
2003	**Tema:** programa de simulación para demolición de estructuras porticadas en concreto con utilización de explosivos. **Asunto:** Determina la utilización de un programa de software para determinar la aplicación de cargas en edificaciones porticadas en concreto.
2009	**Tema:** Reglamento militar para utilización de explosivos en Colombia **Asunto:** Especifica como un manual la utilización de explosivos en Colombia según la reglamentación de las fuerzas militares Colombianas.
2013	**Tema:** Universidad complutense de Madrid, tesis doctoral, comunicación en tiempos de desastre : el caso del terremoto en armenia-Quindío

	Asunto: Determinación de todos los municipios afectados así como estructuras demolidas en totalidad.
2013	**Tema:** Perforación y voladura de rocas en minería **Asunto:** Brinda tablas y cuadros de normatividad y ejecución de barrenos y perforaciones para voladuras a cielo abierto en minas.
2013	**Tema:** NFPA 495 (explosive materials code) **Asunto:** posee toda la normativa y especificaciones profundas de uso de explosivos a nivel de voladuras, es el manual bajo el que se rigen las normativas de explosivos en muchos países.
2015	**Tema:** demoliciones de edificaciones en concreto armado por voladuras en Colombia **Asunto:** Determina las variables de diseño de voladuras a partir de la evaluación de la estructura a demoler.

Tabla 1: Estado del arte
Fuente: Elaboración propia

9. Antecedentes de demoliciones en Colombia

Las únicas dos entidades en Colombia que se han dedicado directamente o han sido participes en el campo de la utilización, manejo y exploración de explosivos han sido el sector militar y la empresa Atila hasta el momento, las cuales durante la ejecución de voladuras en el eje cafetero en 1999 después del terremoto que genero e debilitamiento de gran cantidad de estructuras, dieron las contratadas o contactadas para la realización de estas labores, a continuación se muestra el historial de demoliciones existentes en Colombia a la fecha:

NOMBRE ROYECTO	CIUDAD	EMPRESA ENCARGADA
Demolición por el sistema de IMPLOSION edificio comando centro de información y entrenamiento de infantería de marina	Coveñas	Atila
Demolición en instalaciones de BAVARIA	Armenia	Atila
Demolición con explosivos controlados Demolición con explosivos controlados sistema IMPLOSION edificio Siete pisos en proyecto plaza cívica. Alcaldía municipal.	Armenia	Atila
Demolición de Silos y dos edificios con explosivos controlados dentro de las instalaciones de Cementos Argos	Yumbo – Valle	Atila
Demolición por el sistema de IMPLOSION. Palacio Municipal de Manizales. Alcaldía de Manizales.	Manizales	Atila
Demolición por el sistema de IMPLOSION CUARTEL DE POLICIA. Batallón de Ing No 4.	Nariño - Antioquia	Atila
Demolición Colegio Villegas por sistema de Implosión	Cali	Atila
Demolición sistema Implosión Edificio Metrocali en Cali	Cali	Atila
Edificio Space torre 5	Medellín	Atila
Edificio Space torres 1, 2,3,4	Medellín	Atila
Edificio Fernando sor, cll 26	Bogotá	Atila
Edificio manhatan(voladura por desplome)	Armenia	Indumil
Edificio sevillas II (voladura en una dirección)	Armenia	Indumil
Diseño demolición sección lateral del colegio sagrada familia hermanas comunidad	Armenia	Indumil

capuchina		
Diseño demolición edificio Manolete	Armenia	Indumil
Diseño Implosión edificio Claudia maría	Armenia	Indumil

Tabla 2. Antecedentes demoliciones por voladuras en Colombia

Fuente: Tomado de tesis demoliciones de edificaciones en concreto armado por voladuras en Colombia de la escuela de ingenieros militares 2015

10. Tipos de construcción de la época

Según la normatividad establecida en nuestro país podemos encontrar que bajo los parámetros establecidos en la NSR 10, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente siendo la norma técnica colombiana encargada de reglamentar las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable, podemos encontrar los siguientes títulos que explican de manera detallada sus reglamentos y normativas de ejecución siendo los sistemas constructivos establecidos por la norma los siguientes:

10.1 TÍTULO C — Concreto estructural

Este tipo de construcción también llamada construcción con hormigón es una de las más utilizadas en edificaciones de altura o que necesiten de una lata resistencia, debido a que este material por su mezcla y propiedades es poseedor de una alta resistencia a la compresión más poca a la tensión, resiste a la intemperie, fuego y además tiene una vida útil a largo plazo, sin embargo no basta con la utilización de este solo material ya que por sus desventajas debe ser reforzado con acero según su diseño estructural para brindar una garantía de calidad constructiva del mismo.

Grafica 2 : Construcción con concreto estructural

Fuente: Propia

10.2 TÍTULO D — Mampostería estructural

Este sistema de construcción se fundamenta en la construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero siendo reforzadas internamente con acero de distintas características según su diseño, permitiendo de esta manera la inyección de las celdas que llevan refuerzo con grouting o agregados según requiera para otorgarle estabilidad actuando así con las características establecidas como elemento distinto o como elemento monolítico.

Grafica 3 : Construcción con mampostería estructural

Fuente: Propia

10.3 TÍTULO E — Casas de uno y dos pisos

Este título referencia a la construcción con mampostería confinada siendo este sistema donde se construyen muros con ladrillos o bloques, donde el refuerzo se coloca perimetralmente mediante vigas y columnas de concreto reforzado, las cuales son fundidas posterior a la construcción del muro para que éste quede confinado adecuadamente.

Grafica 4 : Construcción con mampostería confinada

Fuente: Propia

10.4 TÍTULO F — Estructuras metálicas

Este tipo de estructuras es una de las más nuevas implementadas a nivel de construcción ya que poseen una gran resistencia por los materiales utilizados en su fabricación tales como el acero, los cuales le confieren la posibilidad de tener piezas prefabricadas y con medios de unión de gran flexibilidad que acortan los tiempos de construcción en gran medida.

Grafica 5 : Construcción con estructuras metálicas

Fuente: http://www.ingestructuras.com/lineas-de-trabajo/estructuras-metalicas-acero/

10.5 TÍTULO G — Estructuras de madera y Estructuras de guadua y otros

Este tipo de estructuras está basado en materiales como guadua, bareque, tierra estabilizada, entre otros, así como estructuras prefabricadas que posean este tipo de características establecidas en el título de la norma.

Grafica 6 : Construcción con otros materiales

Fuente: Propia

Según las cifras y levantamiento de información de El DANE en cuanto a las cantidad en porcentaje de la utilización de sistemas constructivos en nuestro país podemos evidenciar los siguiente:

Grafica 7: Porcentajes de sistemas de construcción utilizados en Colombia.

Fuente: Tomado de UPME - Ecoingeniería. Estudio Determinación de propiedades físicas y, estimación del consumo energético en la producción, de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones colombianas.

11. Tipos de explosivos utilizados en demolición

Existe hoy en día una gran cantidad de explosivos utilizados en la industria militar y de construcción, pero para determinar su utilización es necesario verificar en primera instancia sus propiedades.

11.1 Propiedades de los explosivos

Las propiedades o características principales de los explosivos varían dependiendo del tipo de material a utilizar, así como su especificaciones de implementación dependiendo de la necesidad que se presente, ayudan a llevar a cabo la labor con éxito. Según la Escuela de Ingenieros Militares (1996) y la Compañía Mexicana de Explosivos “Dupond” (1973); estas características son:

11.1.1. Fuerza o Potencia

Es la propiedad tradicionalmente usada para describir la capacidad o energía que tiene el explosivo para realizar trabajo, es generalmente expresada como un porcentaje que relaciona el explosivo estudiado con un explosivo patrón (nitroglicerina).

El porcentaje puede ser expresado de dos formas:
1) comparando los pesos del explosivo analizado y el patrón (“Fuerza por peso”),
2) comparando los explosivos con un volumen base y que comúnmente es un cartucho de explosivo (“Fuerza por cartucho”).

El método más importante para medir la energía disponible de los explosivos es la prueba de TRAUZL, la cual consiste en determinar la expansión que producen 10 gramos del explosivo a evaluar dentro de un bloque cilíndrico de plomo de dimensiones preestablecidas, el resultado de esta prueba se compara con el resultado de la prueba hecha con la misma cantidad de gelatina explosiva, la cual se toma como patrón de referencia, ya que posee un 100% de potencia. El resultado se expresa en centímetros cúbicos cuando se indica la capacidad o trabajo del explosivo debido al incremento de volumen del agujero inicial, o en porcentaje cuando se compara con el patrón.

UN CARTUCHO	60%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%
60%	1.00	1.12	1.20	1.28	1.38	1.50	1.63	1.80	2.08
50%	0.89	1.00	1.07	1.14	1.23	1.34	1.45	1.60	1.85
45%	0.83	0.93	1.00	1.07	1.15	1.25	1.36	1.50	1.73
40%	0.78	0.87	0.94	1.00	1.08	1.17	1.27	1.40	1.53
35%	0.72	0.81	0.87	0.93	1.00	1.09	1.18	1.30	1.50
30%	0.67	0.75	0.80	0.85	0.92	1.00	1.09	1.20	1.38
25%	0.61	0.69	0.74	0.78	0.85	0.92	1.00	1.10	1.27
20%	0.55	0.62	0.67	0.71	0.77	0.83	0.90	1.00	1.15
15%	0.48	0.54	0.58	0.61	0.72	0.76	0.78	0.86	1.00

Tabla 3 : Tabla de numero de cartuchos de determinada fuerza para igualar un cartucho de diferente fuerza.

Fuente: Tomado de tesis digitalizadas.

11.1.2. Velocidad de detonación

La velocidad de detonación se refiere a la rapidez con que la onda se propaga a través del explosivo definiendo el ritmo de liberación de energía, a su vez determina el régimen necesario para el control de elevación de temperatura de la detonación así como su envejecimiento, teniendo como factores principales la densidad de carga, diámetro, confinamiento, etc., los cuales dependiendo se du velocidad se ven directa o indirectamente afectados.

Grafica 8 : Afectación de propiedades según su velocidad de detonación.

Fuente: Tomado de dick 1968, adaptación general

11.1.3. Densidad

Esta propiedad nos sirve para diseñar una plantilla de barrenacion, determinando si el espacio destinado es suficiente para alojar los kg calculados, en nuestro campo esta propiedad se puede dividir en dos, siendo estos los siguientes:

- Densidad real:

Es la relación entre el peso del explosivo y su volumen cuando dicho volumen está ocupado completamente por el explosivo; es decir no existen espacios vacíos.

- Densidad gravimétrica:

Es la relación del peso del explosivo y su volumen cuando este se encuentra fragmentado con espacios vacíos entre sus partes.

DINAMITAS	Densidad	AGENTES EXPLOSIVOS	Densidad	HIDROGELES	Densidad
Gelatina extra 40%	1.57	Mexamon SP	0.81	Tovex 100	1.10
60%	1.44	SP-LD	0.70		
75%	1.39				
Dinamita extra 40% 60% Dinamita Esp. 45%	1.23	Mexamon C C-LD	0.85 0.64	Tovex 700	1.18
Getamex No.1	1.28	Super "Mexamon" D	0.80		
No.2	1.16			Tovex P	1.20
Gelatina alta velocidad Geomex 60%	1.47	NA-AC	0.80	Tovex Extra	1.35
Duramex G	1	Anfomex "X"	0.80		
Dinamex A	1.23	Anfomex "BD"	0.65	Godyne	1.20
Toval	1.6				

Tabla 4 : Densidades de los explosivos

Fuente: Tomado de tesis digitales

11.1.4. Presión de detonación

Esta propiedad depende de la velocidad de detonación y de la densidad del explosivo, y es la sobrepresión o efecto demoledor del explosivo al material o estructura a demoler, figurado de la siguiente manera:

$$P = 4,18 \times 10^{-7} \left(\frac{DC^2}{1 + 0,80D} \right)$$

Tomando:
P: presion de detoacion en kbar
D: densidad
C; Velocidad de detonacion en pies/s

11.1.5. Sensibilidad

Esta propiedad se refiere a la capacidad del explosivo para que ocurra su iniciación, es decir el mínimo de energía necesario para causar el arranque del mismo, asegurando su detonación y generando sus reacciones posteriores.

En la cotidianidad de la industria es normal la generación de técnicas o métodos para determinar este tipo de propiedades siendo uno de estos el uso de la sensibilidad

fulminante la cual subdivide o determina al material en explosivo sin estalla o agente explosivo si no lo hace.

11.1.6. Resistencia al agua

Es definida como la capacidad del explosivo para resistir penetración de agua, manteniendo sus características originales en seco, y de esta manera soportar determinado número de horas y aun así seguir detonando sin variar características químicas, física o de onda, determinando su escala en nula, limitada, buena, muy buena o excelente.

11.1.7. Emanaciones

Esta propiedad se refiere a los gases o humos resultantes en la ejecución o realización de una voladura siendo algunos de ellos los siguientes: dióxido de carbón, nitrógeno, vapor, monóxido de carbón y los óxidos de nitrógeno, siendo algunos de ellos normales y otro tóxicos.

Estos aumentan o disminuyen sus propiedades nocivas, dependiendo de las características de exposición al medio ambiente que tengas, es decir al realizare una voladura es mucho mayor la propiedad de disipación de los mismos que en una mina o espacio confinado, siendo en mayor o menor medida riesgosos para el desarrollo humano en la actividad.

11.1.8. Inflamabilidad

Es la propiedad de iniciarse por el factor calor, teniendo en cuenta factores como sus propiedades volátiles, teniendo en cuenta que cada explosivo actúa de manera distinta al contacto con el fuego.

11.2. Tipos de explosivos utilizados en las demoliciones del eje cafetero.

Para escoger el tipo de explosivos o elementos a utilizar es necesario evaluar costo y propiedades de los mismos, así como su utilidad y características de la estructura a demoler, siendo algunos de los siguientes:

TIPO	AGENTE EXPLOSIVO	FUERZA	VELOCIDAD	RESISTENCIA AL AGUA	EMANACIONES	USO
Dinamita Nitroglicerina	Nitroglicerina	-------	Alta	Buena	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto
Extra	Nitroglicerina y Amoniaco	20 a 60%	Alta	Regular	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto
Granulada	Amoniaco	25 a 65%	Baja	Muy mala	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto (canteras)
Gelatina	Amoniaco	30 a 75%	Muy alta	De buena a excelente	De muy pocos gase a nulos	Sismología, trabajos submarinos y subterraneos
ANFO	Amoniaco	-------	Alta	Ninguna	Muy pocos gases	Trabajos a cielo abierto y subterraneos
Hidrógeles	Amoniaco	40 a 75%	Muy alta	Excelente	Muy pocos gases	Trabajos a cielo abierto y subterraneos

Tabla 5 : Usos y propiedades de los explosivos.

Fuente: Tomado de tesis digitalizadas.

Teniendo en cuenta que en Colombia para la demolición de estructuras uno de los más utilizados es el Indugel Plus AP, producido y distribuido por la Industria Militar, así como los otros accesorios necesario para su ejecución distribuidos también por Indumil siendo este la entidad especifica de distribución de elementos explosivos en nuestro país.

11.2.1 Indugel Plus AP

Es un explosivo tipo hidrogel sensible al detonador número 8, que posee gran resistencia al agua, elevada seguridad en su manipulación, gran densidad, fácilmente sumergible, con alta energía especifica humos no tóxicos y cartuchos con numeración codificada.

A su vez este explosivo es ampliamente utilizado en la explotación minera y es áreas militares e ingenieriles por su gran eficacia, y facilidad de uso, economía y comercialmente comprobado y reconocido.

Grafico 9: Indugel plus ap

Fuente: catalogo físico indumil.2014.pg.91.
Presentación del producto

El Indugel Plus AP es encartuchado en lámina plástica grapada en los extremos, con numeración de acuerdo a procedimiento interno y embalados en cajas de cartón de 25 kg de peso neto y 26,2 kg de peso bruto.

Algunas de sus características son:

DIMENSIONES DEL CARTUCHO	
Diametro x Longitud	Unidades por caja
26 x 250	154
32 x 250	102
38 x 250	72
44 x 250	54

Tabla 6: Especificaciones del producto

Fuente: tomada de catálogo físico INDUMIL 2014.pg.92.

CARACTERISTICAS TECNICAS	
Densidad	1,21 -0,06g/cm
Velocidad de detonacion	4.500 - 500 m/s
Potencia absoluta en volumen	1.085 cal/cm
Potencia absoluta en peso	900 cal /g
Potencia relativa en volumen	1,43
Resistencia a la humedad	Excelente

Tabla 7: Características

Fuente: tomada de catálogo físico INDUMIL 2014.pg.92.

11.2.2. Mecha de seguridad:

Es un cordón flexible conformado por un núcleo de pólvora negra muy fina llamada (pulverin) recubierto de papel, varias capas de hilo de algodón, asfalto y cloruro de polivinilo (PVC) para garantizar impermeabilidad y resistencia a la abrasión, además de ser sensible al detonador o energía de inicio y se encarga de transmitir la llama a una velocidad constante hasta el detonador el cual con su inicio genera la explosión y a su vez posee resistencia a la tracción, abrasión y esfuerzos mecánicos

Grafica 10: Mecha de seguridad

Fuente: Catalogo físico indumil.2014.pg.90.

La mecha de seguridad tiene un recubrimiento de PVC blanco y se identifica según procedimiento interno. Se empaca en cajas de cartón con un contenido de 1.000 m (cuatro bobinas de 250 m cada una). Las cajas se identifican con el número de caja en forma consecutiva, fecha de fabricación y fecha de vencimiento.

CARACTERISTICAS TECNICAS	
Densidad de carga	5.5 - 0.5 g/m
Tiempo de combustion	130 - 10% s/m
Alcance de llama	40 mm minimo
Resistencia a la humedad	Ecxelente
Color	Blanco
Longitud po caja	250 m
Bobinas por caja	2

Tabla 8: Características

Fuente: tomada de catálogo físico INDUMIL 2014.pg.100.

11.2.3. Cordón detonante:

Es un cordón flexible conformado por un núcleo de un alto explosivo Pentrita, cubierto por papel, hilo sintético y revestimiento plástico (PVC), lo cual le otorga características como alta resistencia a tracción y abrasión, así como una alta seguridad en ambientes húmedos, utilizándose así como iniciador de barrenos, así como línea principal formado una red conectada entre sí para una detonación simultanea de barrenos.

Grafica 11: Cordón detonante

Fuente: catalogo físico INDUMIL.2014.pg.90.
Presentación de diferentes tipos de cordón detonante.

Según la densidad de carga de pentrita, se ofrece en cuatro presentaciones que se identifican con un color, embaladas en cajas de cartón debidamente marcadas y numeradas.

CARACTERISTICAS TECNICAS- EMULIND-M			
Densidad Lineal	**Color**	**Longitud x Bobina**	**Bobinas x Cajas**
3 g/m	Naranja	500 m	2
6 g/m	Azul	300 m	2
12g/m	Rojo	250 m	2
38g/m	Amarillo	100 m	2

Tabla 9: Características

Fuente: tomada de catálogo físico INDUMIL 2014.pg.99.

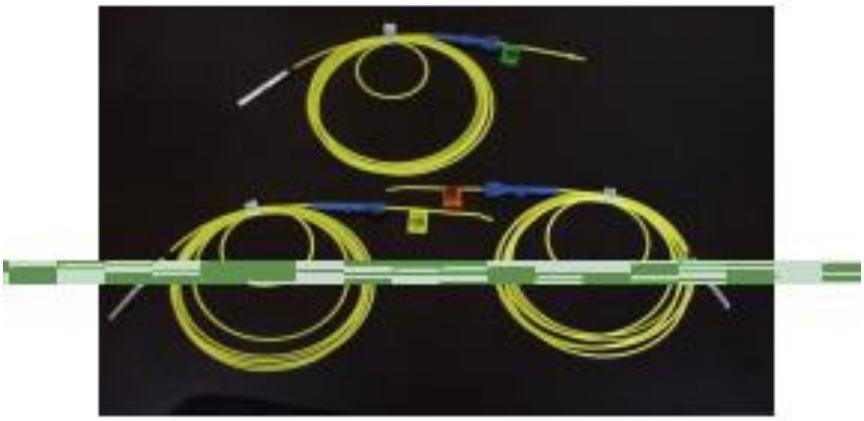
CARACTERISTICAS TECNICAS	
Densidad Lineal	3 - 6 - 12 - 38 g/m
Velocidad de detonacion	9.200 - 200 m/s
Resistencia a la traccion	70 - 5 Kgf
Impermeabilidad a la presion hidrostatica 3 Kg-f/cm2 (24h)	Excelente

Tabla 10: Otras características

Fuente: tomada de catálogo físico INDUMIL 2014.pg.100.

11.2.4. Detonador

Estos elementos se subdividen en tres, siendo estos, detonadores nonel, eléctrico y no eléctricos, los cuales realizan la iniciación de la explosión dando paso a la demolición que se quiere llevar a cabo.



Grafica 12: Otras características

Fuente: tomada de catálogo físico INDUMIL 2014.pg.100.

Y dependiendo de las características de demolición que se quieren llevar a cabo, se tendrá que evaluar sus características para escoger el mas apropiado.

Propiedades Tecnicas			
No	**Tiempo nominal**	**No**	**Tiempo nominal**
0	0	12	400
1	25	13	450
2	50	14	500
3	75	15	600
4	100	16	700
5	125	17	800
6	150	18	900
7	175	19	1000
8	200	20	1100
9	250	21	1200
10	300	22	1300
11	350	23	1400

Tabla 11: Propiedades Técnicas

Fuente: Tomada de catálogo físico INDUMIL 2014.pg.100.

CARACTERISTICAS TECNICAS	
Densidad de carga	5.5 - 0.5 g/m
Tiempo de combustion	130 - 10% s/m
Alcance de llama	40 mm minimo
Resistencia a la humedad	Ecxelente
Color	Blanco
Longitud po caja	250 m
Bobinas por caja	2

Tabla 12: Características

Fuente: tomada de catálogo físico INDUMIL 2014.pg.101.

11.2.4.1. Detonador Nonel:

Consiste en un tubo delgado de plástico transparente de 3 mm de diámetro recubierto en su interior por una fina película de explosivo de 20 mg/m y una cápsula detonadora. La velocidad de la onda de choque dentro del tubo es de 2000 m/s y no tiene la suficiente potencia para iniciar los explosivos en contacto con dicho tubo, aunque estos sean muy sensibles.

11.2.4.2. Dispositivos eléctricos de iniciación:

El principal dispositivo eléctrico de iniciación es el detonador eléctrico, los cuales están equipados sistemas eléctricos de ignición, de tal modo que pueden dispararse mediante una corriente eléctrica. Cuando se conectan adecuadamente a una buena fuente de energía, es posible disparar un gran número de detonadores eléctricos desde un lugar lo suficientemente lejano y seguro.

11.2.4.3. Dispositivos aneléctricos para iniciación:

Los detonadores corrientes o aneléctricos están diseñados para disparar por medio del fuego o chispa producidos por el quemado de la mecha de seguridad. Estos detonadores están formados por casquillos de aluminio llenos con dos o más cargas explosivas y por lo menos una de ellas es una carga de detonación. Los detonadores corrientes tienen tres cargas: una carga base de explosivo de alta velocidad en el fondo del casquillo, otra carga de cebo en el centro y por último una carga de ignición en la parte superior.

12. Utilizaciones de voladuras

12.1 Generalidades de la demolición

El demoler es tan importarte como el construir, es uno de los oficios donde se busca la combinación de experiencia, destreza y teoría para poder realizar con eficacia, elegancia y exactitud este arte.

En este tipo de trabajos se realizan pruebas anteriores y ejemplares de demolición con el fin de proceder a la realización de un trabajo netamente impecable y sin errores con personal capacidad para cualquier eventualidad.

En alguna edificaciones o estructuras es posible que sea necesario la realización de riostras o soportes temporales con el fin de unificar la estructura y no permitir el colapso de la misma antes de la ejecución y colocación de cargas de manera adecuadas, a continuación de verificaran algunos de los más conocidos métodos de demolición existes y utilizados, siendo estos:

12.2 Tipos de demolición.

A través de la historia se utilizan diferentes tipos de demolición, que pueden clasificarse por la acción que se realiza o por la herramienta que se emplea. Cada diferente método tiene sus ventajas y sus inconvenientes y, en general, ninguno es mejor que otro, simplemente cada uno tiene su aplicación.

12.2.1. Demolición manual

Grafica 13: Demolición de elemento estructural
Fuente: propia.

La demolición manual es el conjunto de operaciones organizadas para demoler de forma parcial o total una construcción, con empleo mayoritario de medios manuales. Este tipo de demolición se efectúa cuando las circunstancias del objeto a demoler lo aconsejen, para demoliciones de elementos estructurales muy pequeños o lugares donde se imposibilita el acceso de maquinaria. La demolición manual es segura, versátil, y tiene otras ventajas como una fácil accesibilidad y ligereza de los equipos.

12.2.2. Hundimiento provocado

En ciertas circunstancias, donde la estructura está suficientemente separada de los edificios vecinos y donde la estructura tiene una construcción adecuada, se puede demoler un edificio destruyendo las partes fundamentales de su estructura, a fin de que se produzca el hundimiento por su propio peso. Como todos los procedimientos de demolición anteriormente mencionados, éste es potencialmente muy peligroso y debe llevarse a cabo con cuidado y bajo la supervisión de un experto.

12.2.3. Demolición mecánica

Grafica 14: Demolición mecánica
Fuente: www.voladurasydemoliciones.cl

"La demolición de edificios (Huete, 1995) por medio de herramientas normales, incluidos los martillos neumáticos y mazas, debe llevarse a cabo en sentido inverso al de la construcción. Para ello, se levantan andamiajes en los cuales se pueda trabajar con seguridad".

Este tipo de demolición es adecuado para estructuras pequeñas, tales como casas, y se basa en el empleo de equipos portantes (retroexcavadoras, excavadoras, martillos hidráulicos, entre otras).

El hundimiento puede ocurrir también por el aumento de presión que ocasiona el peso de los escombros procedentes del derribo de las partes superiores, por lo que es necesario retirarlos cuando alcanzan cierto volumen.

12.2.4. Demolición con el uso de explosivos

Grafica 15: Demolición con explosivos
Fuente: www.aeded.org

"Uno de los medios más eficaces para producir el hundimiento de una estructura es la utilización de explosivos. Las cargas del material que se va a hacer explosionar son situadas en lugares de la base o diferentes niveles de la estructura cuidadosamente seleccionados según sea el caso para que cuando se produzca la voladura, el edificio se hunda hacia el interior o se precipite hacia un lado despejado".(Manual de explosivos y demoliciones. 1996).

También se utilizan explosivos para ayudar a la demolición de grandes cimentaciones de hormigón o de chimeneas de antiguas fábricas.

13. Variables de diseño de voladuras

Para realizar una voladura debe comenzar por conocerse la historia de la edificación, es decir desde las técnicas con que fue construida, los materiales que se utilizaron, hasta los diferentes usos que esta edificación haya podido tener.

Se debe asegurar que las columnas y las vigas del edificio que derrumbamos mantengan rigidez suficiente para poder guiarlas hacia donde nosotros queremos.

El carácter distintivo de cada edificio se revela también en los retos técnicos debido a la presencia de anomalías estructurales, o a causa de la proximidad de otras construcciones que deben permanecer intactas.

Durante el desplome se puede inducir la dirección de caída de las columnas mediante la unión de cables entre columnas adyacentes, los cables se anclan

entre las cabezas y bases de las columnas dependiendo de los requerimientos de la edificación.

- Generalidad:

En primera instancia se identifican los elementos estructurales aislados y los edificios o estructuras complejas, de manera que se pueda evidenciar los distintos elementos y así poder realizar su respectivo diseño.

- Cimentación:

En cimentación se realizan las perforación en forma de cuadricula, y la separación de los barrenos esta dad por la separación de las columnas.

Es importante además del control de escombros que se debe tener, también controlar en gran medida los mircroretardos originados por la sucesión de exposición diseñados.

- Muros:

Para su demolición es importante identificar el tipo de muro existente y así poder determinar tu implementación de cargas, diseño y barrenacion, determinándolos en muros de ladrillo, hormigos u hormigos empotrado.

- Columnas:

Las columnas sueles ser generalmente de concreto armando con refuerzos de acero rectangulares, la longitud y profundidad de barrenacion viene dada por sus espesores y medidas externadas.

- Losas:

Las demoliciones de las losas están dadas por:
La carga de la apertura de las grietas, en las cuales una vez abierta se procede a l corte de las varillas
O carga para fracturación total, en la cual la energía del explosivo fragmenta toda la losa.

- Cubiertas:

Los criterios de diseño en las cubiertas depende de los materiales y espesores de cubierta utilizados en la construcción de la estructura.

- Vigas:

Las demoliciones de estructuras en el momento de su desplome posee la cualidad de rompes o destruir uno o varios niveles de soportes, buscando la trasformación del punto de corte en una rotula así como la fragmentación del material para su manipulación posterior.

- Distancia requerida:

Es necesario el cálculo de parámetros o variables dimensionales tales como la distancia usada, debido a que según la generación de energía del micro temblor se hace necesaria la regulación en términos de cálculo y protección para prevenir daos a terceros.

- Control de vibración:

Se denomina voladuras controladas a las estructuras existentes en sitios residenciales o públicos, los cuales en su demolición se busca salvaguardar la integridad de los edificios o instalaciones aledañas generando el mejor riesgo y daño posible por lo cual es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

Velocidad de propagación de la onda (m/s)	1000 – 1500 Arena, grava	2000 – 3000 morrenadas, pizarra, caliza, blanda	4500 – 6000 Granito, gneis, caliza dura, cuarcita, arenisca, diabasa	Efecto sobre los edificios normales	Nivel de carga para ángulo de cizallamiento igual al terreno 4500 – 6000 m/seg.
	9	18	35	Sin grietas	0,008
	13	25	50	apreciables	0,015
	18	35	70		0,03
Velocidad	30	55	100	Grietas finas y	0,06
de vibración				caída de yeso	
v (mm/seg.)				(valor Limite)	
	40	80	150	Agrietamiento	0,12
	60	115	225	Agrietamiento	0,25
				Severo	

Tabla 13: conceptos de propagación de vibración
Fuente: tomado de cartilla v3, escuela de ingenieros militares, tesis.

- Reconocimiento de espacios:

Se hace necesario el reconocimiento del espacio donde se realizara o ejecutar la demolición así como documentos como actas de vecindad de certifiquen el estado de las edificaciones aledañas, antes de la ejecución de la obra , para evitar inconvenientes futuros.

14. Normatividad

Marco legal de explosivo antes de 1999

.

De la constitución nacional:

- Decreto Numero 2222 de 1993:
  Por el cual se expide el Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto.

- Decreto 2535 de 1993:
  Por el cual se expiden normas sobre armas, municiones y explosivos.
  Este decreto es de base a los explosivos.

- Ley 61 DE 1993 (agosto 12):
  Por la cual se reviste al Presidente de la República de facultades extraordinarias para dictar normas sobre armas, municiones y explosivos, y para reglamentar la vigilancia y seguridad privadas.

Normatividad y demolición:

En casos de riesgo por calamidad o desastre natural, se puede disponer la demolición o intervención de edificaciones sin autorización del Ministerio de Cultura (FUENTE FORMAL: DECRETO 182 DE 1999 / DECRETO MUNICIPAL 016 DE 1999 / DECRETO 919 DE 1989 / DECRETO MUNICIPAL 022 DE 1999 - ARTICULO 2 / DECRETO 909 DE 1989 - ARTICULO 24)

Fueron realizados gran cantidad de sondeos por la Sociedad de Ingenieros del Quindío determinando de manera específica el estado de cada uno de los edificios de la ciudad los cuales según su grado de gravedad de afectación y debilitamiento deben ser demolidos.

Un día después del sismo, 130 comisiones de ingenieros iniciaron la evaluación de todas las edificaciones de Armenia, encontrando que más del 60% de la ciudad debía ser demolida en un primer inventario realizado y estableciendo cuáles construcciones pueden ser habitables, cuáles deben ser desocupadas y reparadas y cuáles deben ser demolidas.

Categorizando cada una de las construcción por colores verde, naranja y rojo según su grado de afectación y necesidad de demolición, Las resoluciones para demoler las edificaciones fueron firmadas por Martha Inés Martínez, inspectora de Infraestructura de Armenia, luego de acoger un concepto de la Comisión Técnica de la Sociedad de Ingenieros, con el aval de la administración municipal y bajo el amparo de decretos expedidos a raíz de la tragedia.

15. Escenario

15.1 Principales causas de debilitamiento de estructuras:

El 25 de enero de 1999 a la 1:19 p.m., se dio un terremoto de 6.4 grados en la escala de Richter que afectó al Eje Cafetero resultando afectados 28 municipios en total.

Terremoto el cual evidencio la actividad sísmica de dicha región, afirmando Monsalve Jaramillo (2002:12) lo siguiente:

> "El departamento del Quindío, ubicado en el eje cafetero, en una de las áreas de mayor actividad sísmica en el país, que lo demuestra el reciente sismo del 25 de enero de 1999, ocasionado por una falla superficial en la corteza continental, afectando una amplia zona del eje cafetero colombiano, que es el objetivo de este estudio. La actividad sísmica de esta zona se debe a su localización entre las isoprofundidades de 80-160 kms de la zona Wadati Benioff de la placa Nasca subducida en el Noroeste de Colombia (Monsalve, 1998), y también al hecho de estar atravesada por múltiples fallas, destacándose entre otras, algunas de los mayores accidentes tectónicos corticales de Colombia, que cruzan la zona de sur a norte, tales como el megafallamiento de Romeral, caracterizada por las fallas satélites de Córdoba, Navarco, Silvia-Pijao, Buenavista, el salado, Cauca-Almaguer, Armenia, Salento, Montenegro y las fallas Palestina y Cauca-Patía que como se ha logrado establecer, son activas con magnitudes probables de 6.1 <Mw<6.9 (Guzmán,1997), al igual que se identifican 18 fallas activas y potencialmente activas en el Quindío."

Siendo Armenia el departamento más afectado del Quindío debido a su mayor cercanía a la falla, además de la dualidad de construcciones altas sobre dicha falla geológica, lo cual hizo aún más peligroso el daño estructural de la ciudad causado por la manifestación de la naturaleza sobre nuestro territorito.

En marzo de 1996, en la celebración de la Semana Nacional de la Ingeniería, el Periodista Alejandro VALLEJO (2001:9), según lo dicho y encontrado en los análisis del Geólogo Armando Espinoza ,afirmaba y escribía lo siguiente:

> "La posibilidad de un fuerte sismo de intensidad 7.0 con graves consecuencias sobre la comunidad y la infraestructura urbana de Armenia puede presentarse en cualquier momento entre los próximos cinco o diez años".

De la misma manera era dicho que la catástrofe natural del 25 de enero de 1999 era un suceso anunciado, dado que expertos de la sociedad de ingenieros de departamento de geología y geofísica de la corporación regional del Quindío a partir de estudios presentaron un informe en octubre de 1998, en el cual mostraba al Eje Cafetero como zona de alto riesgo sísmico, y anotaba, igualmente, que cada 20 años aumenta el riesgo de que se produzcan sismos, ya que ese es el tiempo que tardan en acumular energía las fallas geológicas del Quindío. (Escamilla y Novoa, 1999: 93 y 94).

15.2 Edificaciones y afectaciones estructurales y regionales y su demolición:

El terremoto afectó a 28 municipios de la región cafetera de Colombia, siendo estos los siguientes:

- En el Quindío: Armenia, Córdoba, Filandia, Buenavista, Génova, La Tebaida, Calarcá,Montenegro, Pijao, Circasia, Quimbaya, Salento y el corregimiento de Barcelona.
- En el Valle: Alcalá, Argelia, Bolívar, Caicedonia, La Victoria, Obando, Sevilla, Ulloa y Tuluá (corregimiento Barcelona).
- En Risaralda: Pereira, Dosquebradas, Marsella y Santa Rosa de Cabal.
- En Caldas: Chinchiná.
- En el Tolima: Cajamarca y Roncesvalles.

Y más específicamente barrios totalmente destruidos en el departamentos de armenia, tales como:

- La Brasilia, Quindío, Santander, Granada, Boyacá, Santafé, Obrero, Popular, La Adiela, La Isabela, La Cejita, Villa Celmira, Prado, Parque Uribe, María Cristina, San José, El Bosque, Parque cafetero, Rincón Santo, El Recreo, Carbones, Miraflorez, Los Álamos, Gaitán, Niágara, Vélez y San Nicolás.

Y siendo demolidas en su totalidad urbanizaciones y edificaciones tales como:

- Cooproquín, la Divisa y parte del Yulima.

- Construcciones edificadas en la calle 17 entre carreras 18 y 19, al lado y lado de la calle 17.

- Ubicadas en la calle 22, No. 18-27 a 18-37 y los ubicados en la carrera 17A esquina con calle 26.

- Carrera 18 esquina con calle 20 y el edificio Alpálpares, ubicado en la calle 21 No. 18-17.

- Carrera 18 No.18-05 a 18-13; calle 20 No. 18-25 a 18-19; dos aulas del colegio Rufino José Cuervo, ubicado en la carrera 21 No. 24-56, que están

cerca de un área averiada; el colegio San Francisco Solano, de la carrera 18 No. 33-21; carrera 18 No. 16-30.

- Bloque recreativo del Comando de la Policía, en la carrera 12 con calle 25; el colegio oficial Santa Teresa de Jesús, en la carrera 13 No. 11-67; carrera 18 No. 17-06; calle 17 No. 18-21; calle 17 No. 18-25; carrera 18 No. 15-20 a 15-14, y calle 13 No.17-25.

- Demolición parcial de la fachada de la carrera 18 No. 22-02 y carrera 18 esquina, calle 19, en el almacén Ley.

En el año 1999 no se puede atribuir el debilitamiento de las estructuras y necesidad del diseño y creación de metodología de demolición de edificios al terremoto, principalmente el motivo de la generación de fatigas y daños profundos estuvo a cargo de la ubicación de las edificaciones en zonas de alto riesgo, cerca de las fallas geológicas, quebradas, encima de rellenos, y la falta de normatividad constructiva encontrando entre muchas falencias construcciones con columnas, pero sin vigas de amarre, falta de refuerzos constructivos y construcción de barrios subnormales en los barrancos.

Es claro la ligereza con la cual algunos constructores levantaron sus obras, y con ello la manipulación y diseño irresponsable de los mismos con la utilización de refuerzos, diseños estructurales, e incluso la violación a las normas de sismo resistencia, existentes en Colombia en años anteriores a los sucedido en dicho departamento documentos tales como “Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente”, como la Ley 400/97 y Decreto 33/98, así como la existencia de normativas internacionales y reglamentación básicas del “Ministerio de Obras Públicas” o la “Sociedad Colombiana de Arquitectos o Ingenieros”.

Encontrando terrenos de las antiguas quebradas, con los rellenos apropiados y la seguridad requerida en los cimientos; no se fraguaron las placas como se debía. Se prefiguró en los proyectos las columnas y las vigas.

“Dijeron que iban a construir con adobe macizo y terminaron haciéndolo en ladrillo farol. Solicitaron estudios y cálculos de estructuras, pero no las tuvieron en cuenta para evitar riesgos. “
(Hincapié,2000:243 y 244).

Siendo claro el incumplimiento de las especificaciones de construcción, falta de supervisión del control de calidad de los materiales, el uso inadecuado de los inmuebles y la modificación al diseño original de las viviendas y edificios. (Díaz, 1986:308).

Las evaluaciones de los ingenieros mostraron que los edificios que había que demoler eran muchos más de los que se cayeron lo que implicaba cerrar el centro de la ciudad, presentado estos un alto riesgo a nivel humano con el colapso paulatino debido al debilitamiento total y no parcial de las estructuras existentes principalmente sobre a falla madre.

Afirmando Aristizabal:

> "Los propietarios de la tierra fueron el sector social que más se benefició con la reconstrucción." (Aristizabal, 20002: 59).

15.3 Generación de escombros

El volumen total de escombros generados por el proceso de demolición después del terremoto fue de 3.000.000 m3 y se proyectó una generación adicional de 900.000 m3 en el proceso de reconstrucción de viviendas y en el desarrollo de otros proyectos.

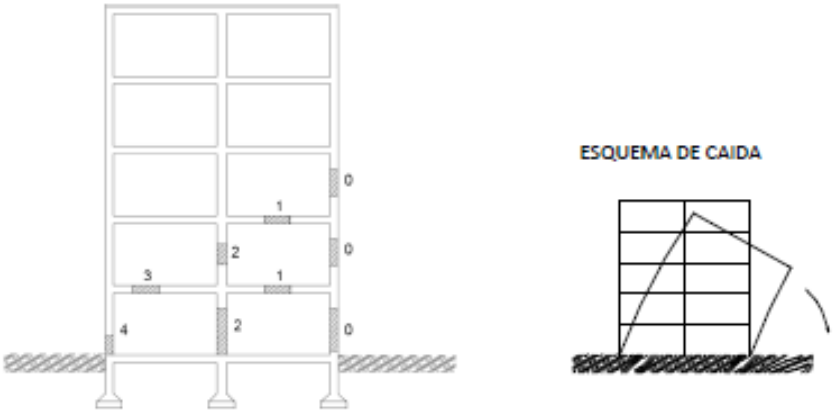
De los tres millones de metros cúbicos (3.000.000 m3), 65% es decir, 1.930.000 m3 se originaron en Armenia; 13% (aproximadamente 400.000 m3) en Pereira; 10% entre Calarcá y La Tebaida, que son municipios con un volumen mayor de 100.000 m3 cada uno. Siete por ciento fue generado por un grupo de siete municipios: Circasia, Quimbaya, Córdoba, Pijao, Caicedonia, Sevilla, Desquebradas y Cajamarca, con un volumen de entre 10.000 y 60.000 m3 cada uno. El 5% restante lo produjeron Salento, Filandia, Buenavista, Génova, Alcalá, Argelia, Bolívar, La Victoria, Obando, Ulloa y Roncesvalles.

16. Ejemplos de demoliciones en el eje cafetero

Es necesario determinar el tipo de demolición que se va a realizar según las características de espacio existentes, vale la pena aclarar que durante la ejecución de estas demoliciones no se tenían antecedentes del diseño y ejecución de voladuras en Colombia, por ello estas fueron las primaria, secundaria, pregrado y especialización de la misma, teniendo en cuenta que todo fue netamente empírico y con conocimientos de los ingenieros directores del proceso en el departamento.

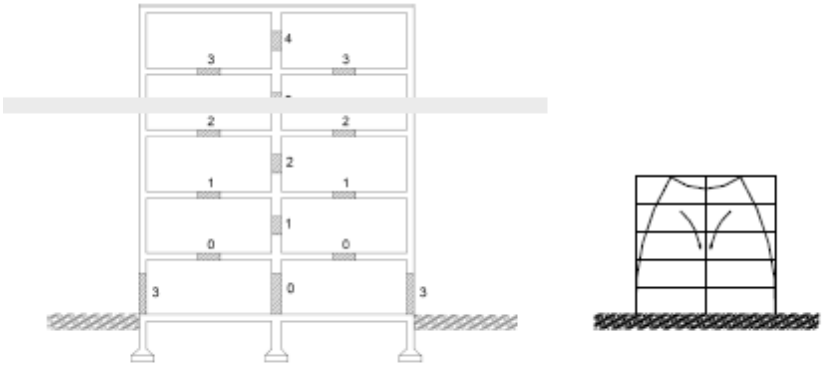
Existen:

- Voladuras en una dirección:



Grafica 16: voladura en una dirección.
Fuente: tomado de cartilla v3, escuela de ingenieros militares, tesis.

- Voladuras con desplome:



Grafica 17: voladura con desplome
Fuente: tomado de cartilla v3, escuela de ingenieros militares, tesis.

Demoliciones en el Eje Cafetero en 1999.

"Las demoliciones realizadas en Armenia debidas al mal estado de las edificaciones por el sismo ocurrido el día 25 de enero de 1999 fueron realizadas por medio de una comitiva de ingenieros enviados por INDUMIL, para realizar el

diseño de voladura de las edificaciones en mal estado y que presentaban un alto riesgo para el resto de la población y las entidades de rescate. Estas demoliciones fueron realizadas por dos grupos enviados por INDUMIL" (Tomado de tesis demoliciones de edificios de concreto armado)

En estas demoliciones fueron tomadas como indispensables las variables de estado actúa de cada una de las edificaciones, su localización, área, altura, pisos, peso aproximado, y método de voladura ya sea en desplome o en una dirección.

Los pasos que se siguieron para la realización de cada una de las demoliciones o voladuras son:

1. Estudio estructural y riesgos de demolición
2. Carga máxima por retardo
3. Tipo de voladura
4. Diseño de implosión
5. Niveles de vibración
6. Obtención de permisos
7. Compra de explosivos
8. Marcación de perforación
9. Perforación
10. Encerramiento y protección
11. Cargue y amarre.
12. Ejecución de la voladura
13. Análisis de resultados
14. Aprendizajes, errores y buenas practicas futuras

16.1 Diseño voladura Edificio Manolete

Grafica 18: Edificio Manolete
Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

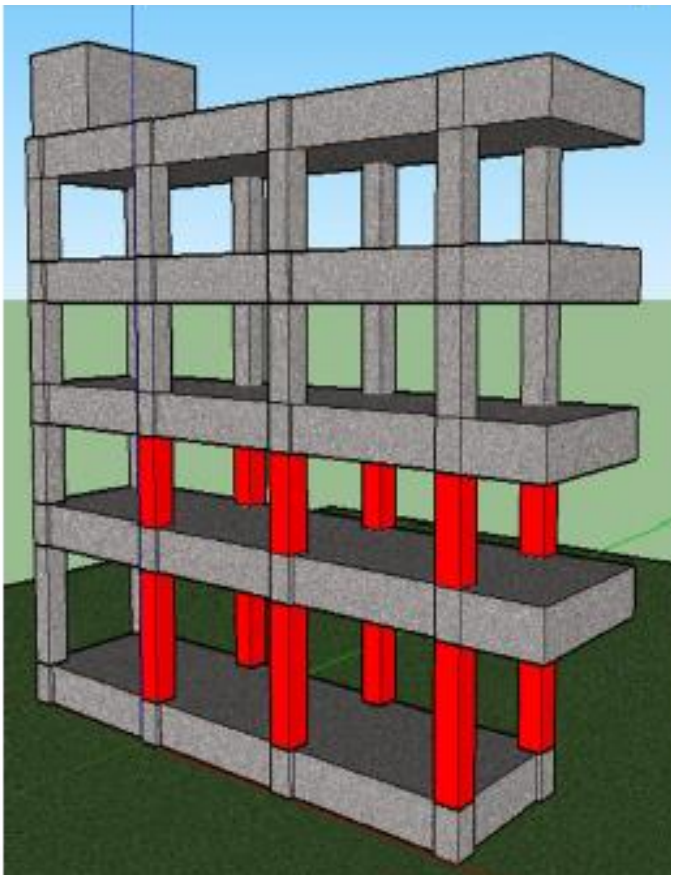
- **Localización:**

Estructura de 3 pisos ubicada en la calle 8 # 11-27 en Armenia, que se encuentra junto a una casa en una de sus partes laterales, lo cual crea la necesidad de evaluación de riesgos para elementos aledaños, el diseño estuvo a cargo de los Ingenieros Luis Alberto Garzón y Manuel Alonso Pulido.

- **Material utilizado:**

    - 3.18 Kg de Indugel Plus AP (32 x 250 mm).
    - 50 m de Cordón detonante de 3 g/m.
    - 53 Detonadores Nonel (#s, 1 al 20).
    - 2 detonadores eléctricos.

- **Especificaciones de diseño:**



Grafica 19: Edificio Manolete
Fuente: Tomado de Información del Ing Luis Alberto Garzón y tesis de explosivos Escuela de Ing Militares.

El tipo de voladura implementado para esta estructura fue voladura en una dirección debido a que en sus sectores aledaños se encontraba rodeado por mas edificaciones que no podían ser afectadas en la ejecución de la voladura por lo cual fueron necesarios la generación trabajos de giro de la estructura durante su desplome y retardos de 25ms sin explosión para permitir que la fuerza de gravedad, ejerciera durante mayor tiempo su efecto sobre la estructura, y al encontrar vigas de mayores dimensiones fueron necesarios la ubicación y generación de barrenos en algunas partes de las luces del mismo.

16.2 Edificio Sevillas II (Voladura en una dirección):

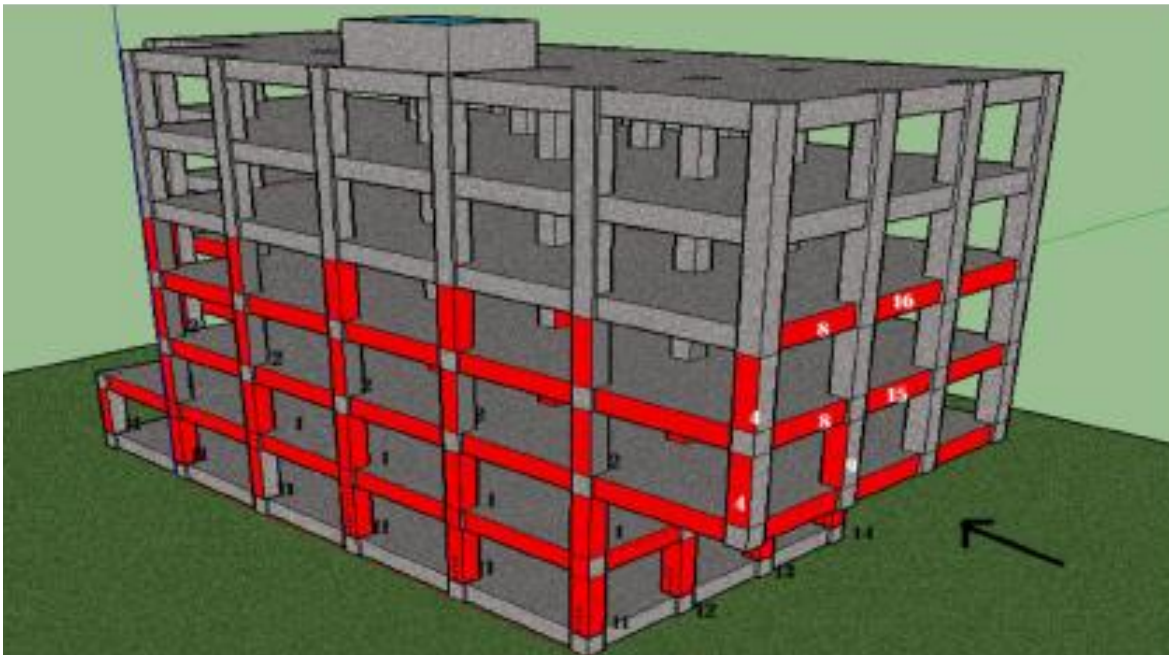
Grafica 20: Edificio Sevillas 2
Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

- **Localización:**

Ubicado en la calle 26 # 13-25 en la ciudad de Armenia, con 5 pisos de altura y gran inestabilidad por el movimiento telúrico, la demolición fue realizada sin ningún contratiempo el día 31 de marzo de 1999, el diseño estuvo a cargo de los Ingenieros Luis Alberto Garzón y Manuel Alonso Pulido.

- **Material utilizado:**
    - 17.1 Kg de Indugel Plus AP (32 x 250 mm).
    - 250 m de Cordón detonante de 3 g/m.
    - 285 Detonadores Nonel (#s, 1 al 20).
    - 2 detonadores eléctricos

- **Especificaciones de diseño:**



Grafica 21: Edificio Sevillas 2
Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

Grafica 22: Edificio Sevillas 2
Fuente: Tomado de Información del Ing. Luis Alberto Garzón y tesis de explosivos Escuela de Ing. Militares.

Esta edificación debido a que no tenía problema con presencia de construcción aledañas se escogió la voladura en una dirección y fue tenida en cuenta la altura del edificio para calcular hasta donde llegaban las proyecciones.

Fueron utilizados 16 tiempos de retardo para demolerlo, buscando debilitar un costado de la estructura, el explosivo fue colocado en los 3 primeros pisos y en el sótano.

16.3 Edificio Manhattan (Voladura con Desplome):

Grafica 23: Edificio Manhatan
Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

- **Localización:**

Ubicado en la Calle 2 con Carrera 20, en la ciudad de Armenia, se encuentra una estructura de 5 pisos de altura, con gran inestabilidad estructural, la demolición fue realizada sin ningún contratiempo el día 31 de marzo de 1999, el diseño estuvo a cargo de los Ingenieros Luis Alberto Garzón y Manuel Alonso Pulido.

- **Material utilizado:**

- 26.50 Kg de Indugel Plus AP (32 x 250 mm).
- 350 m de Cordón detonante de 3 g/m.
- 395 Detonadores Nonel (#s, 1 al 20).
- 3 detonadores eléctricos.

- **Especificaciones de diseño:**

Grafica 24: Edificio Manhatan
Fuente: Tomado de Información del Ing. Luis Alberto Garzón y tesis de explosivos Escuela de Ing. Militares.

Al estar rodeada de edificaciones de características similares se opta por una voladura con desplome para generar el menor impacto en las estructuras aledañas existentes a aproximadamente 15 m de distancia.

En el sótano fueron colocadas cargas en todas las columnas, menos en las próximas al lote ocupado para no generar daños en este predio actuando como

muros de contención, por lo cual fueron colocados 4 barrenos por columna de 0.06 gr/barreno de Indugel Plus AP.
La ubicación de los tiempos se incrementa de adentro hacia fuera de la estructura, logrando así que la estructura se deslome hacia su interior y no genere proyección que pueda afectar edificaciones aledañas y el pent-house solo presenta cargas en la piscina, esto para evitar que el peso de esta estructura genere problemas en la dirección de caída del quinto piso y del pent-house.

16.4 Diseño implosión edificio Claudia María:

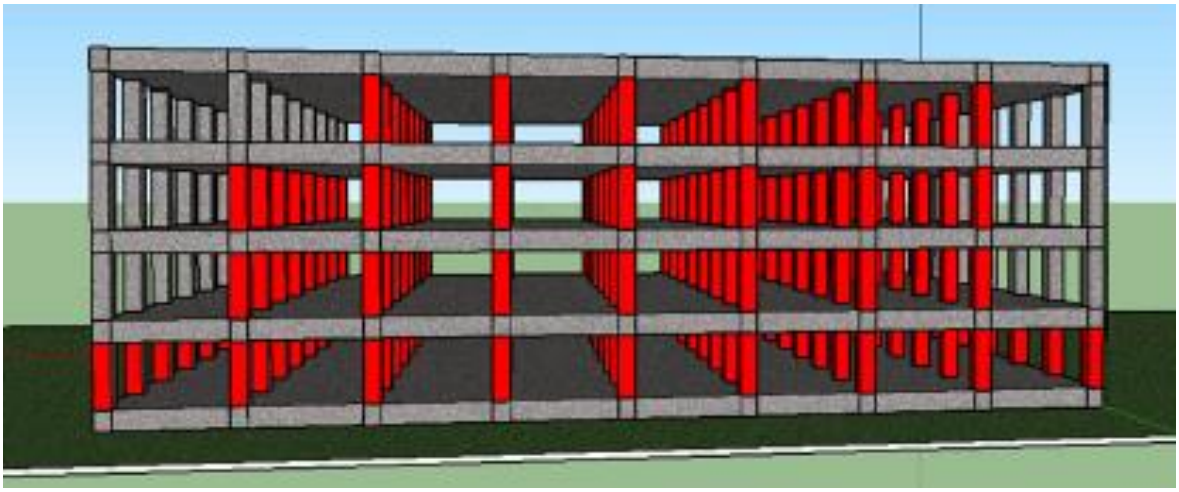
Grafica 25: Edificio Claudia María
Fuente: Tomado de Información del Ing. Luis Alberto Garzón y tesis de explosivos Escuela de Ing. Militares.

- **Localización:**

Ubicado en la calle 22 con carrera 12, es un edificio de 4 niveles con tres torres unidas por columnas en el primer nivel, además de un tanque de almacenamiento de agua en la torre central.

- **Material utilizado:**
    - 29.82 Kg de Indugel Plus AP (32 x 250 mm).
    - 600 m de Cordón detonante de 3 g/m.
    - 487 Detonadores Nonel (#s, 1 al 20).
    - 2 detonadores eléctricos.

- **Especificaciones de diseño:**



Grafica 26: Edificio Claudia María
Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

Para esta edificación fue necesaria la implementación de voladura en una dirección, y que no se tenían edificación que pudieran ser afectadas en sus alrededores, a su vez presenta gran porcentaje de columnas con longitudes laterales superiores a 40 cm, las cuales requieren de una disposición de los barrenos en la columna especial así como ubicación de retardos y ubicación de mayor cantidad de carga en columnas de mayor diámetro, así como riostras en las mismas.

16.5 Diseño implosión ala lateral del colegio Sagrada Familia Hermanas Comunidad Capuchina.

Grafica 27: Edificio Colegio Sagrada Familia
Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

- **Localización:**

Ubicado en la Calle 13 entre Carrera 12 y Carrera 13 en el parque sucre, armenia, del cual se presentó gran inestabilidad en una de sus alas la cual fue sometida a mayores esfuerzos que la otra.

- **Material utilizado:**

  - 26.52 Kg de Indugel Plus AP (32 x 250 mm).
  - 600 m de Cordón detonante de 3 g/m.
  - 442 Detonadores Nonel (#s, 1 al 20).
  - 2 detonadores eléctricos.

- 2 retardos de 65ms.

- **Especificaciones de diseño:**

Grafica 28: Edificio Colegio Sagrada Familia
Fuente: Tomado de Información del Ing. Luis Alberto Garzón y tesis de explosivos Escuela de Ing. Militares.

Para esta edificación fue necesario el diseño de una voladura en una dirección siendo esta la parte exterior del colegio, debido a la no existencia de edificaciones en esta ala, teniendo en cuenta la repartición de retardos en su diseño siendo en el primer nivel la disposición de los tiempos de retardo en cada columna y dos retardos de 65ms ubicados en las columnas adyacentes a una escalera que se debía mantener intacta, en el segundo piso se encuentra la disposición de los tiempos de retardo para columnas y vigas inferiores, al igual que los barrenos de la escalera en el tiempo 17.

17. Entrevista ingeniero Luis Alberto Garzón

1. **Quisiera que me contara un poco de usted, en que trabaja, cosas básicas?.**

   Mi nombre es Luis Alberto garzón nació en Paipa Boyacá graduado de la universidad nacional como ingeniero químico en el 82. Duro trabajando en montajes industriales y luego ingreso a la parte militar en el 83, está en la parte de desarrollo de explosivos, en la fábrica Antonio Ricaurte hace 32 años. Actualmente es jefe de producción en la planta de Fexar la cual produce explosivos para la minería del país, obras de infraestructura energética y vial. Tiene experiencia en voladura a cielo abierto, tuneleria y voladura controlada para el desplome de estructuras y edificios.

2. **Tesis: estudio de las demoliciones con explosivos en el 99 después del terremoto de armenia, cual fue campo de acción, que encontró y cuál fue su experiencia al llegar al campo?**

   Al presentarse el terremoto él se encontraba en la fábrica de explosivos y era el jefe de producción, el FOREQ (el fondo de reconstrucción para el Quindío) junto con INVIAS tenían la responsabilidad de hacer las demoliciones de los edificios que había quedado en mal estado por el terremoto y querían ver si en primera estancia se podían hacer las demoliciones con empresas extranjeras las cuales tomaban demasiado dinero, el estado decidió utilizar sus recursos y hacer el contacto con la estancia militar. Se llevaron dos grupos uno encargado de Risaralda y el otro el de armenia del cual hacia parte. La experiencia fue fuerte ya que solo se contaba con la experiencia de la demolición en la fábrica de Bavaria que lo hizo la empresa ICA de México por lo que tuvieron que viajar para aprender la técnica y la problemática en la zona para poder llevar a cabo el proyecto sin inconvenientes, la técnica de adopto para la industria militar con mejoramientos.

3. **Cuantos edificios fueron demolidos?**

   26 edificios en el Quindío especialmente en armenia y pueblos cercanos como Montenegro, Calarca. Risaralda especialmente en Pereira 20 demoliciones.

4. **Que estructuras encontró o que sistemas de construcción?**

   Se encontraron estructuras porticadas permitiendo identificar muy bien las columnas, vigas, escaleras y puntos fijos que eran los que se cargaban con explosivos para hacer colapsar los edificios. Se aprendió durante el trabajo de la fatiga tensora de las vigas, la resistencia de columnas, sitios de debilidad de las mismas para poder colocar los explosivos. Toco ver el centro de gravedad de los edificios encontrando algunos donde no estaba bien definido haciendo más difícil el proceso de demolición. Ahora la técnica se sabe hacer pero la industria militar no lo tiene como eje de trabajo por lo que se dejó de investigar y explotar, actualmente la empresa DEMOLICIONES ATILA continua con el trabajo de la técnica sin ningún estudio acerca de control de vibraciones, estudio de resistencia estructural, control de proyecciones o control de ruido, lo que lleva a alteraciones estructurales en las edificaciones de la colateralidad.

5. **Las demoliciones en el Quindío fue el nacer de la técnica en el país, previamente no existía experiencia bajo que regímenes se guían estos procesos?**

   Al tener solo experiencia previa del 84 con la fábrica de Bavaria, no existía interés por la técnica sino hasta el momento del desastre del eje cafetero por lo que los ingenieros con experiencia en voladura se hizo un proceso de estudio a profundidad de manera rápida con simulaciones controladas, estructuras pequeñas en edificios dañados aprendiendo a ver el efecto de cantidad de carga colocada en los pilares, para así poder aplicarlo a todo el edificio haciéndolo de manera correcta. Hoy en día sigue siendo un trabajo riesgoso pero ya se conoce más y se tiene mayor experiencia evidenciándose reducción en costos e impacto ambiental contrastada con la técnica de maquinaria pesada.

6. **Que normas rigen el proceso de uso de cargas explosivas, ya que en la literatura del país se encuentra muy poco de leyes sobre el tema.**

   Estamos siguiendo el código de explosivos NFPA495 (National Fire Protection Association, nacida en estados unidos, está orientada a control de siniestro causada por incendios de toda índole incluido el uso de explosivos), cubre todas las áreas de voladura controlada incluidas las

normas, distancias seguras, actividades y protocolos de seguridad. En Colombia se usó como base para el desarrollo de reforma de decreto de higiene y seguridad en trabajo el 1335 de minería subterránea y 2222 de minería a cielo abierto. El ICONTEC hizo el código nacional de explosivos basado en dicho código adaptada al medio colombiano. Tanto los decretos y la norma están en proceso de aprobación para ser una norma técnica colombiana.

7. Cuáles fueron los métodos utilizados, las sustancias, explosivos?

Para el momento ya se conocía la técnica en otros países, por lo que se integró el control de vibración, control de proyecciones y control de ruidos en el mismo diseño o cálculo de cargas que se utilizarían en cada edificación. Los principios fundamentales utilizados partieron de la demolición con desplome hacia el centro o desplome lateral dependiendo de la necesidad, sumado al cálculo de explosivos para controlar el consumo especifico de cada explosivo por medio de la formula Kg de explosivo X M cubico volado, permitiendo manejar el tema de la vibración por medio de ecuaciones que relacionan la carga dominante de explosivo y la distancia en un momento determinado permitiendo predecir el comportamiento de la voladura.

Lo que se pretende es retirar todo el cemento a la estructura que está soportando la edificación quedando a merced del peso del edificio doblando los hierros dejando desplomar la estructura. Los explosivos utilizados para este tipo de demoliciones, son aquellos que no tengan muchos gases si no que tengan una energía de choque alta como los explosivos de alta velocidad, tipo hidrogel o tipo emulsión, en Colombia se usan el INDUGEL PLUS AP y la EMULSION ENCARTUCHADA en menor cantidad ya que tiene mucha energía y el cemento se comporta como una roca blanda para evitar problemas con las proyecciones de escombros o partículas de concretos. Los diámetros van de acuerdo a los pilares sin pasar los 32 mm de diámetro.

8. Cuáles fueron las ventajas de utilizar este método y no otro?

El INVIAS intento meter maquinaria para la demolición de las edificaciones afectadas evidenciando riesgos elevados ya que podían terminar sobre la maquinaria. Se encontró un mejor control con la demolición con explosivos disminuyendo los posibles accidentes y riesgos durante el trabajo.

Posteriormente con la maquinaria se procedía a realizar la remoción de escombros y la demolición de casas y estructuras de máximo 3 pisos.

9. Que desventajas vio durante el trabajo con explosivos?

Una de las más grandes desventajas es el riesgo del manejo de explosivos teniendo una gran probabilidad de presentar accidentes, a su vez toda la parte de levantamiento estructural ya que muchas edificaciones son tienen los planos estructurales teniendo que hacer un estudio previo a la demolición. Otra desventaja es tener todos los permisos requeridos para poder llevar a cabo este tipo de procedimientos y manejo de explosivos. Otro inconveniente presentado fue la falta de recursos para proteger las cargas ya que se necesita malla eslabonada, talaje o textil. Contábamos con el problema de encontrar edificios habitados con habitantes de calle haciendo más difícil el ingreso a las estructuras por las condiciones en las que vivían.

10. Que errores se cometieron en el desempeño del método?

Al realizar los cálculos en ocasiones se utilizaba mayor cantidad de carga teniendo accidentes leves con partículas en las personas que se encontraban en el área causando lesiones muy pequeñas. Específicamente en una edificación se presentó un problema con una columna que destruyo parte de una edificación representativa de la ciudad durante la demolición.

11. Que aprendizaje tuvo con esta experiencia que opina del uso de explosivos en Colombia?

El crecimiento personal y profesional muy grande, el uso de explosivos en Colombia se pueden extraer carbón, hierro, níquel, oro, esmeraldas, sal, se hacen carreteras, se realizan obras de infraestructura eléctricas como los túneles de carga para las maquinas o turbinas. Las demás técnicas que están de alternativas al uso de explosivos son de alto costo haciendo obras menos viables y que toman más tiempo. Actualmente en Colombia se consumen 280.000-290.000 siendo el tercer país de Latinoamérica en consumo, a nivel de Latinoamérica somos el único país en realizar técnicas de demolición con ingenieros propios, la técnica se debe modificar para que pueda ser adaptada en estructuras diferentes a la porticada como estructuras industriales con muros estructurales.

18. Conclusiones

- Se establecieron las diferentes técnicas utilizadas para la demolición de edificios y se encontró que el uso de explosivos representa la opción más rápida y económica.

- En Colombia se ha involucionado en el tema de voladuras especiales ya que no se lleva un planeamiento a adecuado. Es necesario contar con el conocimiento de los especialistas en técnicas de voladura para realizar tales esquemas de voladura controlada de forma eficaz, eficiente y con todos los parámetros de seguridad sin impactar el medio ambiente.

- En todas las demoliciones de edificios se deben hacer voladuras de prueba que den una idea al diseñador del efecto real de la carga explosiva en el concreto.

- La dirección de caída del edificio es un resultado de la ubicación de las cargas del explosivo en los elementos estructurales, y el orden de detonación que se diseñe.

19. Referencias bibliográficas

- ARISTIZABAL, (2002) pag 59, Propuesta de investigación y entrevista para el Tiempo, lecturas de la academia, Armenia.
- ARISTIZÁBAL GARCÍA, J. (2002). Terremoto, movilización social y concertación: parábola de los arrendatarios de Armenia. Bogotá: Prisma
- MONSALVE JARAMILLO, H. (2002). Evaluación de la amenaza sísmica del eje cafetero. En: MONSALVE JARAMILLO, H. et al. La reconstrucción del Quindío. Lecturas desde la academia. Armenia: Optigraf
- VALLEJO, A. (2001). Volvimos a nacer. El terremoto de Armenia. Bogotá: Unión Impresos.

20. Bibliografía

- ALVARADO MORENO, Héctor Javier. Empleo de los explosivos en obras de Ingeniería Civil y Militar. Bogotá. Primer centenario de la imprenta y publicaciones de las F.F. M.M., 1996, 395p.
- ARANGO, J. D. y QUINTERO, B. E. Dianóstico del Sismo del 25 de enero de 1999. In: Boletin de la Red Sismológica del Eje Cafetero. Vol.8 Manizales: 2000 46 – 53 p.
- ARISTIZÁBAL GARCÍA, J. (2002). Terremoto, movilización social y concertación: parábola de los arrendatarios de Armenia. Bogotá: Prisma
- BAKER, V. R. Regional Landforms Analysis. NASA, Red mundial, 2001.
- CAÑAS Edgar, PEREZ Javier, La utilización de los explosivos en la Ingeniería civil, conocimiento de explosivos, Bogotá, 1994, 402 p.
- CARDONA, O. D. Lessons in Seismic Engineering and Disaster Prevention. Special
- CIA. MEXICANA DE EXPLOSIVOS, Manual de Dupond, Diferentes usos de los explosivos, México centro regional de ayuda Técnica, 1973, 323 p.
- DEPARTMENT OF THE FIELD MANUAL. Explosives and demolitions. EE.UU., 1971, 268p.
- ESCUELA DE INGENIEROS MILITARES, Empleo de los explosivos en obras de Ingeniería Civil y Militar, 2a edición, Santafé de Bogotá D.C., Editorial Margabby Ltda., 1996, 330 p.
- Geohazards International. Red mundial, 5000.
- HERNANDEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA (1998) capítulo III metodología de la investigación.
- HUETE FUERTES, Ricardo. Demoliciones. España. EDITAN S.A. , 1995, 127p.
- MONSALVE JARAMILLO, H. (2002). Evaluación de la amenaza sísmica del eje cafetero. En: MONSALVE JARAMILLO, H. et al. La reconstrucción del Quindío. Lecturas desde la academia. Armenia: Optigraf
- QUINTA EDICIÓN EJÉRCITO. Manual de explosivos y demoliciones. 1996,144p.
- RAMIREZ, Edgar Eduardo. Utilización, manejo y seguridad de los explosivos permisibles. Bogotá, 1998, 128 p.: Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Militar “Nueva Granada”. Facultad de Ingeniería Civil.

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Publicado en: «BOE» núm. 38, de 13 de febrero de2008, páginas 7724 a 7730 (7 págs.)
- Report. The Earthquake of Armenia, Colombia, January 25, 1999.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, J. (2003). Desastre, reconstrucción y formación de nueva ciudadanía. Las organizaciones populares de vivienda en el eje cafetero. Armenia: Universitaria de Colombia. ROJAS ARIAS, M. A. (2000). Periodismo en zonas de desastre. Armenia.
- SAAVEDRA, M. R. y ALBÁN, A. (2002). Del terremoto a la reconstrucción. La Fenavip en la acción social de Calarcá. Bogotá: Antropos.
- SALAZAR, J. I. (2000). La administración de una tragedia. Armenia: Tipografía Real.
- TORRES MUÑOZ, Alicia. Metodología del Trabajo Científico Aplicada a la Ingeniería Civil. Santafé de Bogotá. Universidad Militar “Nueva Granada”. Facultad de Ingeniería Civil. 1993,225p.
- VALLEJO, A. (2001). Volvimos a nacer. El terremoto de Armenia. Bogotá: Unión Impresos.

DOCUMENTALES:

Documentales de terremoto de armenia

- Terremoto eje cafetero Colombia 1999, informe del ministerio de desarrollo económico de los resultados del censo de inmuebles afectados por el terremoto en el eje cafetero colombiano
- Después del terremoto edificio antigua alcaldía Armenia Quindío 1999, Jorge Hernán Arcila ariztizabal
- Después del terremoto barrio granada Armenia Quindío 1999, Jorge Hernán Arcila ariztizabal
- Después del terremoto parque cafetero y Uribe armenia 1999, Jorge Hernán Arcila ariztizabal

Documentales demoliciones armenia

- Trabajos de demolición del teatro yanuba parte 2
- Explosivos y demoliciones en Colombia, video de la escuela de ingenieros militares.

PERIODICOS:

- El Espectador
- Solidarte
- El Ejemplar
- Informativo La Misión
- El tiempo.

21. Anexos

Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón

Fuente: tomada del ingeniero Luis Alberto Garzón