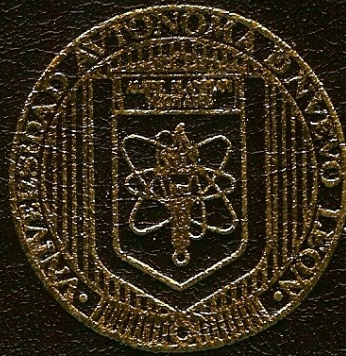


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



APORTACION METODOLOGICA PARA LA
DEMOLICION DE PUENTES VEHICULARES MEDIANTE
LA APLICACION DE DEMOLICION MECANICA

POR

MARIO ALBERTO BRIONES QUIROZ

Ingeniero Civil

DIRECTOR DE TESIS:

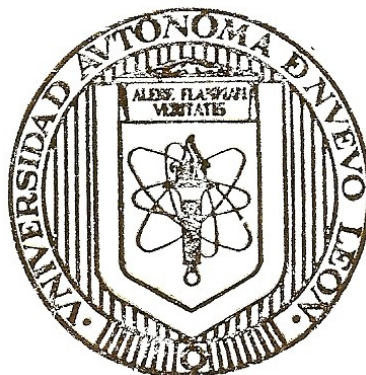
DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA

Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con especialidad en
INGENIERIA ESTRUCTURAL

AGOSTO, 2013

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



APORTACION METODOLOGICA PARA LA
DEMOLICION DE PUENTES VEHICULARES MEDIANTE
LA APLICACION DE DEMOLICION MECANICA

P O R

MARIO ALBERTO BRIONES QUIROZ
Ingeniero Civil

DIRECTOR DE TESIS:
DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA

Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS con especialidad en
INGENIERIA ESTRUCTURAL

AGOSTO, 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**APORTACIÓN METODOLÓGICA PARA LA DEMOLICIÓN DE
PUENTES VEHICULARES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
DEMOLICIÓN MECÁNICA**

POR

MARIO ALBERTO BRIONES QUIROZ
Ingeniero Civil

DIRECTOR DE TESIS:
DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS con especialidad en INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

Agosto, 2013



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DR. PEDRO L. VALDEZ TAMEZ

Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación
de la Facultad de Ingeniería Civil de la UANL
Presente.-

Estimado Doctor Valdez

Por medio de la presente, le comunico que el Ing. **Mario Alberto Briones Quíroz** Pasante de la Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de Tesis denominado "**Aportación Metodológica para la Demolición de Puentes Vehiculares mediante la Aplicación de Demolición Mecánica**" por lo que no tengo inconveniente en solicitarle amablemente que gire las instrucciones para dar paso a los trámites correspondientes y atender la solicitud del Examen de Grado del Ingeniero **Briones Quíroz** para cumplir con los requisitos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales de nuestra Institución.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano la atención brindada a la presente, quedo a su disposición para cualquier aclaración que considere necesaria.

ATENTAMENTE
"Alere Flammam Veritatis"
Cd. Universitaria, 23 de abril de 2013

DR. RICARDO GONZALEZ ALCORTA
Director de Tesis

RGA/frp*



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DR. PEDRO L. VALDEZ TAMEZ

Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación
de la Facultad de Ingeniería Civil, UANL
Presente.-

Estimado Doctor Valdez

En atención a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la tesis “Aportación Metodológica para la Demolición de Puentes Vehiculares mediante la Aplicación de Demolición Mecánica” que presenta el Ing. Mario Alberto Briones Quíroz, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha Tesis, considerándola como **APROBADA**.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE
“Alere Flammam Veritatis”
Cd. Universitaria, 23 de abril de 2013


M.I. LUIS MANUEL ARANDA MALTEZ
Director de la Facultad de Ingeniería Civil, UANL



DIRECCION



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DR. PEDRO L. VALDEZ TAMEZ
Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación
de la Facultad de Ingeniería Civil, UANL
Presente.-

Estimado Doctor Valdez

En atención a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la Tesis “Aportación Metodológica para la Demolición de Puentes Vehiculares mediante la Aplicación de Demolición Mecánica” que presenta el Ing. Mario Alberto Briones Quíroz, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha Tesis, considerándola como **APROBADA**.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE

“Alere Flammam Veritatis”

Cd. Universitaria, 23 de abril de 2013

DR. GUILLERMO VILLARREAL GARZA

Profesor Investigador de la Facultad de
Ingeniería Civil de la UANL
Evaluador de Tesis de Maestría

**APORTACIÓN METODOLÓGICA PARA LA DEMOLICIÓN DE
PUENTES VEHICULARES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
DEMOLICIÓN MECÁNICA**

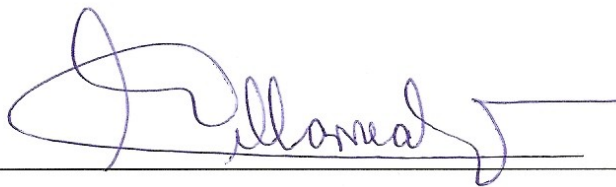
Aprobación de la Tesis:



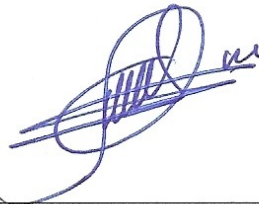
Dr. Ricardo González Alcorta.
Director de Tesis



M.I. Luis Manuel Aranda Maltez.
Evaluador de Tesis



Dr. Guillermo Villarreal Garza.
Evaluador de Tesis



Dr. Pedro L. Valdez Tamez.
Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Oficio SDEPI-118-2013

ING. LÁZARO VARGAS GUERRA

Director del Departamento de Escolar y de
Archivo de la UANL
Presente.-

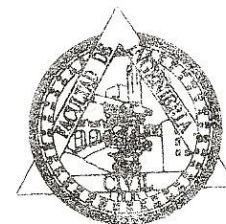
Estimado Ing. Vargas:

Por este conducto me permito comunicarle que el **ING. MARIO ALBERTO BRIONES QUIROZ**, pasante de la **Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural**, ha solicitado su examen de grado, para lo cual a cubierto la totalidad de los requisitos académicos y administrativos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales y el Reglamento General de Estudios de Posgrado de nuestra Institución. De la manera más atenta, le solicito su colaboración para que se dé el trámite correspondiente en el Departamento a su digno cargo.

Sin más por el momento, quedo a sus apreciables órdenes para cualquier duda o aclaración.

ATENTAMENTE,
"ALERE FLAMAM VERITATIS"
Cd. Universitaria a 16 de julio del 2013

DR. PEDRO L. VALDEZ TAMEZ.
Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación



SUB DIRECCION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACION

C.c.p. Archivo.
Rtp.

Handwritten signature and date
16-JULIO-2013

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Ricardo González Alcorta por ser el asesor que me guió acertadamente y así poder plasmar conocimientos sustanciosos en esta tesis. También quiero reconocer a mis evaluadores de tesis al M.I. Luis Manuel Aranda Maltez y al Dr. Guillermo Villarreal Garza por formar parte del Comité de Tesis y por sus valiosas sugerencias, apoyo e interés, en la revisión del presente trabajo de investigación.

A todos los compañeros del Departamento de Ingeniería Estructural y Materiales de Construcción del Instituto de Ingeniería Civil de la UANL, que me han me han apoyado durante todo este tiempo que se ha desarrollado este trabajo, y a todas las personas que contribuyeron de una forma u otra en la realización del mismo.

De todo corazón agradezco a Dios Padre, Dios Hijo y Dios Espíritu Santo por sus bendiciones de cada día. De igual manera agradezco a mi sagrada familia, por el apoyo moral e incondicional que siempre me han brindado.

PRÓLOGO

El propósito fundamental de esta tesis es proporcionar un método de análisis para casos relacionados con la demolición de estructuras que sea aplicable a puentes vehiculares, así como proporcionar algunas ideas relacionadas con la demolición estructural, aplicando conceptos teóricos que pudieran ser útiles en la solución de problemas prácticos. Esta tesis integra cinco capítulos, cuyos contenidos se describen brevemente a continuación:

Capítulo 1: *Introducción.* Se menciona la importancia que tiene la demolición estructural y cómo ha evolucionado de acuerdo a los avances técnicos y el desarrollo de la sociedad, así como una breve descripción de los antecedentes del tema de tesis. También se indica el alcance del estudio y se especifican los objetivos que se persigue.

Capítulo 2: *Demolición de estructuras y técnicas de demolición.* Se hace una breve descripción y clasificación referente a las técnicas de demolición de estructuras, de acuerdo a su función de aplicación, además se enfatiza la importancia de aplicación con respecto a las ventajas y desventajas que proporcionan los distintos métodos de demolición.

Capítulo 3: *Metodología propuesta para demolición de puentes vehiculares.* Se describe la importancia de los puntos de análisis a considerar para determinar el método más conveniente de demolición, de igual forma se muestra la influencia y la secuencia del procedimiento metodológico para la demolición estructural. Aquí se muestra de manera teórica el efecto que se produce el empleo de la demolición mediante la aplicación de maquinaria. Se resume de manera teórica lo relativo a las aplicaciones tratadas en esta tesis.

Capítulo 4: Aplicación de metodología para demoliciones en puentes. Se presenta una aplicación de la metodología propuesta en esta tesis a un caso práctico de la demolición de puentes vehiculares. Este es un ejemplo práctico donde se aplica la metodología descrita para este caso de estudio, donde fue justificable el empleo de demolición mecánica.

Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones. Se mencionan las principales conclusiones y recomendaciones emanadas de la tesis.

Es importante mencionar que los capítulos comprendidos entre el 1 y el 3 presentan los fundamentos sobre el tema de demolición mecánica. Aquí el lector que ya conozca estos fundamentos puede dirigirse directamente al capítulo 4, donde se presenta un caso de estudio del método propuesto.

Espero sinceramente que lo tratado en este trabajo sea de utilidad para el lector y pueda servir también de referencia en la solución de algún problema específico de demolición de puentes vehiculares.

Ing. Mario Alberto Briones Quiroz.

Agosto, 2013.

ÍNDICE

Contenido	Página
AGRADECIMIENTOS	i
PRÓLOGO	ii
ÍNDICE	iv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos y metas.....	3
1.3 Justificación.....	3
CAPITULO 2. DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS Y TÉCNICAS DE DEMOLICIÓN	4
2.1 Técnicas de demolición.....	5
2.2 Demolición manual.....	6
2.3 Demolición mecánica	13
2.4 Demolición con explosivos	24
CAPITULO 3. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA DEMOLICIÓN DE PUENTES VEHICULARES.....	35
3.1 Objetivos y limitaciones de la metodología propuesta.....	35
3.2 Metodología teórica propuesta para el análisis y demolición de un puente vehicular....	36
3.3 Aplicación teórica de metodología propuesta para el proceso de demolición de un puente vehicular.	40
3.3.1 Aplicación teórica de la metodología propuesta.	40
3.3.1.1 Etapa uno: Instrumentación y medición	42

3.3.1.2 Etapa dos: Demolición lateral estructural	43
3.3.1.3 Etapa tres: Demolición central estructural	52
CAPITULO 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA UN CASO DE ESTUDIO: DEMOLICIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR CURVO	69
4.1 Aplicación metodológica para el análisis y demolición de puentes vehiculares.	69
4.2 Descripción del caso de estudio para aplicación metodológica de demolición de puente vehicular, Distribuidor vial revolución, (DVR–Viaducto 50).....	75
4.2.1 Aplicación de Fase IV: Planeación y Ejecución de la demolición	76
4.2.1.1 Etapa uno: Instrumentación y medición	76
4.2.1.2 Etapa dos: Demolición lateral estructural	79
4.2.1.3 Etapa tres: Demolición central estructural	76
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
5.1 Conclusiones Finales.	113
5.2 Recomendaciones Generales para el proceso de demolición.....	114
BIBLIOGRAFÍA	116
LISTA DE FIGURAS	120

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El hombre dejó de habitar las cuevas cuando le fue posible construir un refugio con sus propias manos. Así, de las elementales chozas el hombre evolucionó a técnicas de edificación cada vez más complejas, entre cuyos resultados se encuentran los rascacielos y los complejos viales vehiculares, ente otros. En forma paralela, también fue necesario desarrollar técnicas que destruyeran las edificaciones que han pasado a cumplir con su vida útil, ya sea a causa del transcurrir del tiempo o por eventos como incendios, sismos que dañan su estructura de manera irreversible o por inseguridad estática estructural.

Mientras en el pasado el mundo de la construcción estaba dominado por la construcción de caminos viales y ferroviarios, puentes y edificios nuevos, en las últimas décadas el mantenimiento, la remodelación y el reemplazo de estructuras existentes han logrado una mayor importancia. La remodelación y el reemplazo de puentes metálicos y mixtos son requeridos, en la vasta mayoría de los casos, por el incremento del volumen de tráfico y de las cargas útiles, y no sólo por el envejecimiento y/o mantenimiento inadecuado.

Los problemas más usuales en las grandes ciudades son la escasez de suelo edificable y la alta rentabilidad del sector de la construcción, lo cual hace social y económicamente necesario el efectuar demoliciones de edificios antiguos, tanto dedicados a viviendas como a actividades comerciales, industriales y turísticas, para edificar nuevos y más apropiados a la demanda cualitativa y cuantitativa.

Este proceso de renovación natural se puede realizar de forma paulatina, planificada y sistemática, o bien, de manera anárquica y descontrolada.

Básicamente entendemos como demolición aquella actividad que elimina una edificación o instalación existente. El motivo de dicha necesidad es muy diverso: nuevas edificaciones, recuperaciones del entorno, nuevas instalaciones, etc. La diversidad de los edificios y emplazamientos es evidente, así como los posibles condicionantes que estos presentan.

Debido a esto, la demolición es una actividad que debe estar adaptándose constantemente al entorno, a los condicionantes sociales, las nuevas reglamentaciones y por supuesto, no puede perder de vista el mercado. Esta exposición de motivos viene a demostrar que no se trata de una actividad trivial y vacía de análisis técnicos. Cada nueva demolición aporta aspectos diferenciados de las anteriores, lo cual obliga a los responsables a estar constantemente al día en las nuevas técnicas.

La demolición actual no se puede comparar a la que se llevaba a cabo en el pasado, cuando el trabajo consistía simplemente en derribar un edificio. A partir de la simple destrucción de una estructura se ha desarrollado un complejo proceso con tecnología de punta. Para lograr este proceso se realiza la demolición con herramientas modernas, permitiendo un control absoluto del proceso de disposición de los escombros, facilitando también su clasificación para su posterior reciclado.

Año con año las exigencias de las empresas dedicadas a la demolición han ido en aumento, debido a los nuevas reglamentaciones, materiales de construcción, tecnologías modernas y controles ambientales exigidos actualmente.

Es por esto que es muy importante que se tenga un amplio conocimiento en la materia, una permanente formación de conocimientos en materiales de construcción, procedimientos de reciclaje, y un profundo conocimiento de todos los requisitos legales necesarios para el procedimiento de demolición.

La siguiente tesis tiene como objeto fundamental brindar un panorama general de las opciones o alternativas para llevar a cabo el proceso de demolición de un puente vehicular de concreto reforzado.

1.2 Objetivos y metas

El objetivo fundamental de la presente investigación es proponer una metodología de demolición de estructuras de acuerdo a los equipos actuales y técnicas empíricas, que sean aplicables a puentes vehiculares.

En esta investigación se contemplan las siguientes metas:

- a) Realizar una revisión bibliográfica sobre los estudios e investigaciones hechas hasta la actualidad sobre técnicas de demolición y su aplicación a puentes vehiculares.
- b) Analizar los métodos de demolición actuales.
- c) Proponer una metodología aplicable a las condiciones y equipos disponibles en la actualidad.
- d) Aplicar la metodología propuesta al caso de un puente vehicular.
- e) Concluir sobre los resultados de la metodología y técnicas de demolición empleadas al puente vehicular en estudiado.

1.3 Justificación

Debido a que actualmente no se tiene bien establecido las metodologías de demolición, hoy en día muchos procesos de demolición se basan en métodos y técnicas empíricas. Dadas las observaciones hechas en diferentes medios de comunicación por parte de la ciudadanía acerca de las demoliciones de dichas estructuras en estudio, se ha comenzado una serie de análisis acerca de las técnicas de demolición y esta tesis es uno de ellos, puesto que no existe una metodología bien establecida que esté relacionada con la demolición de puentes vehiculares.

Como ejemplo práctico se contó con un conjunto de puentes a demoler en el estado de Coahuila. Por lo tanto, se estudiarán las técnicas de demolición y su aplicación, con el fin de establecer y aplicar la metodología propuesta de demolición de puentes vehiculares lo cual permitirá el avance en las investigaciones para la aplicación de técnicas de demolición.

CAPÍTULO 2

DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS Y TÉCNICAS DE DEMOLICIÓN

Dado que la utilización de la demolición es muy requerida en la obra civil actual, es necesario llevar un orden adecuado y por lo tanto una correcta metodología, ya que para este proceso se requiere de la participación de un conjunto de especialistas en áreas tales como: análisis estructural, impacto ambiental, costos en obra civil, urbanismo, ingeniería eléctrica y química, entre otros.

La demolición conlleva un conjunto de pasos que van desde el peritaje estructural, el cual permite calcular la cantidad de carga explosiva y el lugar de su colocación (si en su caso fuera empleada la técnica de explosivos), el retiro de escombros y la limpieza del lugar, así como la aplicación obligatoria del Reglamento de Construcciones, por ser este el que regula y contempla leyes y disposiciones tales como la ley de Monumentos Históricos y Artísticos y la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, entre otras.

En la antigüedad, la demolición en puentes era utilizada generalmente para limitar el paso del enemigo en tiempos de guerra, retrasando la entrada de recursos y transportes. Algunos dañaban los puentes con bombas aéreas.

Los técnicos eran los únicos que podían reparar o usualmente demoler puentes ya que a eso se dedicaban y su trabajo consistía en hacer o reparar los puentes rápidamente para el apresurado avance del pelotón o el retraso del pelotón enemigo.

Generalmente, la demolición de puentes suele acostumbrarse a usarse explosivos para su demolición; sin embargo, en Alemania el 4 de mayo de 2009 se tuvo que demoler un puente de 45 años de antigüedad, el cual tenía que reabrir el tráfico de vehículos en un plazo no mayor de 48 horas ya que por esa carretera que fue bloqueada transitaban una

gran cantidad de vehículos [12]. Se tenían que recoger 2,300 m³ de concreto reforzado que cayeron sobre la vía ferrocarrilera que se encontraba a un lado de la carretera y 25,000 m³ de concreto reforzado a lo largo de toda la zona afectada; y fue la compañía Ruppert Frickenhausen quien tuvo que realizar una demolición mecánica (y no de explosivos como comúnmente se hace) del puente, ya que no tenían permitido usar explosivos por la presencia de las vías ferroviarias.

Se usó una flota de equipos de ocho rompedoras hidráulicas de la serie media y pesada cuyo peso en servicio variaba entre unos 1,200 kg y 7,000 kg, seis pulverizadoras hidráulicas que trituraran los fragmentos in situ y dos Combi Cutter CC2500U y CC3300U para su uso con las excavadoras de brazo largo en esta zona. Con dicho proceso, se logró despejar la vía en 36 horas (en 25% menos del tiempo máximo establecido de obra).

El 29 de diciembre del 2009 fue demolido el puente de Mamedra de 136 años de antigüedad en España [13]. La causa de la demolición fue el desprendimiento en parte de su muro superior como consecuencia de su deterioro y el impacto de las lluvias, por lo que se tuvo que demoler por completo mediante explosivos para su economía, ya que era más fácil hacer otro que reparar el mismo.

2.1 Técnicas de demolición

La elección del método de demolición depende de las condiciones del proyecto, el sitio y sus limitaciones, la sensibilidad de la zona y la disponibilidad de equipos.

Referente a los métodos de demolición de estructuras tradicionales, las técnicas ofrecen ventajas diferenciales que varían según el tipo de proyecto. Entre las principales técnicas de demolición destacan las siguientes:

- a) Demolición Manual.
- b) Demolición Mecánica.
- c) Demolición por Explosivos

2.2 Demolición manual

La demolición manual es una técnica de la ingeniería cuyos inicios se asociaron, generalmente, a acciones de carácter bélico o eminentemente destructivo **(Figura 1)**.



Figura 1 Demolición manual empleando mazo mediano.

Para la aplicación de esta acción es necesario disponer de unos pocos útiles y herramientas como son: cuñas, mazas, picos, palas, cortafíos, palanquetas, martillos, compresor, etc. y de personal con experiencia.

El método más frecuente es una combinación de pala excavadora y de demolición a mano, el más antiguo y tradicional de los conocidos. La demolición es un proceso para eliminar de forma parcial o total una construcción existente, esto causado por la escasez de suelo edificable esto mayormente en las zonas urbanas.

La utilización de elementos mecánicos más complejos dependerá del tamaño de estructura a demoler y las características de su estructuración de soporte, así como de los medios económicos del promotor.

Antes de proceder a una demolición se han de llevar a cabo una serie de acciones previas:

- a) Recabar la posible documentación existente de organismos oficiales, colegios profesionales, etc.
- b) Considerar la antigüedad de la estructura y calidades de los elementos estructurales, estudiando la cimentación de la estructura y de las estructuras colindantes.
- c) Situar la ubicación de tuberías de agua, colectores pluviales, gas, electricidad, etc.
- d) Visita previa de reconocimiento.
- e) Elaboración de un proyecto de demolición.

Entre las medidas iniciales de una demolición destacan en los inmuebles del perímetro de la demolición revisar los siguientes aspectos:

- a) La colocación de vallas y señales de tráfico en puntos estratégicos de la obra.
- b) Anular las instalaciones existentes de agua, corriente eléctrica, gas, etc., para evitar electrocuciones, intoxicaciones por gas, explosiones o incendios.
- c) Visita de inspección en sótanos, espacios cerrados, depósitos, etc., para determinar la existencia de gases, vapores tóxicos, inflamables, etc.
- d) Desinfectar, en los casos donde sea necesario, en función del uso dado con anterioridad al mismo, siendo distinto el tratamiento si ha sido hospital, cuartel, hotel, vivienda, etc.
- e) Apuntalamientos en huecos y fachadas, de abajo hacia arriba, es decir de forma inversa a como se realizara la demolición, reforzando cornisas, balcones y muros.
- f) Instalación de andamios, plataformas de trabajo, tolvas, y todos los medios auxiliares de protección colectiva previstos para la demolición que favorezcan la circulación por la obra y evitando molestias y daños a terceros.

A fin de evitar riesgos se mencionan algunos aspectos importantes a considerar:

- a) Revisar y sanear cada día al finalizar el turno y previamente al inicio de trabajos, todas las zonas con riesgo inminente de desplome.
- b) Reconocimientos periódicos de las estructuras colindantes conforme avanza la demolición, en especial tras producirse vibraciones.
- c) Colocar testigos en lugares adecuados, vigilando su evolución durante toda la demolición.
- d) El derribo debe hacerse empezando de arriba hacia abajo; procurando la horizontalidad y evitando el que trabajen operarios situados a distintos niveles.
- e) Prevenir la acumulación de materiales del derribo en las plantas de las estructuras, si en su caso fuese un edificio, ya que lo sobrecarga puede producir derrumbamientos.
- f) Iluminación para seguridad en la ejecución de los trabajos donde sea necesario el señalamiento fosforescente.

Parámetros

La herramienta y el equipo que podemos emplear para cualquier demolición, debe ser la indicada, porque toma un papel importante en el avance de la obra.

Un aspecto muy importante e interesante que debemos de tomar en consideración en nuestro programa de obra es el mantenimiento que se le debe dar a la herramienta y equipo que se esté utilizando durante el proceso de la obra en demolición.

Algunas de las herramientas que se pueden utilizar en este método son:

- a) Mazo de diferente peso (libras)
- b) Cinceles y cuñas de diferentes espesores

- c) Pala excavadora y de demolición a mano.
- d) Pistola neumática para concreto.
- e) Picos de mano.
- f) Palas de mano.
- g) Corta filos.
- h) Equipo oxígeno-acetilénico (soplete)
- i) Carretillas.
- j) Cargador frontal sobre orugas
- k) Camión de volteo.
- l) Seguetas y cierras.

Un aspecto muy importante es la seguridad, la cual debe prevalecer durante todo el proceso de demolición de la obra. Por lo tanto se debe de prevenir cualquier accidente por muy mínimo que sea.

A continuación se mencionan algunos de los equipos de seguridad que se pueden utilizar en este método:

- a) Casco de seguridad
- b) Mascarilla
- c) Guantes
- d) Lentes
- e) Botas de casquillo
- f) Cintos y arnés
- g) Reflectores y letreros

Se deberán de seguir las siguientes disposiciones para la seguridad:

- a) Eliminar los cristales, objetos sueltos y todo elemento que sobresalga.
- b) No derribar partes de la construcción que aseguren la estabilidad de otras.
- c) Interrumpir los trabajos si las condiciones climáticas son adversas.
- d) Arristrar las diferentes partes de la construcción, evitando su desplome accidental.
- e) Regar a intervalos para impedir el levantamiento de polvos.
- f) Al derribar muros de contención y/o cimentaciones, afianzar las construcciones contiguas.
- g) Retirar el escombro solo durante las interrupciones de los trabajos de derribo.

Coordinación

Para llevar a cabo una buena coordinación es necesario tener muy en cuenta lo siguiente:

- a) Tomar en consideración una planeación de actividades de obra.
- b) Tomar en consideración una coordinación de trabajos, apoyados en una correcta planeación.
- c) Contar con un programa de obra, que nos conduzca a ejecutar los trabajos de demolición lo mejor posible.

Todo esto nos lleva a tener en cuenta que durante el proceso de demolición es muy importante tomar en consideración todos estos puntos y factores que pudiesen presentarse.

Es sumamente interesante que tengamos en consideración que no es fácil una coordinación, puesto que las estructuras que se vayan a demoler cuentan con características particulares, como son:

- a) Las condiciones del lugar.
- b) La existencia de tráfico urbano en la zona, si existe instalaciones exteriores como: eléctricas, telefónicas, antenas, torres, especialmente de alta tensión, etc.
- c) Las características de la estructura a demolerse. Como la altura del inmueble, el peso de los materiales, la geometría de la estructura, tanto en planta como en elevación. Las características de los edificios circundantes, como la colimación que es muy importante, y a la vez delicada, para evitar problemas posteriores, que se llegue a los recursos jurídicos y se corra el riesgo de suspender los trabajos de demolición.

Todo lo anterior nos conduce el tomar decisiones referentes a proyectar una buena coordinación, junto con una eficiente planeación de actividades para llevar a cabo una correcta demolición.

Como podemos ver, lo importante será que se lleve a cabo un programa de actividades de demolición de obra, como es requerido, una buena planeación de actividades y una mejor coordinación de trabajos de demolición, que sean ejecutados eficientemente.

Cabe hacer mención, que referente a la planeación y coordinación de los trabajos de demolición que hacemos referencia, tenemos la obligación de incluir el factor "contaminación", ya que dicho factor lo tendremos muy presente desde el inicio hasta el final del proceso de demolición.

Ya que es un punto primordial, en el reglamento de construcción la protección ecológica del medio ambiente.

Ventajas y desventajas

Por sus características el procedimiento es aprovechable en lo que se refiere a los materiales que se rescaten de la demolición. Muchas obras de demolición debido a sus características de ubicación o porque no se derriban íntegramente se deben de realizar por medios manuales. Se emplean exclusivamente pequeñas herramientas como barras de uña, mazas de golpeo, martillos neumáticos, etc.

De manera habitual se realiza este tipo de demolición complementando a la mecánica, ejecutándose manualmente los derribos hasta alturas que permitan que las retroexcavadoras de grandes prestaciones trabajen minimizando riesgos y aprovechando todo su potencial.

Herramientas especializadas de gran potencia, como pinzas hidráulicas especiales para la compresión de concreto hasta su fragmentación o equipos de oxicorte para cortar las armaduras de la estructura permiten la mayor eficacia en esta clase de demoliciones.

Otras herramientas utilizadas en estos derribos son motosierras para madera, hidráulicas para corte de concreto, martillos neumáticos, etc.

A continuación mencionamos algunos de los materiales que se rescatan y se recuperan con respecto o durante el proceso de una demolición manual de un edificio, el cual es una ventaja desde el punto de vista económico.

- a) Herrería en general: puertas, ventanas, escaleras, barandales, protecciones, etc.
- b) Carpintería en general: closet, puertas, roperos, etc.
- c) Instalaciones eléctricas: cables, contactos, apagadores, en ocasiones hasta lámparas, etc.
- d) Instalaciones Hidráulicas: tuberías, tanques, finacos, accesorios para baños: llaves, regaderas, lavabos, tinas, etc.
- e) Acero de refuerzo: varilla de todos los diámetros, estribos, etc.
- f) Muros: ladrillos, blocks, etc.
- g) El escombro: el mismo escombro producto de la demolición.

Se recomienda el método, apropiado para edificaciones de cualquier altura, dependiendo del tiempo disponible para dicha demolición. En casos especiales y muy frecuentes nos vemos en la necesidad de recurrir a este procedimiento cuando se nos presenta el problema de colindación. Es recomendable este método especialmente para inmuebles no colapsados.

Desventajas del procedimiento.

Por sus características, el procedimiento es:

- a) Lento, y por lo tanto mayor tiempo.
- b) Es de alta contaminación (polvo, ruido, etc.)
- c) Se implementa desvío de tránsito vehicular.
- d) Existe mayor probabilidad de daños de vehículos

2.3 Demolición mecánica

Demolición mecánica en general, implica el uso de maquinaria con la finalidad de dismantelar cierta estructura existente. Los métodos mecánicos comunes incluyen el uso de un brazo de empuje, pistón hidráulico y concha de almeja. Las operaciones de estas aplicaciones se ilustran en la **(figura 2)**. Estos métodos se aplican a las estructuras como pudiera ser a edificios aislados en un terreno relativamente plano. La buena práctica de la demolición mecánica debe de tener un orden específico, que cumpla con todo y lo mejor de la obra civil.

Descripción de Demolición mecánica

Demolición es lo contrario de construcción: el derribe de edificios y otras estructuras. El edificio más alto demolido en su época fué el Singer Building, de 47 plantas, de la Ciudad de Nueva York, que fue construido en 1908 y derribado en 1967–1968, se hizo la demolición por métodos mecánicos y con explosivos controlados, para ser reemplazado por el One Liberty Plaza.

Existe una gran diferencia entre una demolición de un edificio y una demolición de una casa habitación que sólo tiene dos o tres plantas de altura, la demolición para una casa es un proceso más simple. En edificios la demolición no es tan directa como la demolición de una casa habitación, existe la posibilidad de combinar los diferentes métodos manuales y mecánicos, y hasta la aplicación de una variedad de maquinaria y métodos de explosivos controlados.

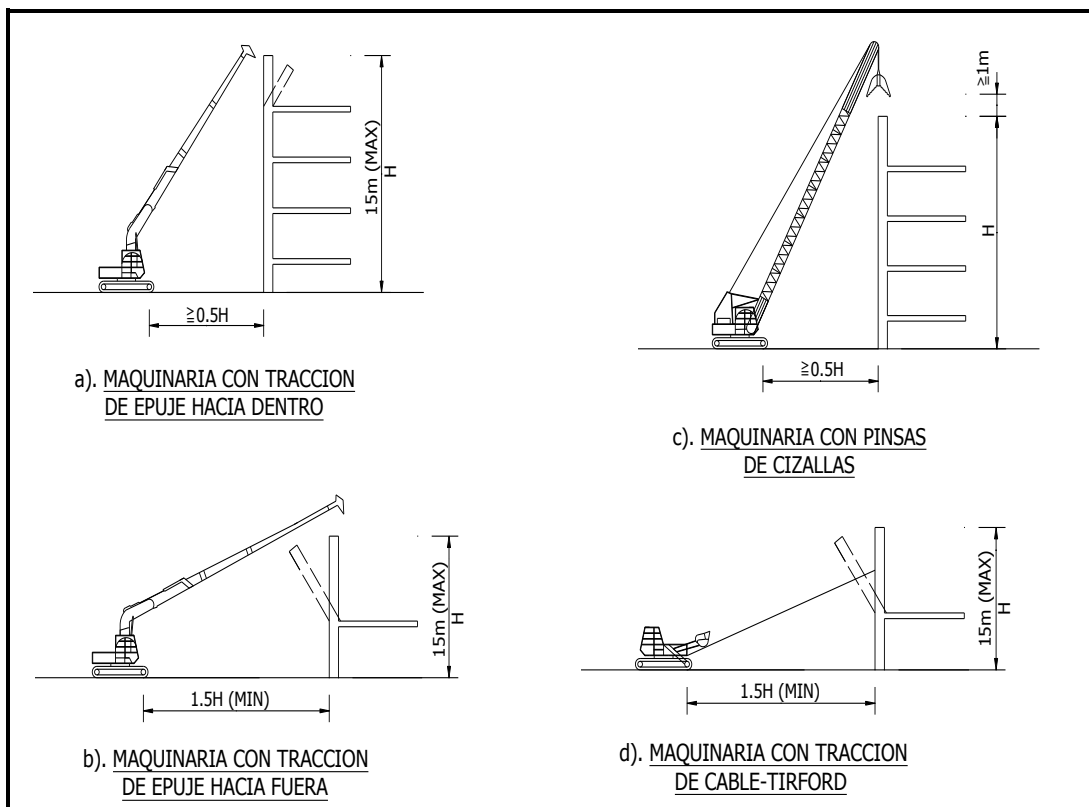


Figura 2 Métodos de demolición.

Los edificios más grandes pueden requerir el uso de una bola de demolición, un peso pesado en un cable que es balanceado por una grúa hacia la fachada de los edificios. Las bolas de demolición son especialmente efectivas contra la mampostería, pero son controladas con mayor dificultad y, a menudo, con menor eficiencia que otros métodos. Los métodos nuevos pueden usar cizallas hidráulicas rotacionales y machacadoras de piedras silenciosas junto con excavadoras para cortar o atravesar madera, acero y concreto. El uso de cizallas es especialmente común cuando el corte con soplete sería peligroso.

Demolición mecánica en general, implica el uso de grandes maquinarias con apego a desmantelar una estructura. Los métodos mecánicos comunes incluyen el uso de un brazo de empuje, el cable y concha de almeja. Las operaciones de estas aplicaciones se ilustran en la **(Figura 3 y 4)**.



Figura 3 Operación de maquina en demolición.



Figura 4 Operación de maquina en demolición.

Estos métodos sólo se aplican a los edificios aislados en un terreno relativamente plano. Las preocupaciones y las buenas prácticas de la demolición mecánica generalmente incluyen lo siguiente:

- a) La máquina se pone en funcionamiento en un terreno suave y firme. Asimismo, deberá tener suficiente contrapeso para prevenir vuelco durante la operación.
- b) El equipo y los accesorios tales como archivos adjuntos y cable deben ser inspeccionados con frecuencia y deben repararse o sustituirse cuando sea necesario.
- c) El impacto en el suelo de las secciones estructurales que se derrumben se debe controlar para evitar que el potencial de sobrecarga del suelo en suspensión, vibración y perturbación afecte a las propiedades adyacentes y dañe a servicios subterráneos.
- d) El sitio debe tener la seguridad de tiempo completo para prevenir que personal no autorizado acceda al sitio. Ninguna persona podrá permanecer en el espacio de trabajo de la máquina y el edificio mientras la máquina está en funcionamiento.

Parámetros de demolición mecánica

Existen diversos factores que deben tomarse en cuenta para llegar a la decisión de demoler un edificio. En primer término, está el de realizar un peritaje estructural y de mecánica de suelos que dictamine la necesidad de hacerlo. Otro análisis que habrá que hacerse, es uno de tipo económico, en el que se justifique, que en los casos en donde sea posible técnicamente efectuar una reparación, ésta resulte menos costosa que el valor de reposición del inmueble. La herramienta y el equipo que podemos emplear para cualquier demolición, debe ser el indicado, porque juega un papel importante en el avance de la obra.

Un aspecto muy importante e interesante que debemos de tomar en consideración en nuestro programa de obra es el mantenimiento que se le debe dar a la herramienta y equipo que se esté utilizando durante el proceso de la obra en demolición.

A continuación se mencionan algunas de las herramientas que se pueden utilizar en este procedimiento:

- a) Mazo de diferente peso (libras).
- b) Picos o zapapicos.
- c) Seguetas, de dientes gruesos.
- d) Equipo de corte, (oxígeno-acetileno y soplete).
- e) Compresores.
- f) Carretillas.
- g) Tirsos, (cables de acero con prisioneros de opresores).
- h) Rompedora, (manual de percusión).

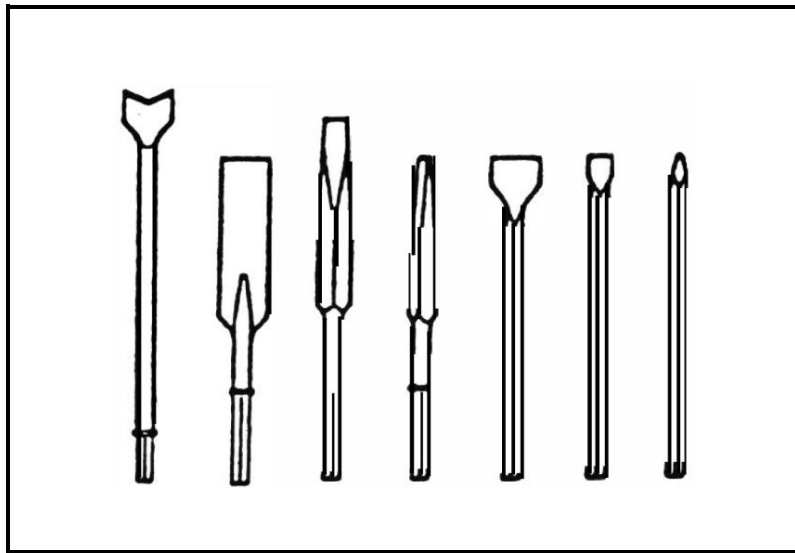
Rompedores manuales de percusión

Los rompedores manuales de percusión son probablemente las herramientas de demolición que más se utilizan. Están disponibles en gran variedad de tamaños y capacidades, funcionan generalmente mediante compresores de aire portátiles estándar, aunque algunas veces se utilizan otras fuentes de energía, como la hidráulica y los motores portátiles eléctricos autónomos. **(Figura 5)**. Existe también gran variedad de puntas de herramienta para diversos propósitos **(Figura 6)**.

Con una punta apropiada y un dispositivo para rotación ligera en cada golpe de martillo, los rompedores son capaces de taladrar agujeros a profundidades considerables. En la demolición, los agujeros pueden ser necesarios para alojar explosivos, dispositivos de presión expansiva o para proporcionar acceso a varillas.



Figura 5 Rompedores de percusión.



Figuran 6 Tipos de puntas rompedoras para diversos propósitos.

Para llevar a cabo una buena coordinación, empleando el método con el apoyo de los elementos mecánicos, es necesario tener muy en cuenta lo siguiente:

Este tipo de rompedores son particularmente útiles en la demolición de concreto reforzado o presforzado, tomando en cuenta la facilidad con que puede romperse el recubrimiento del refuerzo o de los tendones de pre-esfuerzo. En la demolición de concreto masivo es esencial la correcta selección de la punta, y el método de trabajo debe ser tal que la parte que se va a romper sea adyacente a un borde libre.

Las ventajas de los rompedores manuales es que son muy accesibles y pueden utilizarlos operadores relativamente calificados en obras limitadas o abiertas. Su costo básico es relativamente bajo en comparación con otros equipos.

Las desventajas son que los rompedores solo se pueden utilizar hacia abajo y sobre un borde libre; además son ruidosos y vibran bastante durante su funcionamiento. Para compensar parcialmente las dos últimas desventajas, el rompedor y el compresor se pueden proveer de dispositivos silenciadores, y el operador puede usar orejeras y guantes gruesos; También debe llevar protectores para los ojos y asegurarse de tener un apoyo firme todo el tiempo.

Equipo o Maquinaria que se requiere en la demolición con equipos mecánicos

La maquinaria referente a la demolición en general es la base de instrumentación, para poder atacar dicho procedimiento con los elementos mecánicos. Es muy importante que se tengan los equipos adecuados, para hacer o realizar un proceso efectivo, y muy capaz para dar terminación, en un tiempo determinado.

Pero esto también es requisito que se tenga muy presente el mantenimiento de dichos equipos o maquinarias, para tener una eficiencia entre el 85% y el 95%.

Posteriormente mencionaremos las maquinarias que se utilizan en este tipo de procedimientos con los elementos mecánicos.

- a) Grúas de diferentes tonelajes.
- b) Bolas de acero en diferentes tonelajes.
- c) Retroexcavadoras.
- d) Rompedores hidráulicos.
- e) Cargadores.
- f) Rompedor neumático.
- g) Pluma telescópica de demolición.
- h) Bulldozer con cucharón de demolición.

Los rompedores hidráulicos y neumáticos montados en máquinas.

Los progresos en la mecanización de los trabajos de demolición han sido considerables en los últimos años. Desde los conocidos excavadores operados hidráulicamente y los cargadores que se encuentran en muchas obras en construcción. Se han fabricado numerosas máquinas con diversos accesorios, para trabajos de demolición.

Las principales ventajas de este tipo de máquinas son su alto rendimiento (de aquí su bajo costo unitario) y su capacidad para trabajar en superficies verticales y en pisos por encima del nivel de apoyo de la máquina. Además, son extremadamente manejables.

Las principales desventajas son que las máquinas necesitan un acceso adecuado y una base firme y relativamente plana, desde la cual se permita realizar los trabajos de demolición, ya que solo se puede accionar dentro del alcance de sus plumas. En la mayoría de los casos tienen que funcionar sobre un borde libre. A menos que se utilice un equipo particularmente pesado.

Algunos equipos producen ruido y polvo excesivos. También pueden surgir dificultades durante el manejo del acero de refuerzo enredado.

Como por ejemplo se tiene los rompedores neumáticos, en particular se han creado rompedores neumáticos de percusión, montados en plumas, con mucho mayor poder. Y es superior que los rompedores manuales. Estos rompedores neumáticos pueden implicar grandes avances en el proceso de demolición de pisos y muros de concreto de hasta 500 mm de espesor en o arriba del nivel de apoyo de la maquina.

Existen también los rompedores hidráulico que es una máquina especialmente diseñada para romper el concreto reforzado, ha sido diseñada por el Hymac y el UK building Research Establishment. Esta máquina es capaz de romper caminos de concreto reforzado y losas de piso de hasta 400 mm de espesor.

Las ventajas particulares de esta máquina son que es silenciosa y no causa vibración, ni polvos excesivos.

La pluma telescópica de demolición es una máquina recientemente diseñada, la cual está montada sobre una excavadora. Tiene la facilidad de romper muros y pisos, mediante un sistema de percusión, ejerciendo fuertemente sobre los elementos estructurales un empuje o tirón horizontal de aproximadamente 7 u 8 toneladas.

Una ventaja particular de esta máquina es su largo alcance y la facilidad con la que puede desarrollar su trabajo derribando un muro de mampostería.

El Bulldózer con cucharón de demolición. La reciente creación de un cucharón de demolición o de nombre derribador, que puede adaptarse al bulldozer más grande ha aumentado la facilidad y rapidez para limpiar las obras de demolición. El cucharón por sí mismo es capaz de comprimir y romper dicho material por medio de sus "mandíbulas", operadas hidráulicamente y realizar el trabajo de "cargar" directamente en los camiones de volteo el escombro que es producto de la demolición existente que se obtiene de dicho proceso.

Coordinación empleando los elementos mecánicos

Para llevar a cabo una buena coordinación con el apoyo de los elementos mecánicos es necesario tener muy en cuenta lo siguiente:

- a) Tomar en consideración una coordinación de trabajos, apoyados en una correcta planeación de actividades de obra
- b) Contar con un programa de obra que nos conduzca a ejecutar los trabajos de demolición lo mejor posible.

Como podemos ver lo importante será que se lleve a cabo con un programa de actividades de demolición de obra como es requerido. Una buena planeación de actividades y una mejor coordinación de trabajos de demolición que sean ejecutados eficientemente.

Todo esto nos lleva a tener en cuenta que durante el proceso de demolición es muy importante tomar en consideración todos estos puntos y factores que pudiesen presentarse.

Es importante que tengamos en consideración que no es fácil una coordinación puesto que cada estructura tiene sus características particulares como son:

- a) Las condiciones del lugar.
- b) Las características de la estructura a demolerse.

Ello nos conduce a tomar decisiones referentes a proyectar una buena coordinación, junto con una eficiente planeación de actividades para llevar a cabo una correcta demolición integral.

Cabe hacer mención que referente a la planeación y coordinación de los trabajos de demolición que se hace referencia debe considerarse como obligatorio de incluir el factor "contaminación", ya que dicho factor lo tendremos muy presente desde el inicio de la obra hasta el final de la obra de dicho proceso de demolición y que es un punto de prioridad actual en el reglamento de construcción, el impacto y la protección ecológica del medio ambiente.

Ventajas y desventajas empleando la demolición mecánica

A continuación se mencionan las siguientes ventajas:

- a) La "grúa" demoledora y el operador que maneja dicha "grúa", permanecen fuera del edificio durante todo el proceso de demolición.
- b) Respecto a la demolición del edificio, este se demuele en pequeños pedazos. La demolición del edificio se desarrolla hasta que resulten fracciones pequeñas de material.
- c) En ocasiones cuando la demolición de dicho edificio es de concreto reforzado, se procede a realizar cortes en las varillas de refuerzo que por lo regular no se rompen.

A continuación se mencionan las siguientes Desventajas:

- a) El rendimiento del trabajo de demolición estará limitado por el tamaño de la grúa demoledora.
- b) Este procedimiento causa bastante polvo y vibración motivo por el cual puede llegar a presentarse limitantes en algunas zonas a demolerse.
- c) Solamente será conveniente demoler los edificios de mediana altura.

2.4 Demolición con explosivos

Debido a que la utilización de explosivos en la demolición de estructuras requiere de un debido control de calidad, experiencias y aplicación de técnicas, es importante que se conozcan la operación de demolición que garantice la seguridad de quienes trabajan en esta disciplina.

Los temas que abarcan la demolición de una estructura con explosivos van desde el conocimiento del desarrollo histórico de los explosivos hasta los casos especiales de aplicación, pasando por la normatividad, su funcionamiento, manejo, diseño de voladuras, equipos de medición y lo hoy en día muy en boga, aspectos ambientales.

Otro de los aspectos fundamentales en la demolición de estructuras es la capacitación continua del personal tanto en estudios de precios unitarios, en impacto ambiental, en la colocación de los explosivos y en la organización y comunicación con los organismos gubernamentales y sociales que coadyuven a una segura demolición de cierta estructura.

Actualmente dicha técnica ha sido desarrollada para cumplir con labores de beneficio de rapidez como son la construcción de túneles, la minería, las carreteras, los ferrocarriles, etc.

Descripción de Demolición por explosivos

La demolición por explosivos, aplicada a construcciones dañadas, es considerada como una actividad de la moderna ingeniería que presenta evidentes ventajas sobre los métodos tradicionales de demolición.

La técnica de demolición con explosivos, aplicada en zonas urbanas donde se encuentran con edificios de alto valor circundante a los mismos, ha probado que es la adecuada para aplicarse en estos casos.

Obviamente, la técnica de demolición con explosivos no es una técnica únicamente aplicada a edificios dañados, aunque esta ha sido la principal utilización en la ciudad de México. La aplicación que más se da en el caso de los Estados Unidos frecuentemente es para despejar áreas que van a cambiar su destino de uso. Por ejemplo de edificio habitacional a zona comercial, en un procedimiento bastante rápido, técnicamente bastante limpio y es la técnica que permite llevar a cabo estos trabajos en el menor tiempo posible, ó cuando las edificaciones obstruyen avenidas que requieren de una apelación, en Monterrey N.L., se efectuó la demolición del edificio de Salinas y Rocha, ubicado en la esquina de las avenidas Benito Juárez y Melchor Ocampo.

En cuanto a los riesgos que implica utilizarlos en zonas urbanas llevando a cabo las medidas de seguridad adecuadas, la técnica de demolición con explosivos es un procedimiento fundamentalmente aplicado a edificios de mediana altura o edificios altos.

A medida que un edificio se va haciendo más alto, el procedimiento de demolición con el uso del explosivo resulta económicamente más conveniente.

Dentro de esto, hay que diferenciar a los edificios cuya estructura es de concreto o estructura de acero, puesto que hay diferencias fundamentales en la aplicación y tipo de explosivos a emplearse.

Cabe hacer mención, que en la actualidad existen en diversos países varias compañías, que se dedican a la demolición por explosivos.

Las demoliciones que se han desarrollado actualmente han sido emprendidas por diversas compañías mexicanas y con la asesoría de técnicos mexicanos y norteamericanos. Para esto han colaborado las diferentes dependencias de gobierno que, por sus funciones, deben participar en el proceso de las demoliciones.

Los resultados obtenidos, actualmente han sido bastante satisfactorios y se han cumplido, en el renglón de las demoliciones, con una parte sumamente importante en el proceso de reconstrucción de la ciudad de México.

Parámetros para la demolición con uso de explosivos

El equipo que podemos emplear para la demolición con el uso del explosivo para un edificio debe ser el correcto, porque juega un papel muy importante en el procedimiento y en los resultados por obtenerse.

Para poder llevar a cabo el plan de trabajo fijado o programado según especificaciones, es importante conocer las diversas técnicas de demolición y determinar cual equipo es el indicado ó el correcto, el de mayores ventajas, tanto en la ejecución como en lo económico.

Podemos decir que el equipo recomendable en las demoliciones con explosivos es el siguiente:

- a) **Perforadoras:** son utilizadas para realizar los barrenos destinados a las cargas explosivas. En los edificios demolidos con el uso del explosivo son utilizados los equipos de perforación de tipo peso mediano. En función de su peso será la presión de aire que se requiera. A mayor presión será mayor el peso y cuando se utilice menos presión será menos el peso (peso ligero).

El funcionamiento de estas herramientas se basa en un pistón que se acciona dentro de un cilindro alargado y este a su vez produce el movimiento de precisión y rotación, la cual se transmite por una flecha y esta a su vez al acero de barrenación o barreta. Estos están sujetos a la perforadora por medio de un "mandril" o "Chuck".

Las pistolas perforadoras se componen de una pequeña válvula, que permiten el paso de expulsión de aire a través del acero de barrenación, y este a su vez mantiene en buen estado de limpieza la broca y el polvo que a su vez vaya acumulando en dicho barreno.

- b) **Rompedoras:** Este tipo de herramientas el efecto que ocasionan es por "golpeo" o sea por percusión. Consiste en una barreta, de forma hexagonal u octagonal de acero, con una terminación en la punta, con ella se puede perforar.

Se seleccionan especialmente para romper estructuras de concreto, evitando así el uso del explosivo. Dentro de estas, existe un tipo de auto impulsor que lleva acoplado a uno de sus lados.

En relación a su rendimiento podemos decir que para que se tenga un máximo rendimiento se debe utilizar puntas de tamaño adecuado y darle su mantenimiento conveniente para mantenerlas en buen estado. Es conveniente emplear varias herramientas rompedoras para no frenar el avance de obra. Se debe actuar sobre trazos pequeños y conservar todas las uniones bien ajustadas, además de revisar periódicamente las tuberías de aire hasta el empalme del martillo a fin de asegurarse de que no existe ninguna fuga.

- c) **Air leg rock drill:** Este equipo es un elemento muy importante para la perforación de barrenos cuando se requiera el empleo de pistola en posición horizontal o inclinada hacia arriba.

Este equipo consiste en un tubo alargado, que es acoplado mediante una articulación a dicha pistola. Su funcionamiento le permite el paso del aire comprimido a través de una válvula, ésta a su vez acciona una barra central que entra y sale del tubo por extremo opuesto a dicha articulación, esto hace que tenga soporte a la vez empuje a la pistola, esto facilita al personal operario, tenga mejor ataque al momento de barrenar.

- d) **Acero de perforación:** Estas barras de acero al bajo carbón, son huecas que permiten el paso del aire, su sección por lo general son hexagonales y sus longitudes son variables según el ataque que se tenga a ejecutarse (de 0.61-1.24 mts).

Para la ruptura del concreto, el acero de perforación requiere de brocas de carburo de 1 1/4" ó 1 3/8" de diámetro. Estas brocas son insertos en Tungsteno que son fijadas a la barra o también se pueden enroscar en dicha barra.

Podemos mencionar promedios de barrenación y siempre estarán en función de las características del concreto, del tipo de equipo y del aprovechamiento que se tenga de dicho concreto.

- e) **Compresor grande:** A éste equipo se le pueden conectar varias perforadoras o también varios martillos neumáticos. Podemos decir que estos equipos son máquinas de gran empleo, en obras diversas de construcción.

Estas comprimen y almacenan el aire para después alimentar herramientas neumáticas, como por ejemplo, perforadoras, rompedoras, etc. Estos compresores son muy funcionales y portátiles; van soportados en un chasis de 2 o 4 llantas, para que sean remolcados a su vez.

Los compresores están formados por un motor de combustión interna (diesel), que hace funcionar el sistema de compresión de aire, el cual a su vez, manda el aire por medio de unas mangueras de hule hasta las herramientas.

Los aspectos de mayor relevancia en los compresores son su tipo de motor, tipo de compresor y el tipo de tanque o receptor de aire que sirve para regularizar la descarga, así como el regulador o gobernador que incrementa o disminuye. Respecto a la fase de compresión, es una válvula de seguridad, que evita presiones peligrosas en el tanque y los manómetros.

Los manómetros se utilizan para el control de las presiones en las herramientas de trabajo. En el tanque se ubica la válvula de salida y esta es conectada a la tubería de conducción, que alimenta dichas herramientas.

El uso de explosivos en una demolición, se encuentra regido por la velocidad de detonación y por el tipo de explosivo.

La velocidad de detonación es la rapidez de propagación de la onda de choque a través de la columna de un explosivo. Dicha velocidad debe ser igual o ligeramente mayor a la sónica tanto del explosivo como del material a volar.

Tipos de explosivos

Se entiende por explosivo aquella sustancia de poca estabilidad química, que son capaces de incendiarse o detonar, de producir una gran cantidad de energía, la que provocara una explosión. Si está confinada se aprovecha para degradar el material que se encuentre en su alrededor. El nitrato de amonio es un ingrediente esencial en casi todos los explosivos comerciales.

Anfo

El uso predominante es en la forma de gránulos de nitrato de amonio, una pequeña bolita porosa mezclada con aceite combustible. Desde su introducción en 1950, los productos de anfo han encontrado un uso extensivo en una gran variedad de aplicaciones para voladuras tales como minas de carbón de superficie, minas de metales, canteras y construcción de carreteras [4].

Una limitación importante es que no tienen resistencia al agua y es de baja densidad y se deben al mismo producto que lo conforma, una de sus previas aplicaciones es que el anfo se ha introducido a los sistemas de voladuras.

El producto de anfo más ampliamente usado es una mezcla de granel balanceado con oxígeno, de cerca de un 94% de gránulos de nitrato de amonio y de un 6% de aceite de combustible Diesel.

Los gránulos más apropiados para productos explosivos tienen una densidad de partículas en el rango de: 1.40 a 1.50 gr/cc.

La velocidad de detonación del anfo vaciado depende del diámetro de barreno y del grado de confinamiento en el cual se inicia. La velocidad de detonación aumenta al aumentar el diámetro del barreno. el anfo alcanza su velocidad hidrodinámica o ideal de aproximadamente 4750 m/seg. en un barreno de 25 cm. de diámetro. Aumentar el tamaño del barreno más allá de este diámetro o alterar las propiedades físicas y del producto del anfo, no aumentara la velocidad de detonación.

La sensibilidad del anfo puede aumentarse al reducir el tamaño de la partícula de nitrato de amonio granulado. Sin embargo, en aplicaciones prácticas no es muy confiablemente ya que es demasiado sensible, y requiere de un cebado adecuado. Para cebar el anfo es deseable un cebo de iniciación de más alta energía. La presión de detonación del cebo deberá ser mayor que la presión de detonación del anfo.

La cantidad de aceite que es combustible carbonoso, afecta la energía teórica, velocidad, sensibilidad, y emanaciones del anfo y mezclas similares. El anfo con cerca de un 6% de aceite de peso, tiene la máxima energía teórica (9000 cal/g) y mas alta velocidad de detonación teórica (4750 m/seg.).

La cantidad de gases tóxicos producidos, dependen de las condiciones bajo las cuales se use el anfo. Demasiado aceite incrementa la producción de amonio de carbono, por lo que un uso inadecuado puede dar como resultado un nivel peligroso de gases tóxicos.

Comercialmente los productos anfo se venden a granel, en bolsas y cartuchos. Estos productos requieren cabos de iniciación de alta energía, o cebos de alta presión de detonación para una iniciación confiable.

Dinamita. La dinamita se ha desempeñado admirablemente durante los últimos 100 años, como soporte de la industria de los explosivos comerciales. El principal defecto de la dinamita es su contenido de nitroglicerina, que la hace peligrosa de fabricar, transportar y usar.

Las dinamitas modernas, pueden definirse como: mezclas sensibles al fulminante, las cuales contienen nitroglicerina ya sea como sensibilizador o como principal medio, para desarrollar energía, y la cual se descompone a la velocidad de detonación.

Actualmente se han desarrollado hidrogeles (water gels) para reemplazar a la dinamita, donde los requerimientos de desempeño y las condiciones no favorecen el uso de la mezcla anfo.

Las dinamitas se empaacan en cartuchos cilíndricos, de diámetros de 7/8" y mayores, con longitudes que varían desde 8 a 24 pulgadas. Varias protecciones de papel o envolturas se usan para empaacarlas y protegerlas de la humedad. El porcentaje de peso total y tipo de envoltura tiene una influencia importante en la producción de gases tóxicos, en la resistencia al agua, y en la capacidad de atacado y cargado.

Las dinamitas deben ser manejadas y almacenadas de acuerdo con los reglamentos federales, estatales y locales.

Hay tres tipos básicos de dinamitas: las granulares, las semi-gelatinas y las gelatinas. La diferencia básica es que las dinamitas gelatinas y semigelatinas contienen nito-algodón, un nitrato celuloso que se combina con la nitroglicerina para formar una gelatina cohesiva. La viscosidad de este producto depende del porcentaje de nito-algodón.

Las dinamitas granulares, por otra parte, no contienen nito-algodón y tienen una textura granulosa.

En adición a esta clasificación, las dinamitas difieren también en los materiales usados para proporcionar su principal fuente de energía. En las dinamitas "puras" la nitroglicerina es la principal fuente de energía, aumentada por la reacción de varios absorbentes activos llamados "Materiales Absorbentes". Los más notables entre estos son: el Nitrato de Sodio y Combustibles Carbonosos.

Hidrogeles. A fines de la década de los sesentas se desarrolló un sensibilizador en el cual se podía confiar para proporcionar una detonación en barrenos tan pequeños como una pulgada de diámetro, con lo que se eliminó a la nitroglicerina como ingrediente básico en explosivos encartuchados de diámetros pequeños. A la nueva línea con explosivos se le denominó "hidrogeles", los cuales tienen un desempeño igual o mejor que la dinamita.

Para poder llevar a cabo la comercialización en cuanto al producto se llevo a cabo un trabajo de investigación y pruebas de campo para poder tener los mejores resultados posibles. Podemos hacer mención de numerosas ventajas de los hidrogeles de las cuales son: mayor control de la densidad del barreno, flexibilidad mejorada en la carga, fragmentación excelente, peligro de propagación de barreno a barreno minimizado, reducción de humo y de gases tóxicos, eliminación de los dolores de cabeza producidos por la nitroglicerina.

Los hidrogeles consisten en sales oxidantes, combustibles y sensibilizadores disueltos o dispersos en una fase líquida continua. La mezcla es inmediatamente espesada y hecha resistente al agua mediante la adición de gelatinizadores y agentes de cruce-eslabonado. Las sales oxidantes son usualmente seleccionadas del nitrato de amonio, nitrato de sodio y nitrato de calcio. Además de la mejoría en la seguridad, algunas propiedades importantes son: energía, densidad, sensibilidad, y resistencia al agua.

La energía contenida por un explosivo determina la cantidad de trabajo que es capaz de realizar. La energía es expresada en términos de cal/grs, para los hidrogeles la energía disponible para consumo directo en voladuras varia cerca de 700 cal/grs, hasta 1460 cal/grs. La densidad de los hidrogeles fluctúa desde cerca de 0.80 g/c.c., hasta 1.60 gr/c.c, en la mayoría de las gelatinas tienen una densidad de entre 1.10 gr/c.c y 1.35 gr/c.c.

La velocidad de detonación de la mayoría de los hidrogeles se incrementa cuando su diámetro y grado de confinamiento aumenta. Una de las ventajas de los hidrogeles es que son confiablemente sensibles a los métodos de cebado convencionales y significativamente más resistentes que la dinamita a la iniciación accidental debido a abusos de impacto, choque o fuego.

La resistencia al agua de los hidrogeles es generalmente excelente pero a semejanza de la dinamita esta resistencia puede ser significativamente disminuida si el producto no es usado en la forma adecuada. Cuando esta empacado, su resistencia al agua es igual o superior a la dinamita/gelatina.

En general la velocidad resulta más alta cuando el diámetro del explosivo es más grande, hasta llegar a su velocidad máxima (velocidad hidrodinámica); por el contrario, si se reduce el diámetro la velocidad disminuye hasta llegar al diámetro mínimo (crítico), en el cual la detonación ya no se sostiene y se extingue.

Mientras el confinamiento sea mayor en un explosivo más alta resultará la velocidad de detonación; por ejemplo, el diámetro crítico de un explosivo confinado en un barreno, será menor que el del mismo explosivo sin confinar, esto se debe a que si el perímetro confinante es un medio incompresible (roca), la onda de choque tiende a conservarse junto con la presión, temperatura, etc. y en un medio fácilmente compresible (aire, agua, piedra porosa, etc.), esta decae súbitamente al comprimir dicho medio perdiendo energía, soporte, etc. y por lo tanto velocidad.

La temperatura ambiental si es baja tiende a disminuir, en general, la sensibilidad de los explosivos y con ello la velocidad de detonación, sobre todo en los explosivos que contienen líquidos y en menor grado a los explosivos que son sólidos a temperaturas normales y que contienen poco o ningún líquido.

El tipo de cebado (detonadores o dispositivos de iniciación), garantizan que el explosivo alcance su velocidad máxima, siempre que se utilice el adecuado y dependiendo de las condiciones de uso. Se recomienda seguir las especificaciones del fabricante. La densidad de un explosivo es un factor esencial para el proyecto de una voladura ya que con esta se puede cuantificar los kilos que se pueden cargar por metro de barreno.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA PROPUESTA PARA DEMOLICIÓN DE PUENTES VEHICULARES

3.1 Objetivos y limitaciones de la metodología propuesta

Uno de los objetivos fundamentales de esta investigación es establecer un método claro y preciso para un proceso de demolición y para su aplicación en la solución de problemas relacionados con la demolición de estructuras civiles; en particular, para puentes vehiculares.

La principal razón para la elaboración de un método de análisis de demolición es que en la actualidad no existe una metodología clara y precisa, en la que un profesional, con o sin fundamentos en esta área, pudiese aplicar a un problema práctico, sino que se concentran en recomendaciones, combinación de métodos propuestos, y demás criterios en diversas referencias, lo cual implica designar una gran cantidad de tiempo en recopilarlos, entenderlos, y aplicarlos.

Para ello, se aprovecharán los conceptos mencionados en los capítulos anteriores para establecer un método de análisis de demolición de estructuras aplicable a puentes vehiculares, que se plasma de manera práctica.

3.2 Metodología teórica propuesta para el análisis y demolición de un puente vehicular.

La siguiente metodología propuesta puede servir de guía para la demolición de un puente vehicular. En esta tesis se describirá secuencialmente las fases que conforman la propuesta y además, en forma paralela, su aplicación a un caso real, el cual se describe sus etapas de aplicación práctica en el capítulo 4. La aplicación consiste en demoler un puente vehicular elevado, el cual es un puente de concreto presfuerzo aligerado, el cual se apoya sobre columnas intermedias, y en sus extremos mediante rampas de acceso vehicular con estribos, (ver figura 7).

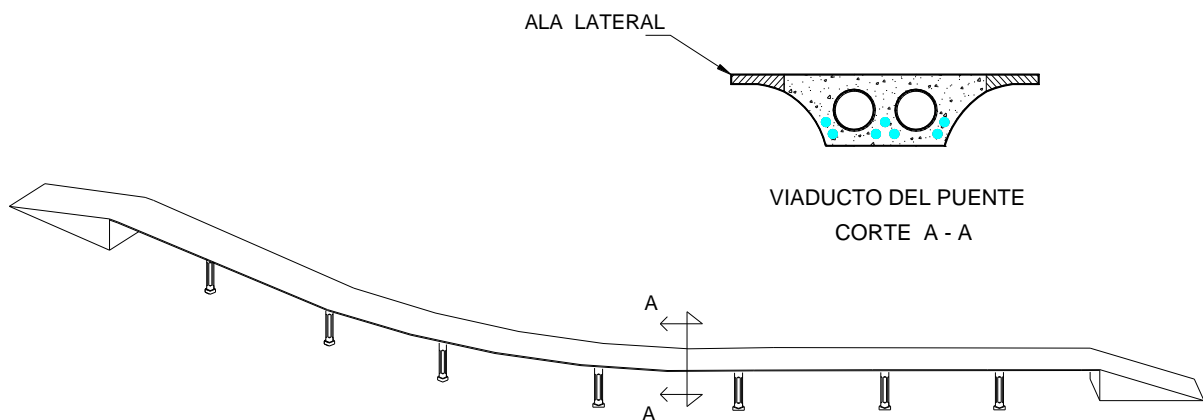


Figura 7 Figura de puente vehicular para aplicación de metodología propuesta.

La metodología de demolición propuesta en esta investigación consiste en seguir un orden secuencial de fases de demolición y en los principios de la estática fundamental, cuyas fases quedan conformadas por:

- a) Fase I: Recopilación de información técnica sobre la estructura a demoler.
- b) Fase II Análisis del sitio de ubicación de la estructura a demoler.
- c) Fase III: Evaluación de las alternativas existentes para la estructura de demolición.
- d) Fase IV: Planeación y Ejecución de la demolición.

A continuación se da una breve descripción de la aplicación teórica de estas cuatro fases de demolición:

Fase I Recopilación de información técnica sobre la estructura a demoler.

Es importante conocer el tipo de estructura que se pretende demoler, conocer como está conformada su estructuración, tipo de uso estructural, el tipo de materiales con que está hecho, su dimensiones geométricas, configuraciones topográficas, tipos de apoyo y su transmisibilidad de cargas, tipo de cimentación y capacidades de carga, etc. Por eso es de gran importancia recaudar toda la información posible para realizar un buen diagnóstico de la estructural que se pretende demoler y determinar secuencialmente la metodología de demolición.

Fase II Análisis del sitio de ubicación de la estructura a demoler

Es importante resaltar que el sitio donde se ubica la estructura a demoler juega un papel primordial, pues debe considerarse que infraestructura están en contacto con la estructura a demoler, y que otras estructuras aledañas puedan ser afectadas al momento de la demolición.

Fase III Evaluación de las alternativas existentes para la estructura de demolición.

Esta fase es también de gran importancia, en la cual se evalúan las alternativas de demolición referente a los equipos y maquinarias que se puedan emplear para la demolición estructural, desde el punto de vista de investigación se tiene que estudiar la factibilidad técnica, económica, social, ambiental, tiempo y mano de obra, para considerar el equipo adecuada para la demolición estructural.

Fase IV Planeación y Ejecución de la demolición.

Esta es la fase final, debido a que se concluye con la factibilidad de demolición estructural, la cual conlleva una serie de pasos y etapas secuenciales controlados, donde se refleja el conjunto de estudios de un proyecto de investigación y ejecución para cierto fin específico de demolición estructural. Esta fase última contempla tres etapas de demolición importantes que son:

- a) Etapa uno: Instrumentación y medición En esta etapa se lleva la preparación de instrumentación y medición de la estructura, en la cual se realizan mediciones que sirven de base para llevar a cabo la demolición del puente vehicular, en la cual se lleva un orden de medición, considerando un parámetro de control que cumpla el equilibrio estático, tomando lecturas en puntos estratégicos del puente vehicular.
- b) Etapa dos: Demolición lateral estructural. En esta etapa se lleva a cabo una demolición lateral de ambas alas del viaducto del puente vehicular, en la cual se lleva un orden secuencial de parámetros de medición referente al equilibrio estático, tomando lecturas en puntos estratégicos de la estructura, **(figura 8, 9 y 10).**

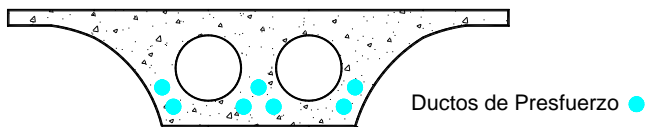


Figura 8 Vista en corte de la sección completa del viaducto del puente vehicular a demoler.

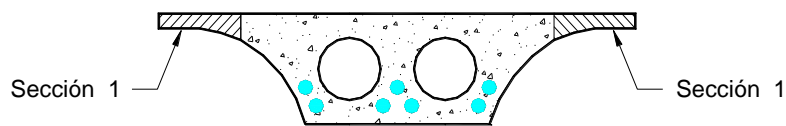


Figura 9 Etapa dos de demolición (Sección 1: demolición de ambas alas laterales).

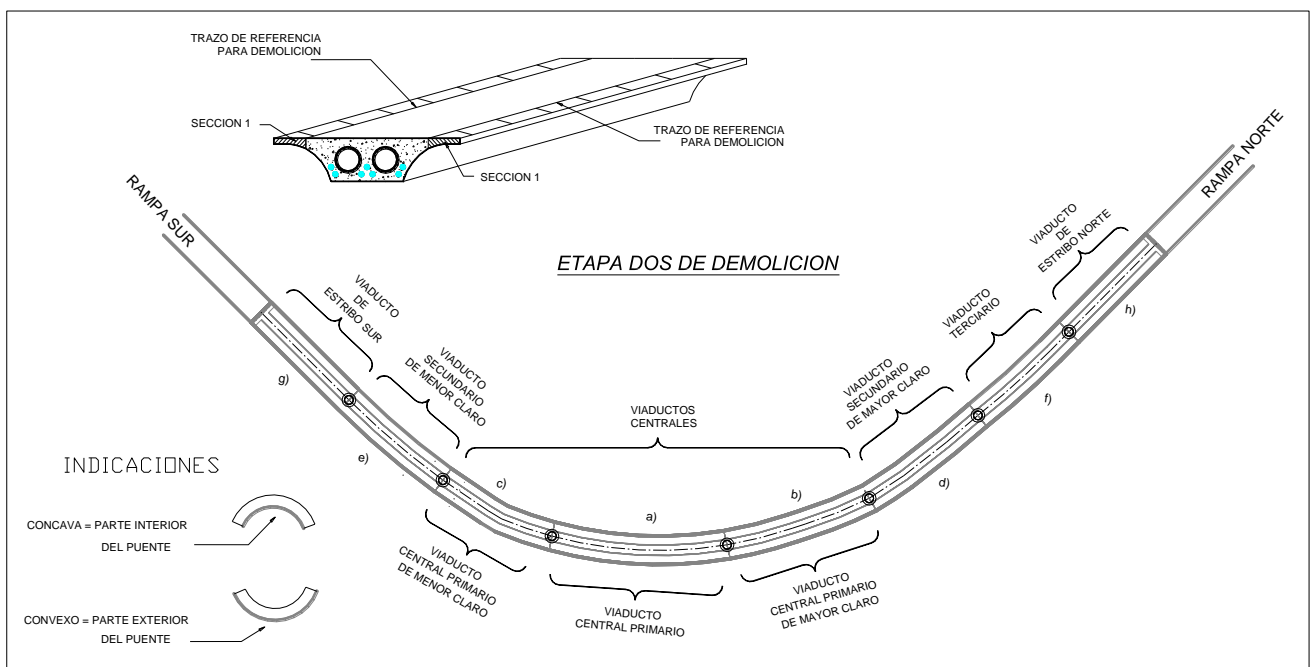


Figura 10 Secuencia y nomenclatura para etapa dos de demolición mecánica del puente vehicular.

c) Etapa tres: Demolición central estructural. En esta etapa se lleva a cabo la demolición total de la estructura, en la cual se demuele la parte central de la sección de la estructural, siguiendo un orden secuencial de parámetros de medición. Donde puede aplicarse la demolición mecánica correspondiente, de acuerdo a esta medición secuencial controlada y considerando el equilibrio estático de la estructura, **(figura 11, 12 y 13).**

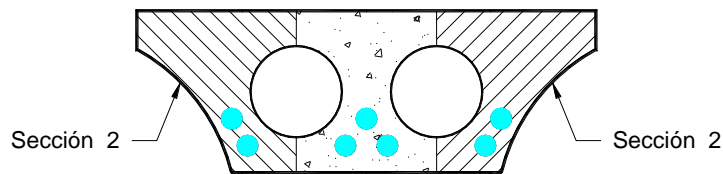


Figura 11 Etapa tres de demolición (Sección 2: demolición y corte de ductos laterales).

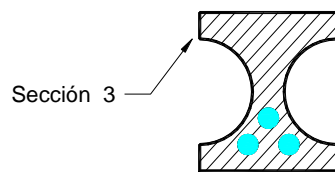


Figura 12 Etapa tres de demolición (Sección 3: demolición de núcleo y ductos centrales).

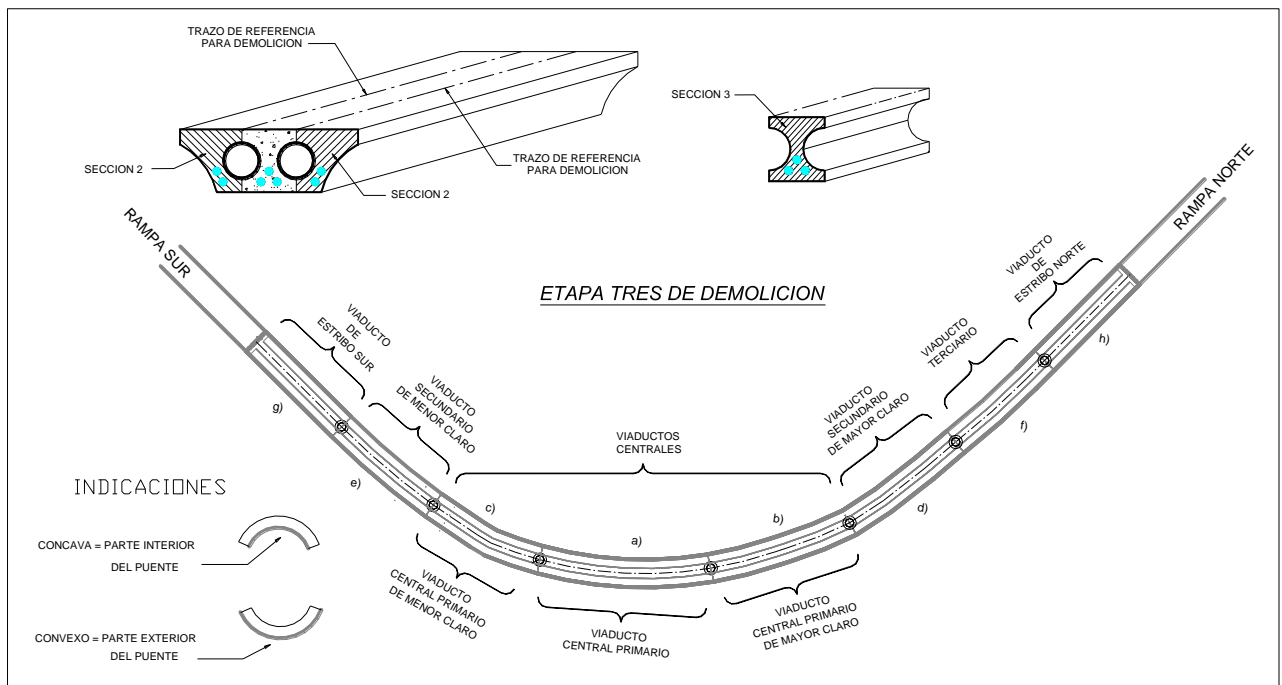


Figura 13 Secuencia y nomenclatura para etapa tres de demolición del puente vehicular.

3.3 Aplicación teórica de metodología propuesta para el proceso de demolición de un puente vehicular.

Para esta propuesta de demolición estructural, se muestra el siguiente planteamiento teórico para la demolición de un puente vehicular elevado de concreto presforzado aligerado, el cual se apoya sobre columnas intermedias, y en sus extremos mediante rampas de acceso vehicular con estribos, **(ver figura 7)**. Se aplicará a seguir la metodología propuesta descrita en este capítulo tres.

Este estudio de demolición estructural consiste en seguir un orden secuencial de fases de demolición y en los principios de la estática fundamental, cuyas fases de estudio son:

- a) **Fase I:** Recopilación de información técnica sobre la estructura a demoler.
- b) **Fase II:** Análisis del sitio de ubicación de la estructura a demoler.
- c) **Fase III:** Evaluación de las alternativas existentes para la estructura de demolición.
- d) **Fase IV:** Planeación y Ejecución de la demolición.
 - i. Etapa uno: Instrumentación y medición.
 - ii. Etapa dos: Demolición lateral estructural.
 - iii. Etapa tres: Demolición central estructural.

3.3.1 Aplicación teórica de la metodología propuesta.

Fase I Recopilación de información técnica sobre la estructura a demoler.

Se recopila toda la información posible para realizar un buen diagnóstico de la estructural que se pretende demoler y determina la metodología de demolición, en cuanto a planos arquitectónicos y estructurales, memorias de cálculos, bitácoras etc. El puente vehicular es curvo y elevado compuesto por un viaducto aligerado trapecial con curvatura, el cual es de concreto presforzado, donde este viaducto de tránsito vehicular se apoya sobre columnas intermedias con sección circular las cuales son de concreto reforzado, en ambos extremos del viaducto se apoya sobre estribos de concreto reforzado y aunado a estos estribos se encuentran las rampas de acceso que están conformadas con tierra armada.

Fase II Análisis del sitio de ubicación de la estructura a demoler

Se realizan las visitas necesarias de campo, para inspección del lugar, se realizan reseñas fotográficas referentes al área de ubicación del puente vehicular y de igual forma para las estructuras aledañas para la evaluación de afectación durante el proceso de demolición, en esta fase se consideran sondeos en el área del terreno con el objetivo de ubicar líneas de servicios que pudieran ser afectadas por la demolición.

Fase III Evaluación de las alternativas existentes para la estructura de demolición.

Para esta fase de demolición, se tomo en cuenta toda la información de la fase I y II. La estructuración del puente principalmente juega un papel muy importante, ya que es un puente elevado, considerándolo de mediana altura de tal manera que se pueda emplear el uso de maquinaria sobre oruga que pueda ejercer desde el nivel de piso de terreno, de tal manera esta maquinaria trabaje sin riesgos, por tal manera se ha considerado la máquina excavadora sobre oruga con aditamento de una cizalla demoledora en su brazo extendido, ya que la demolición es considerada en altura por la estructuración del puente elevado, es por eso que se justifica que la demolición se realice desde los alrededores del perímetro del viaducto del puente que se pretende cortar y demoler, sin tener que estar en el área o parte del puente con equipo o personal que realizaran la demolición y exponerlos a accidentes. También se ha considerado diferentes aspectos como; económico, ambientales, seguridad, social, tiempo, etc.

Fase IV Planeación y Ejecución de la demolición.

Esta es la fase final, en la cual se demuele por completo el puente vehicularla, la cual conlleva una serie de pasos y etapas secuenciales controlados, esta serie de etapas es con el fin donde se refleja el conjunto de estudios de un proyecto de investigación y ejecución para cierto fin específico de demolición estructural. Esta fase última contempla tres etapas de demolición importantes que son:

3.3.1.1 Etapa uno: Instrumentación y medición

El proceso de monitoreo en cuanto a las mediciones se hizo durante todo el proceso de demolición, pues fueron indicadores que nos guiaron para la toma de acciones en la distribución de áreas a demoler. Debido a lo mencionado anteriormente, se realizó el siguiente seguimiento secuencial de instrumentación y medición.

En este caso de estudio, la instrumentación propuesta es la siguiente:

- a) Colocar micrómetros en la parte interior e inferior para la medición de los giros del viaducto del puente vehicular, para observar el comportamiento de la estructura durante las fases de demolición.
- b) Llevar un control topográfico para monitoreo de niveles y movimientos de la estructura, de igual manera se traza la trayectoria de los ductos de presfuerzo para acotar y referenciar límites de demolición.
- c) Instalar medidores de grietas en puntos estratégicos para complementar el monitoreo del comportamiento del viaducto del puente vehicular durante las diferentes fases de demolición.
- d) Instalar equipos de medición de vibración en puntos estratégicos para monitorear los rangos de vibración causadas por la demolición del puente vehicular.

3.3.1.2 Etapa dos: Demolición lateral estructural.

Una vez realizada la etapa uno de instrumentación y medición del puente, se continúa con la interpretación de esta recopilación de información estructural del puente, para ordenarla y considerarla en el proceso de demolición, de las cuales ya se tiene sus antecedentes y su configuración estructural en cuanto al diseño. Considerando su estructuración y su comportamiento de diseño y construcción, se realizara la demolición de lo siguiente manera:

- a) Se comenzara a demoler mecánicamente las alas del viaducto del claro central primario (Figura 9 y 10), pero antes debe de estar apuntalado y cimbrado este claro central primario y sus claros adyacentes por la parte inferior del viaducto, dejando libres ambas alas a demoler.

Se comenzara a demoler el ala exterior de la parte curva sección uno exterior (Figura 9 y 14), sin llegar a demoler la sección donde se ubica el ducto de los cables de presfuerzo, el cual ya debe de estar acotado y referenciado en la fase de instrumentación y medición, y conforme se avanza la demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de movimiento de rotación, con el objetivo de controlar y garantizar el equilibrio estático del puente y se procederá a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior (Figura 15) de este tramo, a esta fase dos de demolición se le conoce como disminución de carga en volado, el cual su función principal es reducir área de carga excéntrica **(Figura 16)**.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo central primario, se procederá a demoler mecánicamente las alas laterales del siguiente tramo que corresponde al "tramo central de mayor claro" que se describe en el inciso **b**.

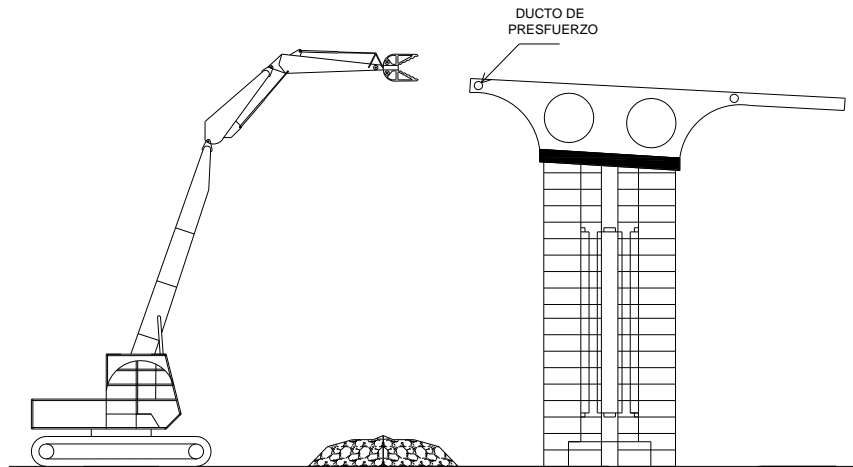


Figura 14 Demolición de ala exterior del viaducto (Disminución de área en volado).

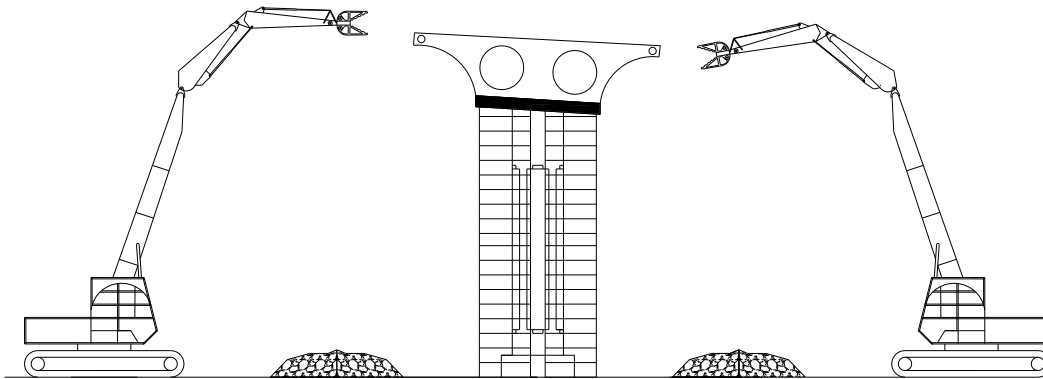


Figura 15 Demolición de alas del viaducto del claro central primario.

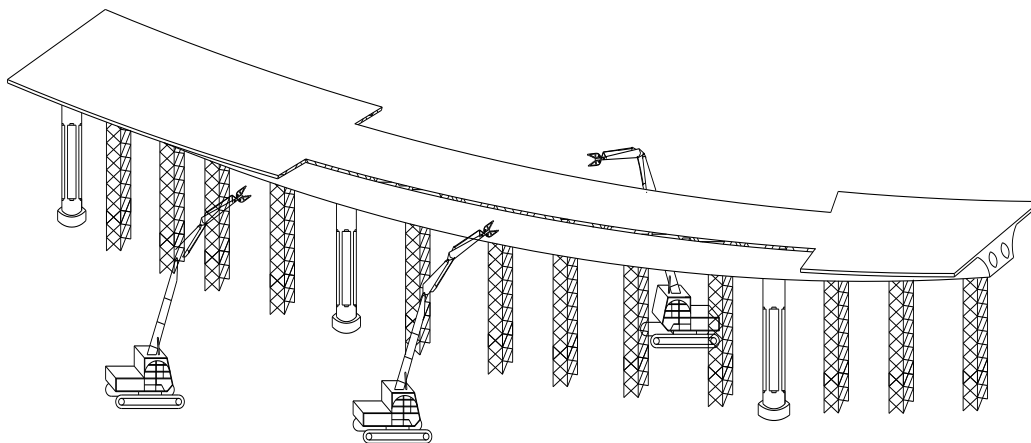


Figura 16 Demolición de alas del viaducto del claro central primario, controlado y en equilibrio.

- b) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo central primario, se procederá a demoler mecánicamente ambas alas del viaducto del “tramo central de mayor claro” (**Figura 9 y 10**), el cual es adyacente al claro central primario, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se debe considerar el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección uno exterior (**Figura 9 y 17**) de este tramo y conforme se avanza la demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento, con el objetivo de controlar el equilibrio estático del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior (**Figura 17**) de este tramo.

Una vez hecha la demolición de ambas alas de este tramo central de mayor claro, se repetirá este proceso de demolición mecánica en las alas laterales en el siguiente tramo que corresponde al “tramo central de menor claro” que se describe en el inciso **c**.

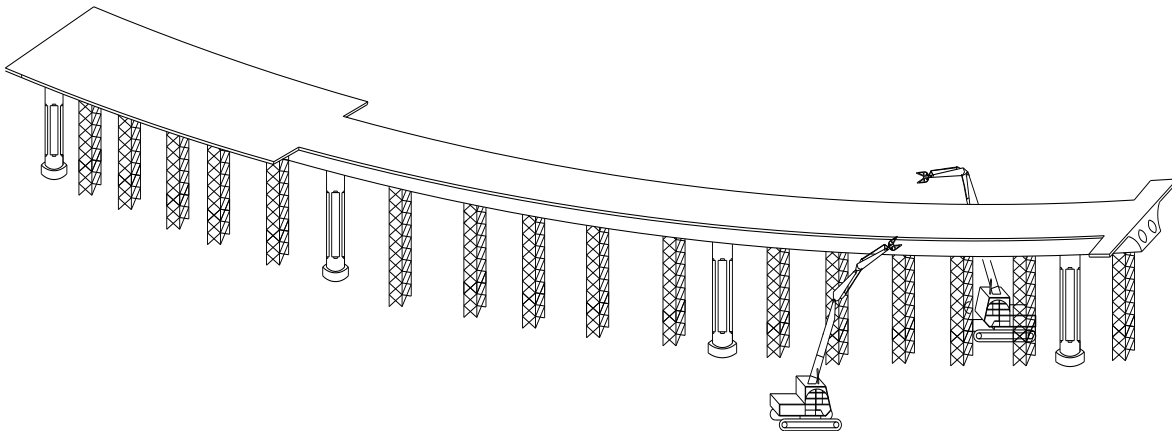


Figura 17 Demolición de las alas del viaducto central de mayor claro, el cual es adyacente al claro central primario del puente vehicular.

- c) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo central de mayor claro, se procederá a demoler ambas alas del viaducto del "tramo central de menor claro" (**Figura 9 y 10**), el cual es adyacente al tramo central primario, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se debe considera el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección uno exterior (**Figura 9 y 18**) de este tramo, y conforme se avanza la demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela la sección interior (**Figura 18**) este tramo.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo central de menor claro, se procede a demoler mecánicamente las alas laterales del tramo que corresponde al "tramo secundario de mayor claro" que se describe en el inciso **d.**

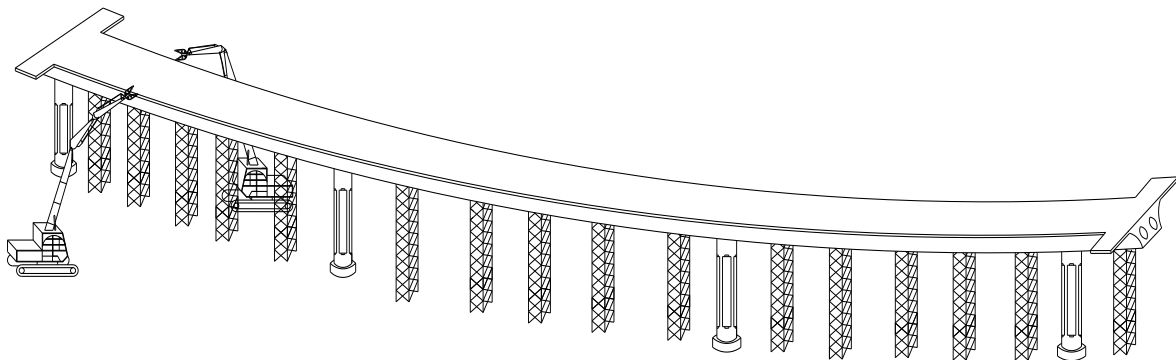


Figura 18 Demolición de las alas del viaducto central de menor claro, el cual es adyacente al claro central primario del puente vehicular.

- d) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo central de menor claro, se procederá a demoler ambas alas del viaducto del "tramo secundario de mayor claro" (**Figura 9 y 10**), el cual es adyacente al tramo central de mayor claro, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se debe considerar el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección uno exterior (**Figura 9 y 19**) de este tramo, y conforme se avanza la demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior (**Figura 19**) de este tramo.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo secundario de mayor claro, se procederá a demoler mecánicamente las alas laterales del siguiente tramo que corresponde al "tramo secundario de menor claro" que se describe en el inciso **e**.

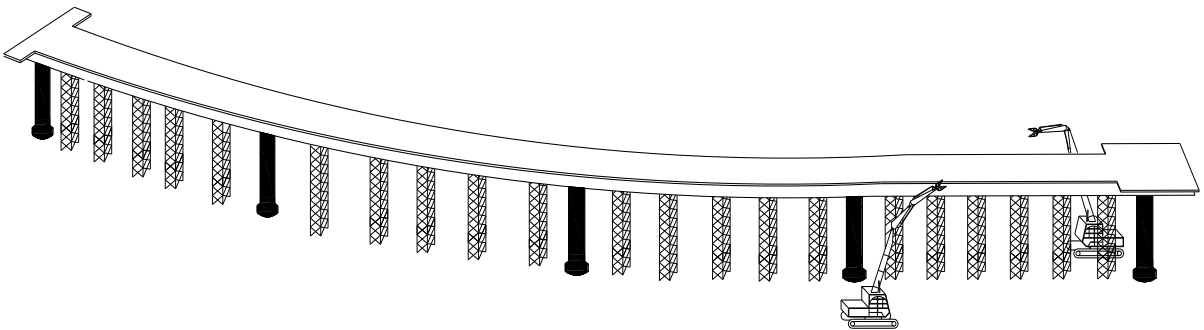


Figura 19 Demolición de las alas del viaducto secundario de mayor claro, el cual es adyacente al claro central de mayor claro del puente vehicular.

- e) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo secundario de mayor claro, se procederá a demoler ambas alas del viaducto del "tramo secundario de menor claro" (**Figura 9 y 10**), el cual es adyacente al claro central de menor claro, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se debe considerar el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección uno exterior (**Figura 9 y 20**) de este tramo, y conforme se avanza la demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior (**Figura 20**) de este tramo.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo secundario de menor claro, se procederá a demoler mecánicamente las alas laterales del siguiente tramo que corresponde al "tramo terciario" que se describe en el inciso **f**.

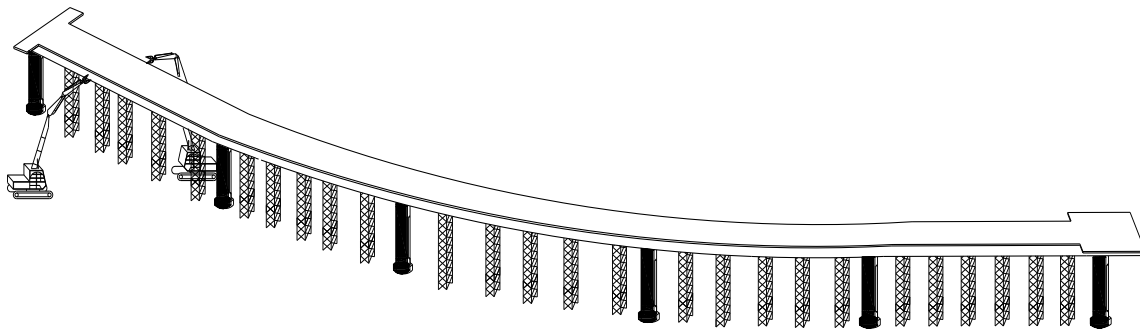


Figura 20 Demolición de las alas del viaducto secundario de menor claro, el cual es adyacente al claro central de menor claro del puente vehicular.

- f) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo secundario de menor claro, se procederá a demoler ambas alas del viaducto del "tramo terciario" (**Figura 9 y 10**), el cual es adyacente al tramo secundario de mayor claro, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se debe considerar el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección uno exterior (**Figura 9 y 21**) de este tramo, y conforme se avanza la demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior (**Figura 21**) de este tramo.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo terciario, se procederá a demoler mecánicamente las alas laterales del tramo siguiente que corresponde al "tramo de estribo sur" que se describe en el inciso **g**.

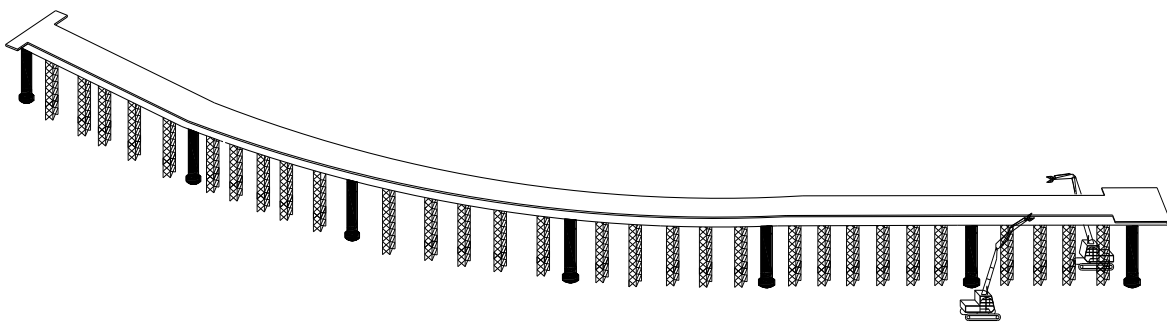


Figura 21 Demolición de las alas del tramo terciario, el cual es adyacente al tramo secundario de mayor claro del puente vehicular.

- g) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo terciario, se procedió a demoler ambas alas del viaducto del "tramo de estribo sur" (**Figura 9 y 10**) el cual es adyacente al tramo secundario de menor claro, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se debe considerar el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y su tramo adyacentes.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección uno exterior (**Figura 8 y 22**) de este tramo, y conforme se avanza la demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior (**Figura 22**) de este tramo.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo de estribo sur, se procederá a demoler mecánicamente las alas laterales del siguiente tramo que corresponde al "tramo de estribo norte" que se describe en el inciso **h**.

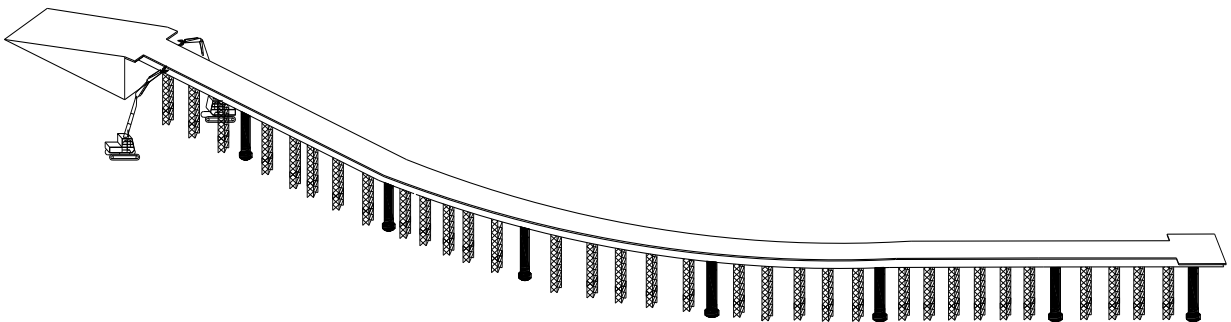


Figura 22 Demolición de las alas del tramo de estribo sur.

- h) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo de estribo sur, se procedió a demoler ambas alas del viaducto del "tramo de estribo norte" (**Figura 9 y 10**), el cual es adyacente al tramo terciario, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se debe considera el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y su tramo adyacente.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección uno exterior (**Figura 9 y 23**) de este tramo, y conforme se avanza la demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior (**Figura 23**) de este tramo.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo de estribo norte, se procederá a demoler y cortar mecánicamente los viaductos del puente los cuales se describen en la etapa tres de demolición.

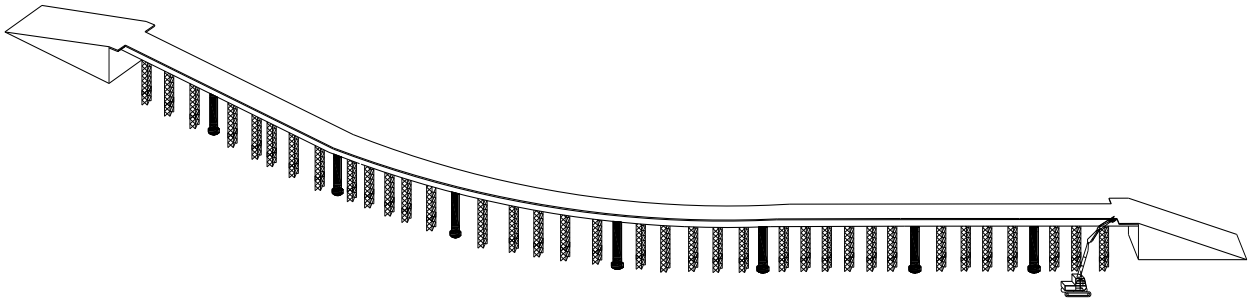


Figura 23 Demolición de las alas del viaducto del tramo de estribo norte.

3.3.1.3 Etapa tres: Demolición central estructural

Para esta etapa tres de demolición mecánica del puente se tendrá una reducción de sección geométrica con respecto a la sección del viaducto original, por lo tanto se tendrá una reducción de carga significativa en todos los tramos del puente debido a que se ha demolido el total de las alas laterales del viaducto vehicular, y por lo tanto los cables de presfuerzo tendrán una reducción de esfuerzos de tensión.

Después de que se haya efectuado la demolición total de las alas del viaducto del puente vehicular (*etapa dos de demolición*), se procederá a cortar y demoler totalmente la sección cajón del viaducto del puente vehicular, la cual se le llamará etapa tres de demolición. Esta etapa tres de demolición abarca dos cortes diferentes de sección transversal del viaducto del puente vehicular de manera secuencial, que corresponden a sección dos y sección tres ver, **(Figura 11 y 12)**. Donde primero se efectuara el corte de la sección dos, en la cual se cortaron los ductos de presfuerzo exterior, considerando el control de equilibrio estático, y de manera ordenada y secuencial se realizara el corte de la sección tres, en la cual también se cortaran los ductos centrales del viaducto del puente vehicular.

En esta etapa tres de demolición debe considerarse el equilibrio estático del puente vehicular durante todo el proceso al efectuar los diferentes cortes secuenciales de la sección dos y tres como se describe en los siguientes incisos:

- a) Se comenzará a cortar y demoler mecánicamente el "viaducto central primario" (**Figura 13**), considerando un corte transversal dos metros después de la junta constructiva, donde se encuentra la unión de las placas de sujeción de los cables de presfuerzo, el cual se referencio en la etapa uno de instrumentación y medición.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 11 y 24**) de este viaducto, y conforme se avance el corte de demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procederá a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 24**).

Una vez hecho este corte de la sección dos se procederá a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, una vez libre de puntales y de cimbra intermedia, se procederá a cortar la sección tres (**Figura 12**), de tal manera que este viaducto central primario quede ahora en una posición en cantiléver (**Figura 25**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto central primario, se procederá a cortar y demoler mecánicamente el tramo subsecuente que corresponde al viaducto central de mayor claro que se describe en el inciso **b**.

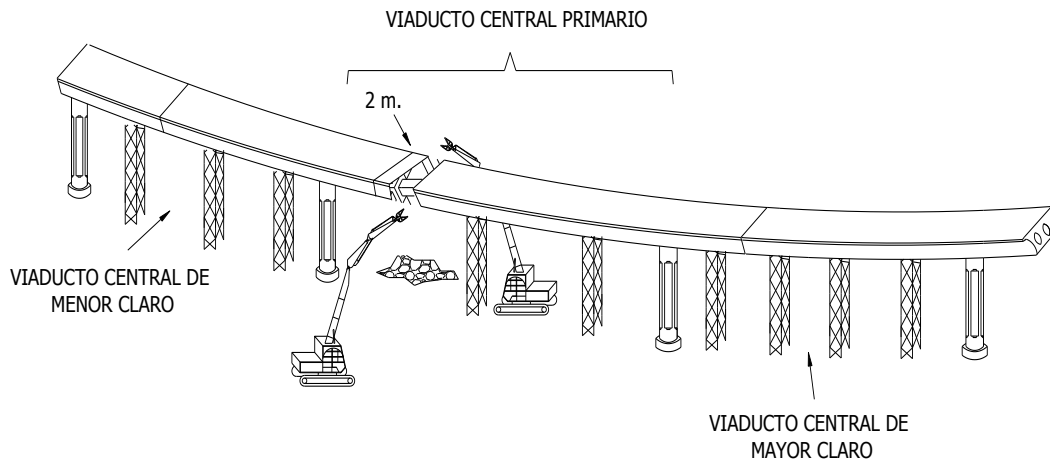


Figura 24 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central primario.

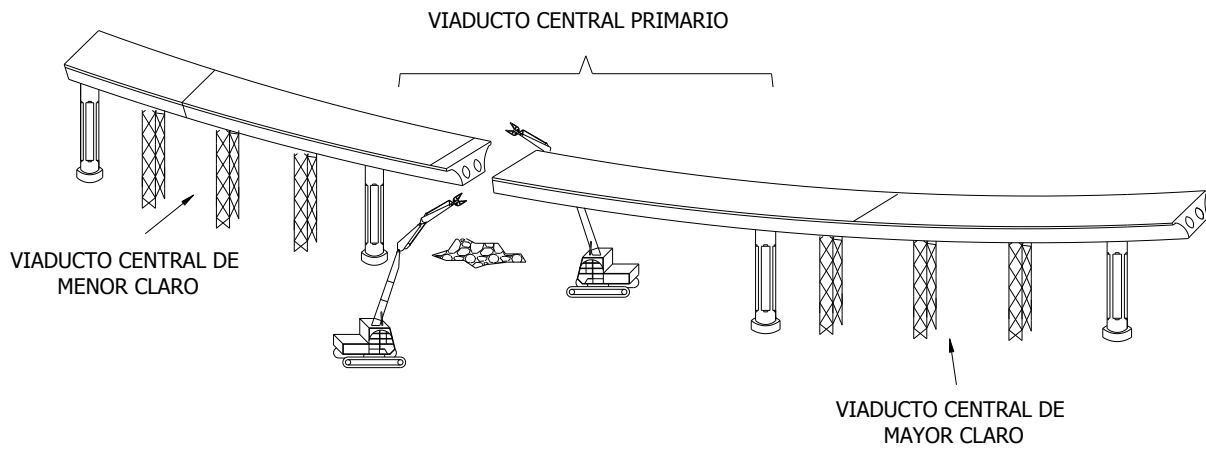


Figura 25 Demolición y corte total del viaducto central primario, en posición en cantiléver.

- b) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto central primario, se procederá a cortar y demoler mecánicamente el “viaducto central de mayor claro” (**Figura 13**), el cual se indicó y se referenció el corte de demolición en la etapa uno de instrumentación y medición del puente vehicular.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 11 y 26**) de este viaducto, y conforme se avanza el corte de demolición de esta sección dos exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 26**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procederá a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, una vez libre de puntales y de cimbra intermedia, se procederá a cortar la sección tres (**Figura 12**), de tal manera que el tramo central primario se desprenderá completamente del viaducto, el cual quedara en una posición más cómoda para la demolición mecánica, y el tramo de corte subsecuente (viaducto central de mayor claro) quedara en posición cantiléver (**Figura 27**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto central de mayor claro, se procederá a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponda al viaducto central de menor claro que se describe en el inciso **c**.

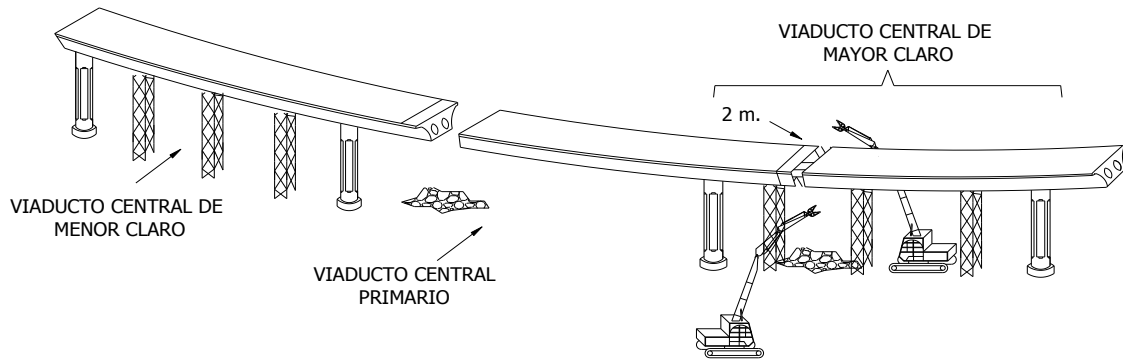


Figura 26 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central de mayor claro.

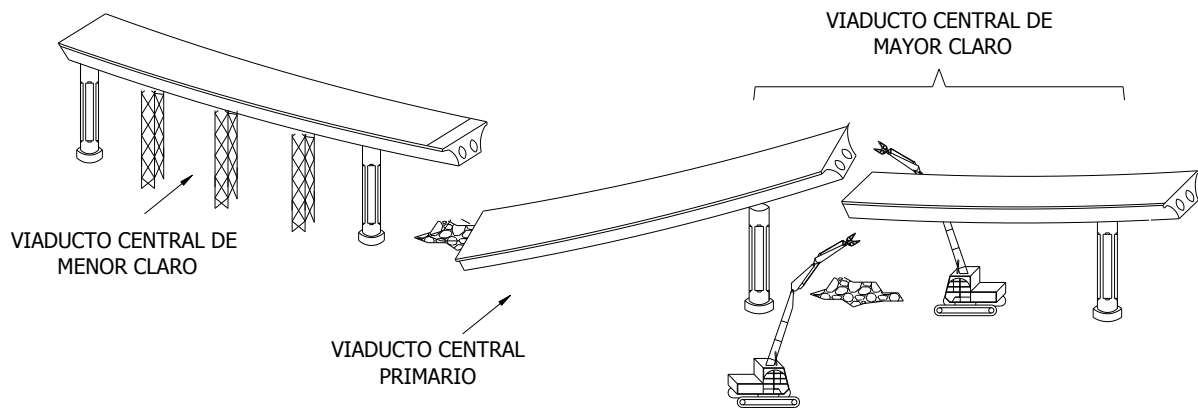


Figura 27 Corte y demolición total del viaducto central de mayor claro.

- c) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto central de mayor claro, se procederá a cortar y demoler mecánicamente el "viaducto central de menor claro" (**Figura 13**), el cual se indicó y se referenció el corte de demolición en la etapa uno de instrumentación y medición del puente vehicular.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 11 y 28**) de este viaducto, y conforme se avanza el corte de demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 28**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procederá a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, y se efectúa el corte de demolición de la sección tres (**Figura 12**) de tal manera que este viaducto central de menor claro se desprenderá completamente del viaducto, el cual quedara en una posición más cómoda para la demolición mecánica (**Figura 29**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto central de menor claro, se procede a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto secundario de mayor claro que se describe en el inciso **d**.

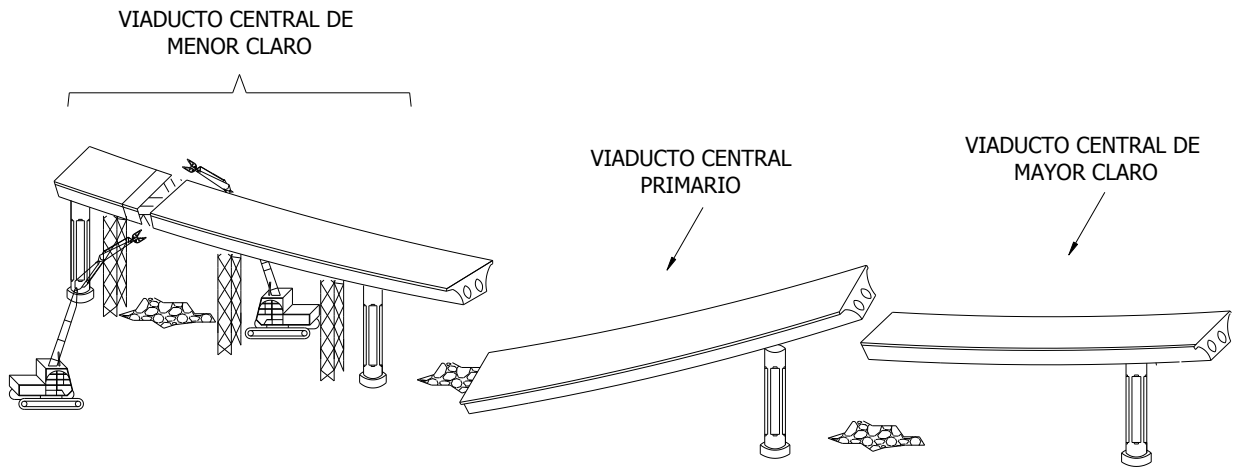


Figura 28 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central de menor claro.

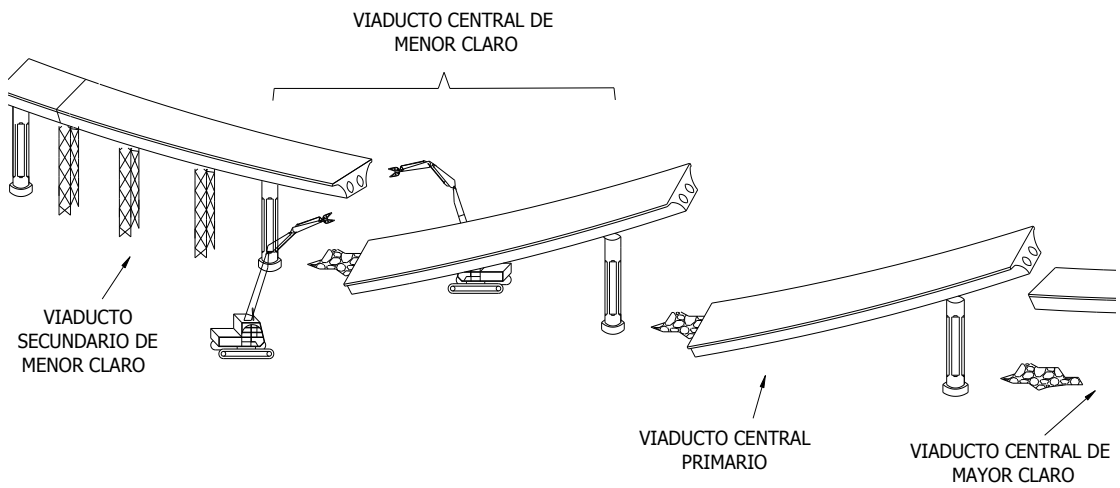


Figura 29 Demolición y corte total del viaducto central de menor claro.

- d) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto central de menor claro se procederá a cortar y demoler mecánicamente el "viaducto secundario de mayor claro" (**Figura 13**), en el cual se indicó y se referencio el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 11 y 30**) de este viaducto, y conforme se avanza el corte de demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 30**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procede a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, y se efectúa el corte de demolición de la sección tres (**Figura 12**), de tal manera que el viaducto central primario de mayor claro se desprende por completo del viaducto, quedando en una posición más cómoda para la demolición mecánica, y por lo tanto el viaducto secundario de mayor claro quedará en una posición en cantiléver (**Figura 31**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto secundario de mayor claro, se procede a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto secundario de menor claro que se describe en el inciso e.

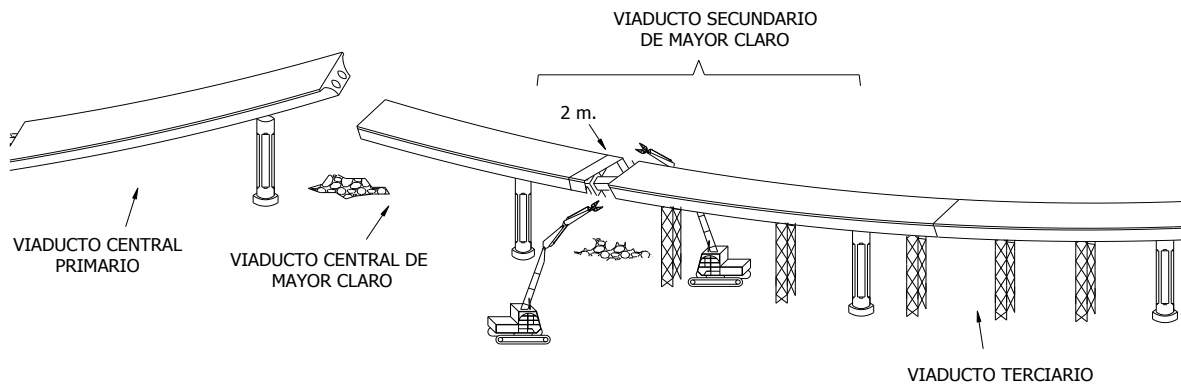


Figura 30 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto secundario de mayor claro.

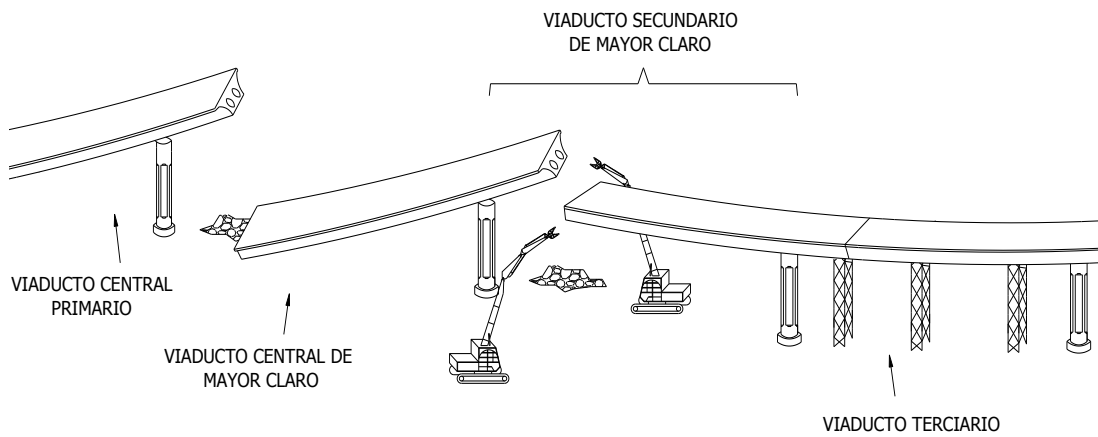


Figura 31 Demolición y corte total del viaducto secundario de mayor claro.

- e) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto secundario de mayor claro, se procederá a cortar y demoler mecánicamente el "viaducto secundario de menor claro" **(Figura 13)**, en el cual se indicó y se referencio el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección dos exterior **(Figura 11 y 32)** de este viaducto, y conforme se avanza el corte de demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto **(Figura 32)**.

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procede a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, y se efectúa el corte de demolición de la sección tres **(Figura 12)**, de tal manera que este viaducto secundario de menor claro se desprende por completo del viaducto, el cual quedara en una posición más cómoda para la demolición mecánica **(Figura 33)**, una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto secundario de menor claro, se procede a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto terciario que se describe en el inciso **f**.

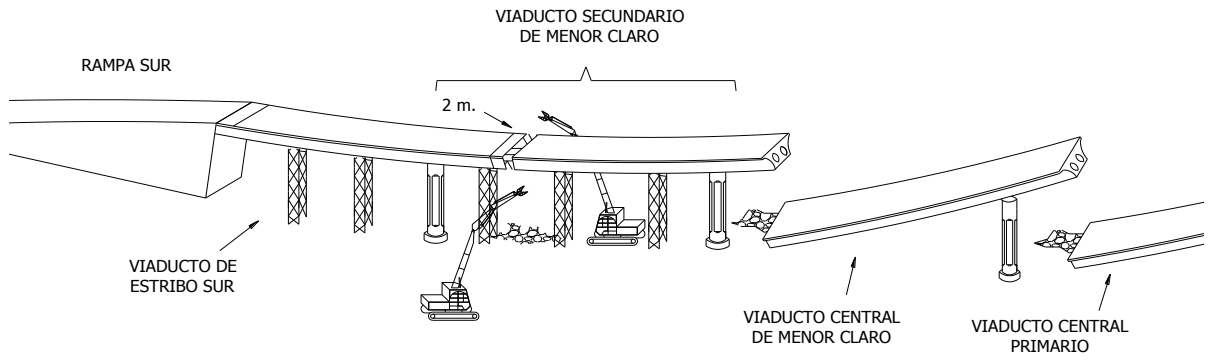


Figura 32 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto secundario de menor claro.

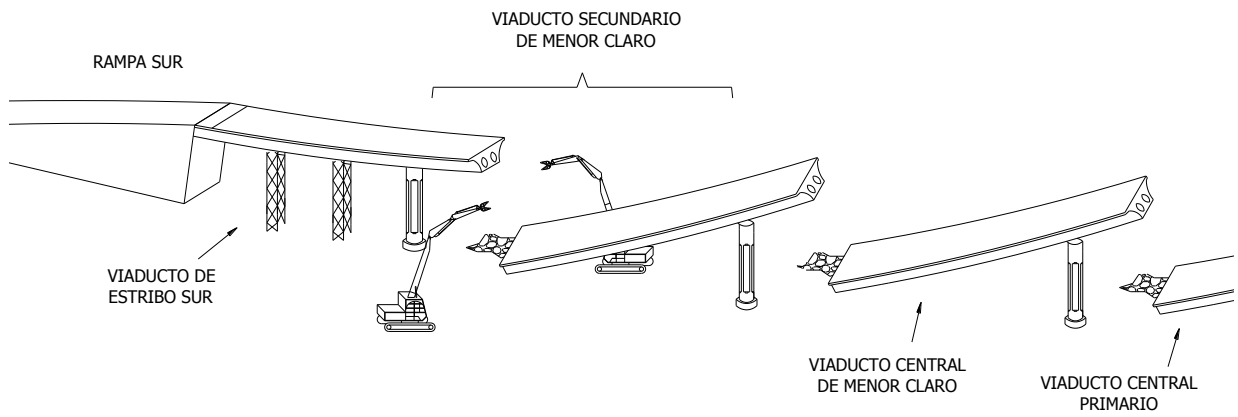


Figura 33 Demolición y corte total del viaducto secundario de menor claro.

- f) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto secundario de menor claro, se procederá a cortar y demoler mecánicamente el “viaducto terciario” (**Figura 13**), en el cual se indicó y se referenció el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 11 y 34**), de este viaducto, y conforme se avanza el corte de demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 34**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procede a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, y se efectúa el corte de demolición de la sección tres (**Figura 12**), de tal manera que el viaducto secundario de mayor claro se desprende por completo del viaducto, quedando en una posición más cómoda para la demolición mecánica, y por lo tanto el viaducto terciario quedará en una posición en cantiléver (**Figura 35**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto terciario, se procede a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto de estribo sur que se describe en el inciso **g**.

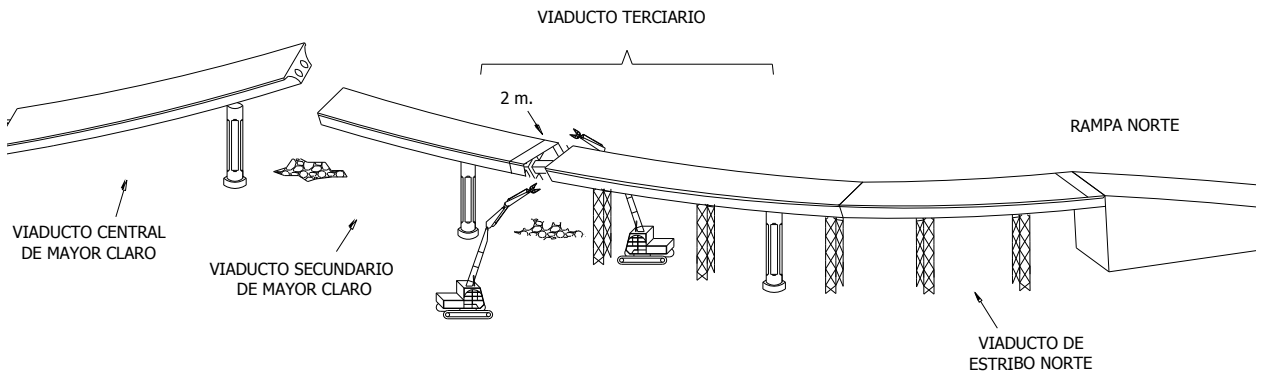


Figura 34 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto terciario.

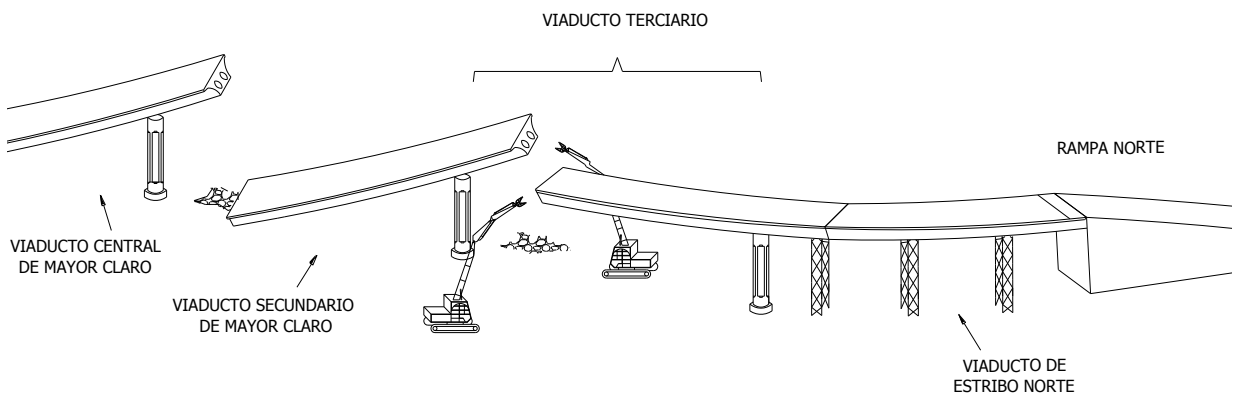


Figura 35 Demolición y corte total del viaducto terciario.

- g) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto terciario, se procederá a cortar y demoler mecánicamente el “viaducto de estribo sur” **(Figura 13)**, en el cual se indicó y se referencio el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección dos exterior **(Figura 11 y 36)** de este viaducto, y conforme se avanza el corte de demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto **(Figura 36)**.

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procede a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, y se efectúa el corte de demolición de la sección tres **(Figura 12)**, de tal manera que el viaducto de estribo sur se desprenda por completo, quedando en una posición más cómoda para la demolición mecánica **(Figura 37)**, y por subsecuente también el viaducto de secundario de menor claro se desprenda por completo quedando en una posición más cómoda para la demolición mecánica **(Figura 37)**, una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto de estribo sur, se procede a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto de estribo norte que se describe en el inciso **h**.

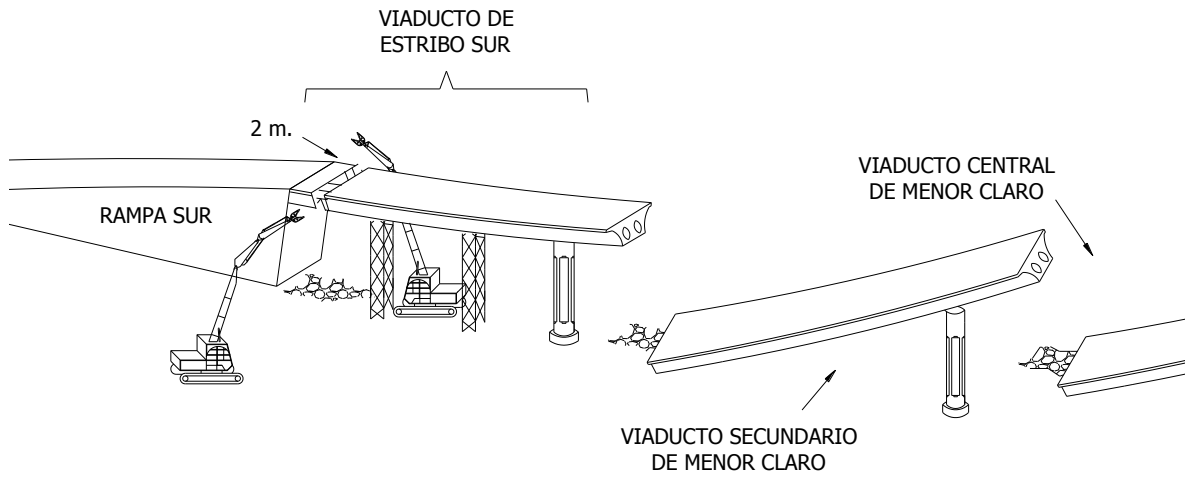


Figura 36 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto de estribo sur.

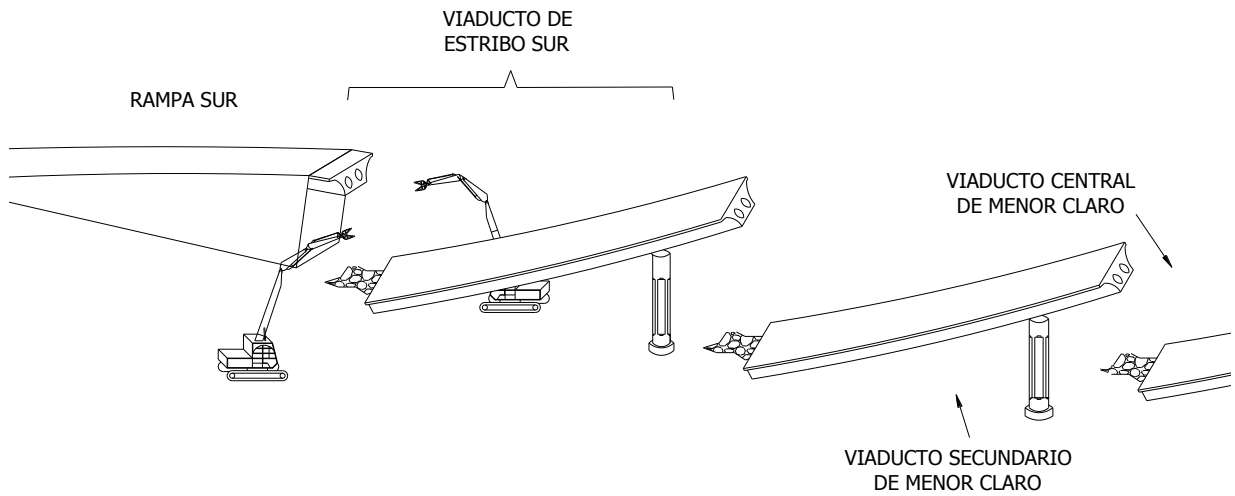


Figura 37 Demolición y corte total del viaducto de estribo sur.

- h) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto de estribo sur, se procede a cortar y demoler mecánicamente el “viaducto de estribo norte” **(Figura 13)**, en el cual se indicó y se referencio el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzará a demoler mecánicamente la sección dos exterior **(Figura 11 y 38)**, de este viaducto, y conforme se avanza el corte de demolición de esta sección exterior se revisan los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procede a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto **(Figura 38)**.

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procede a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, y se efectúa el corte de demolición de la sección tres **(Figura 12)**, de tal manera que el viaducto terciario se desprenda por completo, quedando en una posición más cómoda para la demolición mecánica **(Figura 39)**, y por lo tanto el viaducto de estribo norte quedara cortado por completo también quedando en una posición más cómoda para le demolición mecánica **(Figura 39)**, una vez hecho los cortes de todos los viaductos se procederá a demoler mecánicamente los estribos y columnas del puente **(Figura 40)**.

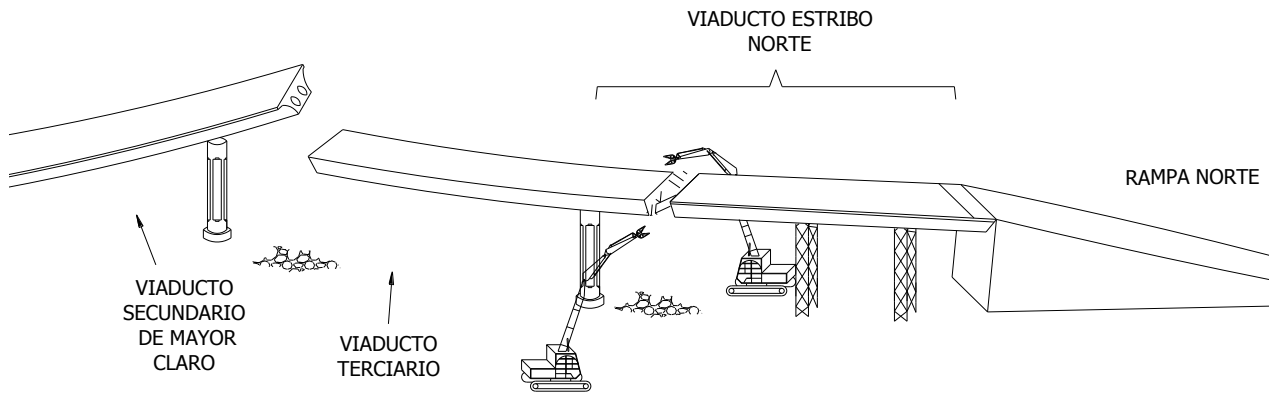


Figura 38 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto de estribo norte.

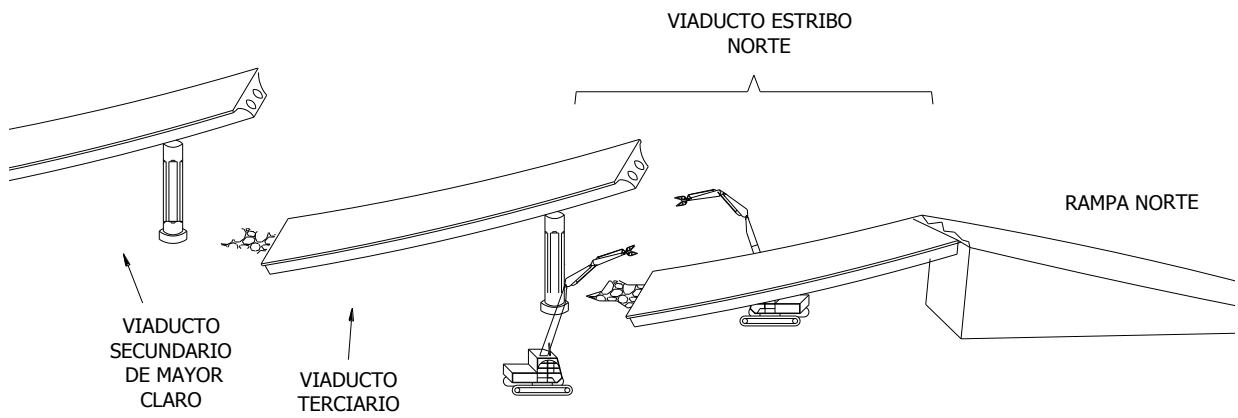


Figura 39 Demolición y corte total del viaducto de estribo norte.

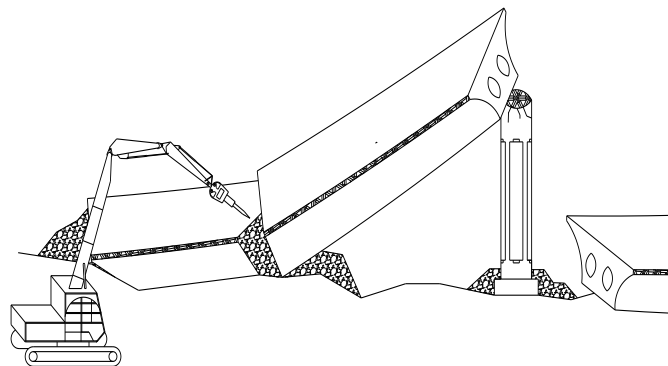


Figura 40 Demolición de viaductos con martillo en una posición más cómoda.

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA UN CASO DE ESTUDIO: DEMOLICIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR CURVO

4.1 Aplicación metodológica para el análisis y demolición de puentes vehiculares.

Este estudio de demolición estructural consiste en seguir un orden secuencial de fases de demolición y en los principios de la estática fundamental, cuyas fases de estudio y aplicación son:

- a) Fase I: Recopilación de información técnica sobre la estructura a demoler.
- b) Fase II Análisis del sitio de ubicación de la estructura a demoler.
- c) Fase III: Evaluación de las alternativas existentes para la estructura de demolición.
- d) Fase IV: Planeación y Ejecución de la demolición.
 - i. Etapa uno: Instrumentación y medición.
 - ii. Etapa dos: Demolición lateral estructural.
 - iii. Etapa tres: Demolición central estructural.

Para ilustrar el empleo practico de demolición estructural, se expone el siguiente caso de estudio que consiste en demoler un distribuidor vial (Puente eje 50) el cual está ubicado en la ciudad de Torreón Coahuila (**figura 41 y 42**). Este puente es de concreto presforzado y está estructurado principalmente por un viaducto sección cajón aligerado que está apoyada sobre columnas intermedias de concreto reforzado, y en sus extremos se apoya mediante rampas de acceso vehicular que están conformadas por tierra armada (**figura 43**).



Figura 41 Ubicación de la ciudad de Torreón Coahuila.

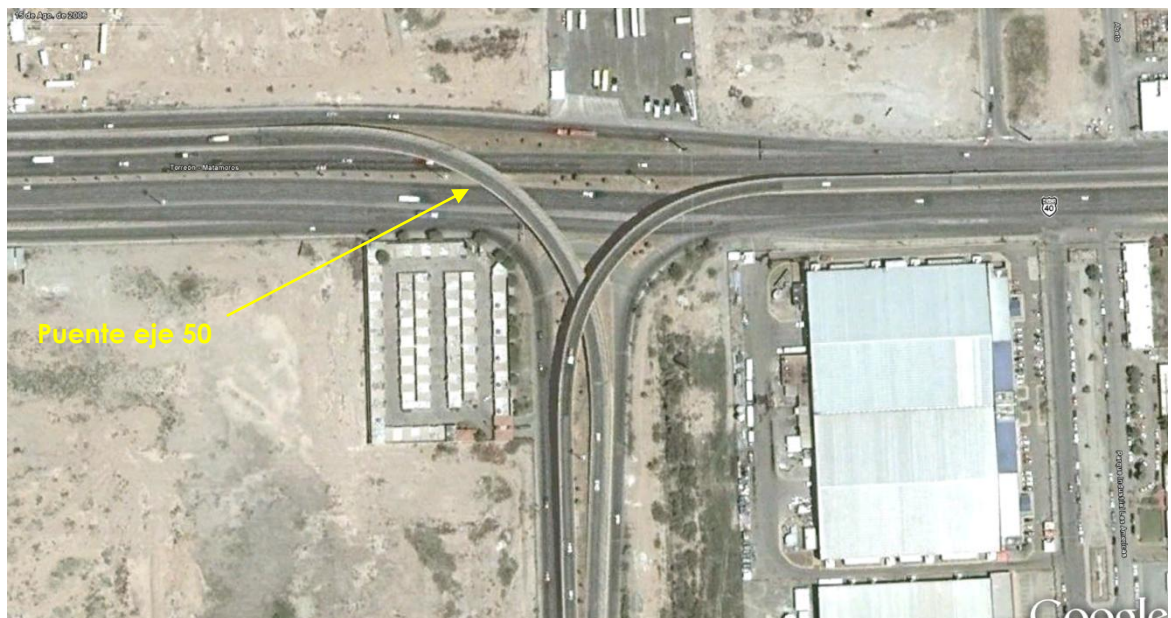


Figura 42 Ubicación de puentes vehicular a demoler.



Figura 43 Vista panorámica de puente vehicular a demoler.

A continuación se da una breve descripción de la aplicación técnica de estas cuatro fases de demolición:

Fase I Recopilación de información técnica sobre la estructura a demoler.

Es importante conocer el tipo de estructura que se pretende demoler, conocer como está conformada su estructuración, tipo de uso estructural, el tipo de materiales con que está hecho, su dimensiones geométricas, configuraciones topográficas, tipos de apoyos y su transmisibilidad de cargas, tipo de cimentación y capacidades de carga, etc. Por eso es de gran importancia recaudar toda la información posible para realizar un buen diagnóstico de la estructural que se pretende demoler y determinar secuencialmente la metodología de demolición.

Fase II Análisis del sitio de ubicación de la estructura a demoler

Es importante resaltar que el sitio donde se ubica la estructura que se va a demoler juega un papel primordial, pues deben considerarse las infraestructuras que estén aledañas y/o en contacto con la estructura a demoler, y que estas estructuras pueden ser afectadas al momento de la demolición.

Fase III Evaluación de las alternativas existentes para la estructura de demolición.

Esta fase es también de gran importancia, en la cual se evalúan las alternativas de demolición referente a los equipos y maquinarias que se puedan emplear para la demolición del puente, desde el punto de vista de investigación se tiene que estudiar la factibilidad técnica, económica, social, ambiental, tiempo y mano de obra, para considerar el equipo adecuado para la demolición.

Fase IV Planeación y Ejecución de la demolición.

Esta es la fase final, debido a que se concluye con la factibilidad de demolición del puente, la cual conlleva una serie de pasos y etapas secuenciales controladas, donde se refleja el conjunto de estudios de un proyecto de investigación y ejecución para cierto fin específico de demolición. Esta última fase contempla tres etapas de demolición importantes que son:

- a) Etapa uno: Instrumentación y medición.
- b) Etapa dos: demolición lateral de las alas del puente.
- c) Etapa tres: demolición central de la estructura del puente.

A continuación se da una breve descripción de estas tres etapas de demolición.

- a) Etapa uno: Instrumentación y medición** En esta etapa uno se lleva la preparación de instrumentación y medición del puente, en la cual se realizan mediciones que sirven de base para realizar las demoliciones de acuerdo a las diferentes etapas subsecuentes, tomando lecturas en puntos estratégicos del puente vehicular.

b) **Etapa dos: Demolición lateral estructural.** En esta Etapa dos de demolición se lleva a cabo una demolición lateral de ambas alas del viaducto del puente vehicular, en la cual se lleva un orden secuencial de parámetros de medición referente al equilibrio estático, tomando lecturas en puntos estratégicos de la estructura, (figura 44, 45 y 46).

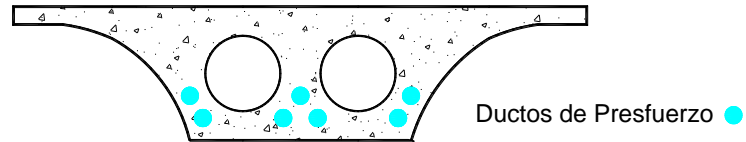


Figura 44 Vista en corte de la sección completa del viaducto del puente vehicular a demoler.

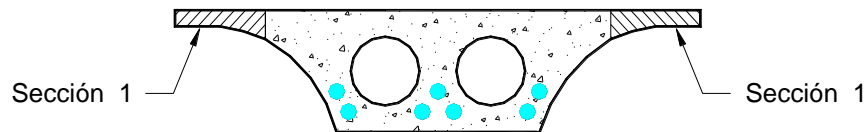


Figura 45 Etapa dos de demolición (Sección 1: demolición de ambas alas laterales).

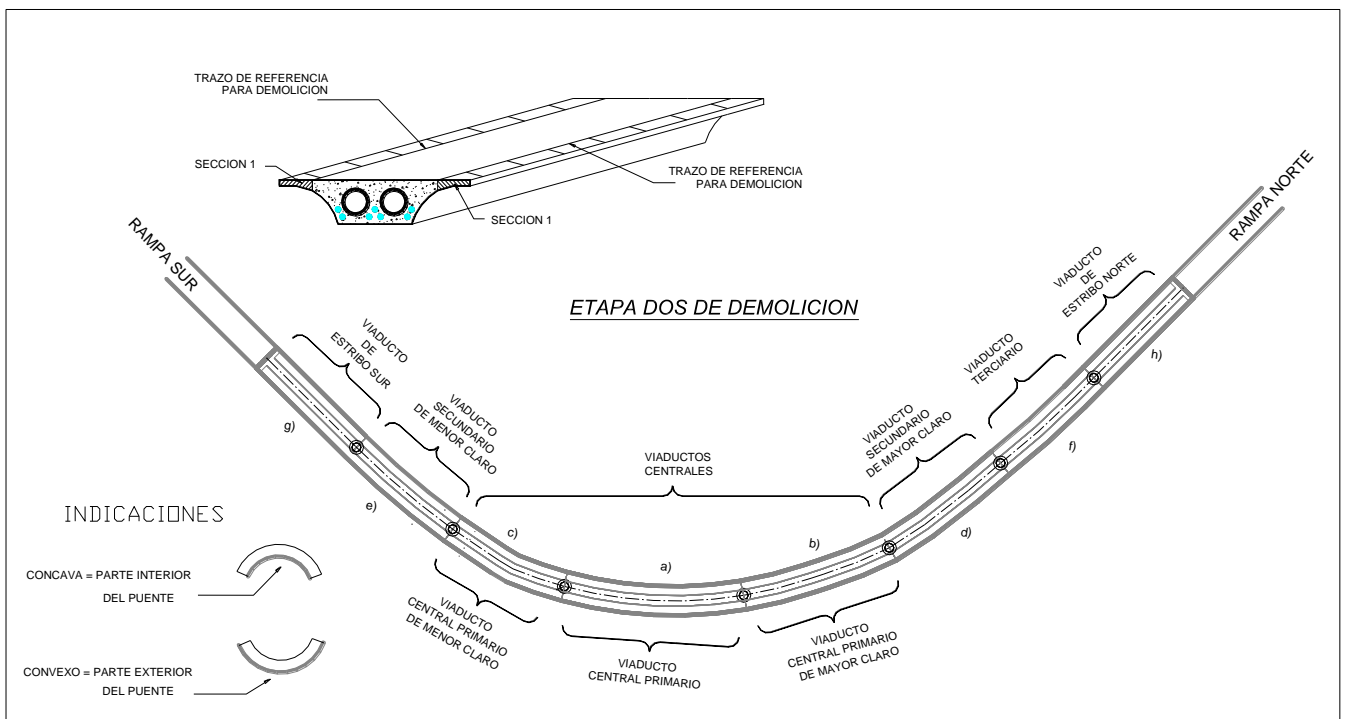


Figura 46 Secuencia y nomenclatura para etapa dos de demolición del puente vehicular.

c) **Etapa tres: Demolición central de la estructura.** En esta etapa tres de demolición se llevara a cabo la demolición total de la estructura, en la cual se demuele la parte central de la sección de la estructura, siguiendo un orden secuencial de parámetros de medición. Donde pude aplicarse la demolición mecánica correspondiente, de acuerdo a esta medición secuencial controlada y considerando el equilibrio estático de la estructura, **(figura 47, 48 y 49).**

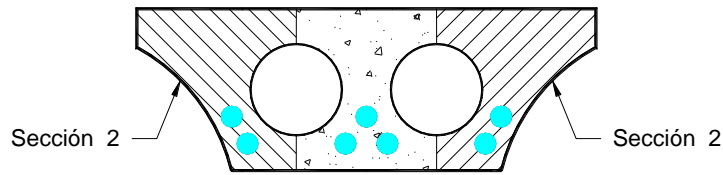


Figura 47 Etapa tres de demolición (Sección 2: demolición y corte de ductos laterales).

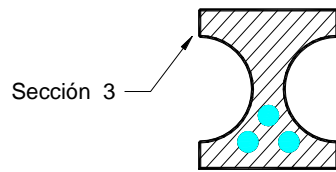


Figura 48 Etapa tres de demolición (Sección 3: demolición de núcleo y ductos centrales).

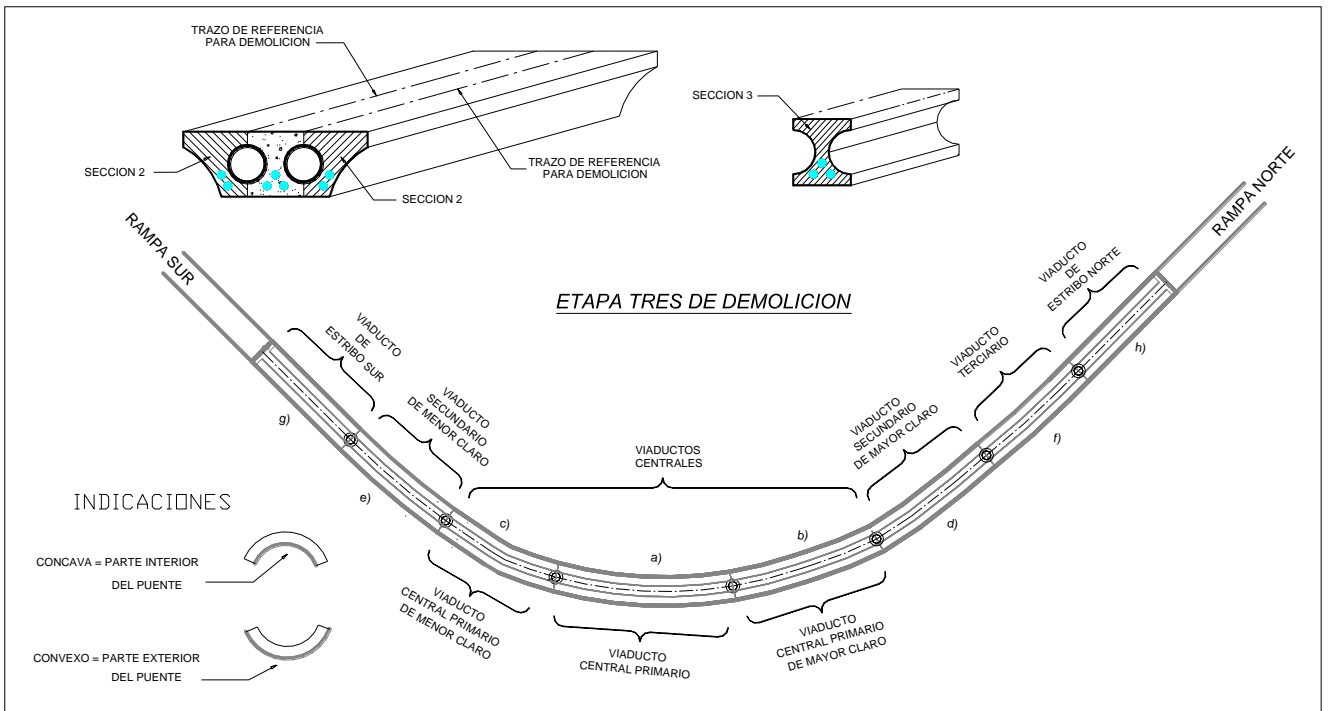


Figura 49 Secuencia y nomenclatura para etapa tres de demolición del puente vehicular.

4.2 Descripción del caso de estudio para aplicación metodológica de demolición de puente vehicular, Distribuidor vial revolución, (DVR–Viaducto 50).

Para ilustrar la aplicación práctica de demolición estructural, se expone el siguiente caso de estudio, que consiste en la demolición de un puente curvo elevado (**figura 42 y 43**), conformado por siete columnas de concreto reforzado y dos rampas de acceso con sus respectivos estribos; sobre los cuales también se apoya el viaducto aligerado del puente de concreto presforzado, este viaducto es continuo de acuerdo a sus reglamentos de diseño.

La conexión que existe entre claro y claro del viaducto del puente es mediante un macizo de concreto con placas bases para el pretensado de los torones. Este macizo de conexión esta cercano a las columnas de apoyo del puente. La demolición del puente contempla en el equilibrio estático del viaducto del puente vehicular, donde primero se contempla reducir la excentricidad de carga del viaducto del puente curvo. Por lo tanto aplicaremos el equilibrio estático, de tal manera que se reduzca el giro y se evite el volteo del viaducto, donde se ha procurando demoler estratégicamente las áreas y secciones correspondientes, evitando la inestabilidad del puente, todo esto con el apoyo y la ayuda de herramienta y equipo de maquinaria mecánica de demolición. Se considero íntegramente todo lo necesario para la demolición, primero se recopiló toda la información técnica sobre este puente vehicular y posteriormente, se analizó el sitio donde se ubica la estructura y secuencialmente se evaluaron las alternativas existentes para la demolición del puente vehicular y finalmente se planeo la ejecución de la demolición.

4.2.1 Aplicación de Fase IV: Planeación y Ejecución de la demolición.

4.2.1.1 Etapa uno: Instrumentación y medición

Se instrumentó el puente vehicular y se recopiló la información de las mediciones necesarias de las estructuras que lo conforman, para conocer las condiciones actuales y las que se llegaron a presentar durante todo el proceso de demolición.

El proceso de monitoreo en cuanto a las mediciones se hizo durante todo el proceso de demolición, pues fueron indicadores que nos guiaron para la toma de acciones en la distribución de áreas a demoler. Debido a lo mencionado anteriormente, se realizó el siguiente seguimiento secuencial de instrumentación y medición:

- a) Se colocaron micrómetros en la parte interior e inferior para la medición de los giros del viaducto del puente vehicular, para observar el comportamiento de la estructura durante las fases de demolición. **(figura 50).**
- b) Se elaboró un levantamiento topográfico para monitoreo de niveles y movimientos de la estructura, de igual manera se trazo la trayectoria de los ductos de presfuerzo para acotar y referenciar límites de demolición **(figura 51 y 52).**
- c) Se instalaron medidores de grietas los cuales consistían en regletas graduadas numéricamente que nos indica la dimensión de abertura de la grieta que se hizo presente, las cuales se colocaron en puntos estratégicos para complementar el monitoreo del comportamiento del viaducto del puente vehicular durante las diferentes fases de demolición.
- d) Se instalaron equipos de medición de vibración en puntos estratégicos para monitorear los rangos de vibración causadas por la demolición del puente vehicular.



Figura 50 Etapa de instrumentación (colocación de micrómetros y medición de grietas).



Figura 51 Etapa de trazo y referencia de trayectoria del presfuerzo para atapas de demolición.



Figura 52 Etapa de trazo y referencia de trayectoria del presfuerzo.

4.2.1.2 Etapa dos: Demolición lateral estructural.

Una vez que se realizó la etapa uno de instrumentación y medición del puente, se continuó con la interpretación de esta recopilación de información estructural del puente, donde se ordenó y se consideró en el proceso de demolición, de las cuales se incluyeron sus antecedentes y su configuración estructural en cuanto al diseño. Tomando en cuenta su estructuración y su comportamiento de diseño y construcción, se realizó la demolición de la siguiente manera:

- a) Se comenzó a demoler mecánicamente las alas del viaducto del claro central primario (Figura 45 y 46), pero antes debe de estar apuntalado y cimbrado este claro central primario y sus claros adyacentes por la parte interior del viaducto, dejando libres ambas alas a demoler.

Se continuó demoliendo mecánicamente el ala exterior de la parte curva sección uno exterior **(Figura 45 y 53)**, sin llegar a demoler la sección donde se ubica el ducto de los cables de presfuerzo, el cual ya debe de estar acotado y referenciado en la fase de instrumentación y medición, y conforme se avanzó la demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento, con el objetivo de controlar y garantizar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior **(Figura 54)** de este tramo, a esta fase dos de demolición se le conoce como disminución de carga en volado, el cual su función principal es reducir área de carga excéntrica **(Figura 53 y 54)**.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo central primario, se procedió a demoler mecánicamente las alas laterales del siguiente tramo que corresponde al "tramo central de mayor claro" que se describe en el inciso **b**.



Figura 53 Demolición de ala exterior del viaducto central primario (Disminución de área en volado).



Figura 54 Demolición de ala interior del viaducto central primario (Disminución de área en volado).

- b) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo central primario, se procedió a demoler mecánicamente ambas alas del viaducto del "tramo central de mayor claro" (**Figura 45 y 46**), el cual es adyacente al claro central primario, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se debe considerar el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se continuó a demoler mecánicamente la sección uno exterior (**Figura 45 y 55**) de este tramo y conforme se avanzó la demolición de esta sección exterior, se revisaron los medidores de rotación de movimiento, con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior (**Figura 56**) de este tramo.

Una vez hecha la demolición de ambas alas de este tramo central de mayor claro, se repitió este proceso de demolición mecánica en las alas laterales en el siguiente tramo que corresponde al "tramo central de menor claro" que se describe en el inciso **c**.



Figura 55 Demolición de ala exterior del tramo central de mayor claro.



Figura 56 Demolición de ala interior del tramo central de mayor claro.

- c) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo central de mayor claro, se procedió a demoler ambas alas del viaducto del "tramo central de menor claro" (**Figura 45 y 46**), el cual es adyacente al tramo central primario, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se considero el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se continuó con la demolición mecánica de la sección uno exterior (**Figura 45 y 57**) de este tramo, y conforme se avanzó la demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior de este tramo que corresponde al ala interior (**Figura 58**).

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo central de menor claro, se procedió a demoler mecánicamente las alas laterales del tramo que correspondió al "tramo secundario de mayor claro" que se describe en el inciso **d**.



Figura 57 Demolición de ala exterior del tramo central de menor claro.



Figura 58 Demolición de ala interior del tramo central de menor claro.

- d) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo central de menor claro, se procedió a demoler ambas alas del viaducto del "tramo secundario de mayor claro" (**Figura 45 y 46**), el cual es adyacente al tramo central de mayor claro, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se considero el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se continuó con la demolición mecánica de la sección uno exterior (**Figura 45 y 59**) de este tramo, y conforme se avanzó la demolición de esta sección exterior de esta sección se revisaron los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior (**Figura 60**) de este tramo.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo secundario de mayor claro, se procedió a demoler mecánicamente las alas laterales del siguiente tramo que corresponde al "tramo secundario de menor claro" que se describe en el inciso **e**.



Figura 59 Demolición de ala exterior del tramo secundario de mayor claro.



Figura 60 Demolición de ala interior del tramo secundario de mayor claro.

- e) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo secundario de mayor claro, se procedió a demoler ambas alas del viaducto del "tramo secundario de menor claro" (**Figura 45 y 46**), el cual es adyacente al claro central de menor claro, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se considero el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se continuó con la demolición mecánica de la sección uno exterior (**Figura 45 y 61**) de este tramo, y conforme se avanzó la demolición de esta sección exterior de esta sección se revisaron los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior de este tramo (**Figura 62**).

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo secundario de menor claro, se procedió a demoler mecánicamente las alas laterales del siguiente tramo que corresponde al "tramo terciario" que se describe en el inciso **f**.



Figura 61 Demolición de ala exterior del tramo secundario de menor claro.



Figura 62 Demolición de ala interior del tramo secundario de menor claro.

- f) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo secundario de menor claro, se procedió a demoler ambas alas del viaducto del "tramo terciario" **(Figura 45 y 46)**, el cual es adyacente al tramo secundario de mayor claro, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se consideró el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y sus dos tramos adyacentes.

Se continuó con la demolición mecánica de la sección uno exterior **(Figura 45 y 63)** de este tramo, y conforme se avanzó la demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior de este tramo **(Figura 64)**.

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo terciario, se procedió a demoler mecánicamente las alas laterales del tramo siguiente que corresponde al "tramo de estribo sur" que se describe en el inciso **g**.



Figura 63 Demolición de ala exterior del tramo terciario.



Figura 64 Demolición de ala interior del tramo terciario.

- g) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo terciario, se procedió a demoler ambas alas del viaducto del "tramo de estribo sur" (**Figura 45 y 46**) el cual es adyacente al tramo secundario de mayor claro, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se consideró el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y su tramo adyacentes.

Se continuó con la demolición mecánica de la sección uno exterior (**Figura 45 y 65**) de este tramo, y conforme se avanzó la demolición de esta sección exterior de esta sección se revisaron los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior de este tramo (**Figura 66**).

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo de estribo sur, se procedió a demoler mecánicamente las alas laterales del siguiente tramo que corresponde al "tramo de estribo norte" que se describe en el inciso **h**.



Figura 65 Demolición de ala exterior del tramo de estribo sur.



Figura 66 Demolición de ala interior del tramo de estribo sur.

- h) Después de haber demolido ambas alas del viaducto del tramo de estribo sur, se procedió a demoler ambas alas del viaducto del "tramo de estribo norte" (**Figura 45 y 46**), el cual es adyacente al tramo secundario de menor claro, cabe mencionar que durante esta demolición de ambas alas se consideró el apuntalamiento y colocación de cimbra de este tramo y su tramo adyacente.

Se continuó con la demolición mecánica de la sección uno exterior (**Figura 45 y 67**) de este tramo, y conforme se avanzó la demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela la sección uno interior de este tramo (**Figura 68**).

Una vez hecha esta demolición de ambas alas de este tramo de estribo norte, se procedió a demoler y cortar mecánicamente los viaductos del puente los cuales se describen en la etapa tres de demolición.



Figura 67 Demolición de ala exterior del tramo de estribo norte.



Figura 68 Demolición de ala interior del tramo de estribo norte.

4.2.1.3 Etapa tres: Demolición central estructural

Para esta etapa tres de demolición mecánica del puente se cuenta con una reducción de sección geométrica con respecto a la sección del viaducto original, por lo tanto se tendrá una reducción de carga significativa en todos los tramos del puente debido a que se ha demolido el total de las alas laterales del viaducto vehicular, y por lo tanto los cables de presfuerzo tendrán una reducción de esfuerzos de tensión.

Después de que se efectuó la demolición total de las alas del viaducto del puente vehicular (*etapa dos de demolición*), se procedió a cortar y demoler totalmente la sección cajón del viaducto del puente vehicular, el cual se le nombro etapa tres de demolición, Esta etapa tres de demolición abarco dos cortes diferentes de sección transversal del viaducto del puente vehicular de manera secuencial, que corresponden a sección dos y sección tres ver, **(Figura 47, 48 y 49)**. Donde primero se efectuó el corte de la sección dos, en la cual se cortaron los ductos de presfuerzo exterior, considerando el control de equilibrio estático, y de manera ordenada y secuencial se realizó el corte de la sección tres, en la cual también se cortaron los ductos centrales del viaducto del puente vehicular.

En esta etapa tres de demolición se consideró el equilibrio estático del puente vehicular durante todo el proceso al efectuar los diferentes cortes secuenciales de la sección dos y tres como se describe en los siguientes incisos:

- a) Se continuo cortando y demoliendo mecánicamente el “viaducto central primario” (**Figura 49**), considerando un corte transversal dos metros después de la junta constructiva, donde se encuentra la unión de las placas de sujeción de los cables de presfuerzo, el cual se referenció en la etapa uno de instrumentación y medición.

Se comenzó a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 47 y 69**) de este viaducto, y conforme se avanzó el corte de demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos exterior de este viaducto (**Figura 69**).

Una vez hecho este corte de la sección dos se procedió a retirar los puntales de apoyo que correspondieron a este tramo del viaducto, una vez que se liberaron de puntales y la cimbra intermedia, se procedió a cortar la sección tres (**Figura 48**), de tal manera que este viaducto central primario quedo ahora en una posición de voladizo (**Figura 70**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto central primario, se procedió a cortar y demoler mecánicamente el tramo subsecuente que correspondió al viaducto central de mayor claro que se describe en el inciso **b**.



Figura 69 Demolición y corte total del viaducto central primario.



Figura 70 Demolición y corte total del viaducto central primario, en cantiléver.

- b) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto central primario, se procedió a cortar y demoler mecánicamente el “viaducto central de mayor claro” (**Figura 49**), el cual se indicó y se referencio el corte de demolición en la etapa uno de instrumentación y medición del puente vehicular.

Se continuó con la demolición mecánica de la sección dos exterior (**Figura 47 y 71**) de este viaducto, y conforme se avanzó el corte de demolición de esta sección dos exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 71**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procedió a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, una vez que se liberó de puntales y cimbra intermedia, se procedió a cortar la sección tres (**Figura 48**), de tal manera que el tramo central primario se desprendió completamente del viaducto, el cual quedó en una posición más cómoda para la demolición mecánica, y el tramo de corte subsecuente (viaducto central de mayor claro) quedó en una posición de voladizo (**Figura 72**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto central de mayor claro, se procedió a demoler y cortar mecánicamente el tramo que correspondió al viaducto central de menor claro que se describe en el inciso **c**.



Figura 71 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central de mayor claro.



Figura 72 Corte y demolición total del viaducto central de mayor claro.

- c) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto central de mayor claro, se procedió a cortar y demoler mecánicamente el "viaducto central de menor claro" (**Figura 49**), el cual se indicó y se referenció el corte de demolición en la etapa uno de instrumentación y medición del puente vehicular.

Se continuó con la demolición mecánica de la sección dos exterior (**Figura 47 y 73**) de este viaducto, y conforme se avanzó el corte de demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 73**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procedió a retirar los puntales de apoyo que correspondieron a este tramo del viaducto, y se efectuó el corte de demolición de la sección tres (**Figura 48**) de tal manera que este viaducto central de menor claro se desprendió completamente del viaducto, el cual quedó en una posición más cómoda para la demolición mecánica (**Figura 74**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto central de menor claro, se procedió a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto secundario de mayor claro que se describe en el inciso **d**.



Figura 73 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central de menor claro.



Figura 74 Corte y demolición total del viaducto central de menor claro.

- d) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto central de menor claro, se procedió a cortar y demoler mecánicamente el “viaducto secundario de mayor claro” (**Figura 49**), en el cual se indicó y se referenció el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzó a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 47 y 75**), de este viaducto, y conforme se avanzó el corte de demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de movimiento de rotación del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 75**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procedió a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo del viaducto, y se efectuó el corte de demolición de la sección tres (**Figura 48**), de tal manera que el viaducto central primario de mayor claro se desprendió por completo, quedando en una posición más cómoda para la demolición mecánica, y por lo tanto el viaducto secundario de mayor claro quedó en una posición de voladizo (**Figura 76**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto secundario de mayor claro, se procedió a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto secundario de menor claro que se describe en el inciso **e**.



Figura 75 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto secundario de mayor claro.



Figura 76 Corte y demolición total del viaducto secundario de mayor claro.

- e) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto secundario de mayor claro, se procedió a cortar y demoler mecánicamente el "viaducto secundario de menor claro" (**Figura 49**), en el cual se indicó y se referenció el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzó a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 47 y 77**), de este viaducto, y conforme se avanzó el corte de demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 77**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procedió a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo de viaducto, y se efectuó el corte de demolición de la sección tres (**Figura 48**), de tal manera que este viaducto secundario de menor claro se desprendió por completo del puente, el cual quedó en una posición más cómoda para la demolición mecánica (**Figura 78**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto secundario de menor claro, se procedió a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto terciario que se describe en el inciso **f**.



Figura 77 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto secundario de menor claro.



Figura 78 Corte y demolición total del viaducto secundario de menor claro.

- f) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto secundario de menor claro, se procedió a cortar y demoler mecánicamente el “viaducto terciario” (**Figura 49**), en el cual se indicó y se referenció el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzó a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 47 y 79**), de este viaducto, y conforme se avanzó el corte de demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 79**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procedió a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo de viaducto, y se efectuó el corte de demolición de la sección tres (**Figura 48**), de tal manera que el viaducto secundario de mayor claro se desprendió por completo, quedando en una posición más cómoda para la demolición mecánica, y por lo tanto el viaducto terciario quedó en una posición de voladizo (**Figura 80**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto terciario, se procedió a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto de estribo sur que se describe en el inciso **g**.



Figura 79 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto terciario.



Figura 80 Corte y demolición total del viaducto terciario.

- g) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto terciario, se procedió a cortar y demoler mecánicamente el “viaducto de estribo sur” (**Figura 49**), en el cual se indicó y se referenció el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzó a demoler mecánicamente la sección dos exterior (**Figura 47 y 81**), de este viaducto, y conforme se avanzó el corte de demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto (**Figura 81**).

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procedió a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo de viaducto, y se efectuó el corte de demolición de la sección tres (**Figura 48**), de tal manera que el viaducto de estribo sur se desprendió por completo, quedando en una posición más cómoda para la demolición mecánica (**Figura 82**), una vez hecho este corte total de esta sección que corresponde al viaducto de estribo sur, se procedió a demoler y cortar mecánicamente el tramo que corresponde al viaducto de estribo norte que se describe en el inciso **h**.



Figura 81 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto de estribo sur.



Figura 82 Corte y demolición total del viaducto de estribo sur.

- h) Después de haber cortado y demolido la sección del viaducto de estribo sur, se procedió a cortar y demoler mecánicamente el “viaducto de estribo norte” **(Figura 49)**, en el cual se indicó y se referencio el corte de demolición en la fase de medición longitudinal del puente vehicular.

Se comenzó a demoler mecánicamente la sección dos exterior **(Figura 47 y 83)**, de este viaducto, y conforme se avanzó el corte de demolición de esta sección exterior se revisaron los medidores de rotación de movimiento del puente con el objetivo de controlar el equilibrio estático del viaducto del puente y se procedió a demoler mecánicamente en forma paralela y secuencial la sección dos interior de este viaducto **(Figura 83)**.

Una vez hecho este corte de la sección dos, se procedió a retirar los puntales de apoyo que corresponden a este tramo de viaducto, y se efectuó el corte de demolición de la sección tres **(Figura 48)**, de tal manera que el viaducto terciario se desprendió por completo, quedando en una posición más cómoda para la demolición mecánica, y por lo tanto el viaducto de estribo norte quedó cortado por completo **(Figura 84)**, una vez hecho los cortes de todos los viaductos se procederá a demoler mecánicamente los estribos del puente **(Figura 85)**, y posteriormente se demolieron las columnas de apoyo del puente vehicular **(Figura 86)**.



Figura 83 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto de estribo norte.



Figura 84 Corte y demolición total del viaducto de estribo norte.



Figura 85 Demolición de viaductos y estribos con martillo en posición más cómoda.



Figura 86 Demolición de viaductos y columnas con martillo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones Finales.

En la actualidad existe una gran innovación en materiales y métodos constructivos, los cuales permiten modernizar las construcciones existentes para obtener edificaciones con una mayor planeación, una mayor durabilidad y una mejor preparación a futuro. En ese sentido, es importante poder adecuar y en ocasiones hasta demoler las edificaciones actuales de una manera eficiente y rápida, que permita la construcción inmediata de la nueva obra constructiva.

Dado lo anterior, es de suma importancia tener una metodología que sea capaz de producir una eficiente demolición de puentes, edificios, estadios, unidades habitacionales, etc. Durante esta investigación se desarrolló una metodología práctica y eficiente para demoler puentes vehiculares de manera mecánica.

La metodología propuesta está compuesta por cuatro fases de demolición, las cuales incluyen la recopilación de información sobre el puente a demoler, realizar un análisis del sitio donde se ubica el puente, una evaluación de las alternativas para la demolición del puente, finalizando con la planeación y ejecución de la demolición.

Tomando como base el objetivo fundamental de la presente investigación, así como los principales resultados obtenidos durante su desarrollo, es posible concluir lo siguiente:

- a) Es fundamental contar con la información técnica sobre la estructura a demoler para conocer el comportamiento estructural; por lo tanto, entre mas información se tenga y se realice un buen estudio de ésta, se puede definir su comportamiento estructural y poder lograr un mejor resultado de demolición. Con esta información se planea el objetivo de la demolición estructural de acuerdo a los tiempos, maquinaria, personal, equipo, etc.

- b) El sitio de ubicación de la estructura a demoler juega un papel muy importante, de igual manera las estructuras aledañas que la rodean. La importancia de conocer las estructuras que físicamente no se unen como son las líneas de interferencias de tubería de diferentes servicios, etc.

- c) La evaluación de los diferentes equipos y maquinarias a emplear en esta demolición es un reto pues se busca que cumpla con el objetivo fundamental de demolición del puente vehicular, esto es porque engloba todos los factores que lleven a un buen y mejor resultado de demolición.

- d) La ejecución de demolición contempla contar con una excelente planeación, en la cual el resultado final integra los resultados para lograr una demolición eficiente, ya que se deben cumplir los tiempos indicados en dicho periodo de demolición, de igual manera porque debe contemplar el costo y la mejor aplicación de demolición estructural.

5.2 Recomendaciones Generales para el proceso de demolición

En toda demolición con el empleo de los elementos mecánicos es necesario que se tenga y que se apliquen las medidas de seguridad requeridos durante el proceso de la demolición. Tales medidas irán variando de acuerdo a las características generales de la estructura y su ubicación. Es conveniente que dichas medidas se ajusten al reglamento de construcción vigente.

Una vez que sea aplicada la técnica de demolición con el apoyo de los elementos mecánicos es necesario tener presente el impacto ambiental que dicha demolición este arrojando durante su proceso, es por eso que debe prevenirse tal efecto, o de inmediato se deberá atacar este punto, que puede ser un factor importante y que influya en el avance de la demolición.

Otro punto importante durante el proceso de demolición con el apoyo de los elementos mecánicos, será la colindancia que pudiera existir con los otros inmuebles. Esta colindancia es sumamente importante y decisiva en el plan de ataque que se lleve a cabo. En función de la cercanía de ubicación de la colindancia, será el plan que se lleve a cabo de demolición, con el objetivo de no afectar en ningún aspecto a las infraestructuras aledañas.

Otro aspecto será la "altura" de la estructura que se pretenda demoler, ya que esta dependerá su demolición. Es importante que debamos planear la demolición de la estructura y analizar el número de tramos y claros a demoler. Se debe tener presente durante el proceso de demolición el mantenimiento que se les dé a los equipos de trabajo y a las herramientas que sean utilizadas. Esto es muy importante y dependerá el éxito de dicha demolición. Es un aspecto importante desde el punto de vista económico con respecto a los tiempos y avances.

Otro punto base en la demolición es la mano de obra, pues se debe tener personal capacitado con experiencia tanto en la herramienta como en el equipo de las máquinas a usarse, pues es parte del éxito de la demolición y el objetivo a cumplirse de tal terminación.

La técnica de demolición con el apoyo de los elementos mecánicos (excavadora con cizalla y excavadora con martillo), es considerada como recuperable en su proceso durante su desarrollo. Es conveniente que al inicio de toda demolición con el apoyo de los elementos mecánicos se realice un desmantelamiento parcial de la estructura que se vaya a demoler, con el fin de reducir cargas permanentes, de tal manera que se tenga una estabilidad y un equilibrio estructural. Debe realizarse dicho desmantelamiento de la estructura con personal con experiencia en esta área.

BIBLIOGRAFÍA

1. Evaluación de los Métodos de Demolición del Distribuidor Vial Revolución, UANL, FIC, IIC, Ref. PIE-F-11-07-147.
2. Estudio Dictamen del Distribuidor Vial Revolución, en Torreón Coahuila, UANL, FIC, IIC, Ref. PIE-F-11-05-185/016.
3. Técnicas generales para obras de carreteras y puentes, pliego de presentación año 2002 vigente, orden fom / 1382 / 02, Demoliciones 301, 301.1 Def.
4. Demolición de Edificios por Implosión, Casanova del Ángel Francisco, Rosas Sánchez María Elena, Martínez Salazar Luis Ángel, Copyright 2002.
5. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Diario Oficial de la Federación. 1993. Título sexto, Arts. 202 al 212.
6. Demolición de Edificios dañados por medio de explosivos. Tesis Profesional. José Santiago Vargas, UNAM, p. 14-17.
7. Demolición de Edificios mediante explosivos. 1986. Seminario de orientación. Rolando Salinas. Comportamiento de las estructuras.
8. Uso de los explosivos en Obras de Ingeniería Civil. 1997. Fundación ICA, SA., y Sociedad Mexicana de Mecánica de Rocas, AC.
9. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano. Mayo de 1986. Programa operativo para la ejecución de la demolición del edificio ubicado en Monterrey núm. 158. México, D.F.

10. Manual para el uso de explosivos. Octubre de 1973. Centro regional de ayuda técnica (RTAC), Agencia para el desarrollo Internacional (AID), Departamento de Estado de los Estados Unidos de Norteamérica. Compañía editorial Continental, S.A. México.
11. Vargas Gabino, José Santiago. 1992. Demolición de edificios dañados por medio de explosivos. Tesis profesional UNAM.
12. Gustafsoon, Rune. 1977. Técnica sueca de voladuras. Editorial Nora. Suecia.
13. Pedro Serralta González, Fundación Laboral de la Construcción, Tornapunta Ediciones, S.L.U. ESPAÑA.
14. Demolición Mecánica y sus tipos., EXFAL, FLOREAL Y ALVAREZ S.L. EMPRESA DE DERRIBOS Y DEMOLICIONES.
15. Decret du 7 Août 1948. Mesures particulieres de securite applicables sur les chantires de demolition et de destruccion de munitions. Fecha de publicación en el Diario Oficial Francés, el 29 de Septiembre de 1948.
16. Code of practice for Demolition of Buildings, year 2004, Published by the Buildings Department Japan, Printed by the Government Logistics Department.
17. Guía de Buenas Prácticas Ambientales en Construcción y Demolición de la Región de Murcia.
18. Manual para la elaboración de un estudio de Seguridad y Salud, D. Antonio L Mármol Ortuño.
19. Demolición y derribos, Pedro Serralta González, 1º Edición, Septiembre 2008, S.L.U. España.

20. Guía Práctica del proyecto de Demolición, Carlos Madrid Ruiz, D. Javier A. Domínguez A., D. Gabriel A. Ros A., Universidad Politécnica de Cartagena, Ingeniería Técnica Civil., Marzo 1995.
21. www.hidrodemolicion.es
22. www.ipphidrodemolicion.com
23. http://www.kajima.co.jp/csr/contents_e/ctg02/index.html#05
24. www.interempresas.net
25. www.fueyoeditores.com/webapps/fueyodemol/demol.jsp?idnot=423
26. www.construaprende.com/tesis02/2006/09/55-reparaciones.html.
27. <http://www.jornada.unam.mx/2008/01/25/index.php?section=estados&article=031n3est>.
28. http://www.vanguardia.com.mx/diario/noticia/torreon/coahuila/inicia_hoy_demolicion_del_distribuidor_vial_revolucion_en_torreon/106811.
29. Demolición profesional, la herramienta adecuada para cada trabajo, 2006, Atlas 3390 3302 05 © 2006, Atlas Copco Construction Tools GmbH, Essen, Germany, www.atlascopco.com/cto.
30. Architects e Engineers. 29 Structural & Civil, Engineers Cite Evidence for Controlled Explosive Demolition in Collapses of All 3 WTC High-Rises on 9/11, June 17, 2009.
31. KAJIMA, Waste Reduction Initiatives Striving for Zero Emissions, KAJIMA CRS Report 2008, and KAJIMA Meeting Diverse Challenges with Integrated Strengths Corporation Annual Report 2009.
32. Demoliciones Mecánicas, Demolición de un tiempo record de la antigua tarazona textil (Zaragoza), Demolición y Reciclaje N° 39 Febrero 2008.

33. Herramienta de demolición para una excavación para una excavación hidráulica, Oficialía Española de patentes y marcas, ES 2073549.
34. Trabajos de demolición con maquinaria, practicas seguras en la industria de la construcción, Asociación Valenciana de empresarios, maquinaria, construcción y obras públicas, España. Organización Internacional del trabajo, PG07 Y 08.
35. Demolición de edificios, José María Castañares Gandía, 11-01-2000, N| 67 del suplemento quincenal Habital del día del mundo.
36. Controlled demolitions for tenaris tamsa steel plant in Mexico, Reprinted from concrete openings, vol. 15, Nº 2, June 2006.
37. NTP 258: Prevención de riesgos en demoliciones manuales. O.I.T. Seguridad en la Construcción y Obras Públicas, Ginebra, O.I.T., 1972, 382 pág.
38. ANDREONI, Seguridad en la Construcción de edificios, Roma, ENPI, 1977, 692 pág. NTP 258.
39. S. E. O. P. A. N., Manual Técnico de Prevención de Riesgos Profesionales en la Construcción, Madrid, S.E.O.P.A.N. (s.a.). NTP 258.
40. Puentes Mixtos, Estado actual de su tecnología y análisis, Comunicaciones y mesas redondas de la III Jornadas Internacionales, Madrid 22-26 de enero de 2001, Dirección y edición, Julio Martínez Calzón.
41. VD Voladuras y Demoliciones s.a. Áridos reciclados, s.a., Cañamarejo, 4 y 6, 28110 Algete – Madrid, 4 Congreso Nacional de demolición y reciclaje, El proyecto de demolición, Adolfo García Alonso, www.voladurasydemoliciones.com.
42. Manual de especificaciones técnicas generales para la construcción de caminos de bajo volumen de transito, Año de la construcción democrática, Sección 202B (2005), Demolición y remoción.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Demolición manual empleando mazo mediano.	6
Figura 2 Métodos de demolición.	14
Figura 3 Operación de maquina en demolición.	15
Figura 4 Operación de maquina en demolición.	15
Figura 5 Rompedores de percusión.	18
Figuran 6 Tipos de puntas rompedoras para diversos propósitos.	18
Figura 7 Figura de puente vehicular para aplicación de metodología propuesta.	36
Figura 8 Vista en corte de la sección completa del viaducto del puente vehicular a demoler.	38
Figura 9 Etapa dos de demolición (Sección 1: demolición de ambas alas laterales).	38
Figura 10 Secuencia y nomenclatura para etapa dos de demolición mecánica del puente vehicular.	38
Figura 11 Etapa tres de demolición (Sección 2: demolición y corte de ductos laterales).	39
Figura 12 Etapa tres de demolición (Sección 3: demolición de núcleo y ductos centrales).	39
Figura 13 Secuencia y nomenclatura para etapa tres de demolición del puente vehicular.	39
Figura 14 Demolición de ala exterior del viaducto (Disminución de área en volado).	44
Figura 15 Demolición de alas del viaducto del claro central primario.	44
Figura 16 Demolición de alas del viaducto del claro central primario, controlado y en equilibrio.	44
Figura 17 Demolición de las alas del viaducto central de mayor claro, el cual es adyacente al claro central primario del puente vehicular.	45
Figura 18 Demolición de las alas del viaducto central de menor claro, el cual es adyacente al claro central primario del puente vehicular.	46
Figura 19 Demolición de las alas del viaducto secundario de mayor claro, el cual es adyacente al claro central de mayor claro del puente vehicular.	47
Figura 20 Demolición de las alas del viaducto secundario de menor claro, el cual es adyacente al claro central de menor claro del puente vehicular.	48
Figura 21 Demolición de las alas del tramo terciario, el cual es adyacente al tramo secundario de mayor claro del puente vehicular.	49

Figura 22 Demolición de las alas del tramo de estribo sur.....	50
Figura 23 Demolición de las alas del viaducto del tramo de estribo norte.....	51
Figura 24 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central primario.	54
Figura 25 Demolición y corte total del viaducto central primario, en posición en cantiléver.	54
Figura 26 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central de mayor claro.....	56
Figura 27 Corte y demolición total del viaducto central de mayor claro.....	56
Figura 28 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central de menor claro.....	58
Figura 29 Demolición y corte total del viaducto central de menor claro.	58
Figura 30 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto secundario de mayor claro.	60
Figura 31 Demolición y corte total del viaducto secundario de mayor claro.....	60
Figura 32 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto secundario de menor claro.	62
Figura 33 Demolición y corte total del viaducto secundario de menor claro.....	62
Figura 34 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto terciario.....	64
Figura 35 Demolición y corte total del viaducto terciario.	64
Figura 36 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto de estribo sur. ...	66
Figura 37 Demolición y corte total del viaducto de estribo sur.....	66
Figura 38 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto de estribo norte.	68
Figura 39 Demolición y corte total del viaducto de estribo norte.	68
Figura 40 Demolición de viaductos con martillo en una posición más cómoda.....	68
Figura 41 Ubicación de la ciudad de Torreón Coahuila.....	70
Figura 42 Ubicación de puentes vehicular a demoler.....	70
Figura 43 Vista panorámica de puente vehicular a demoler.	71
Figura 44 Vista en corte de la sección completa del viaducto del puente vehicular a demoler.....	73
Figura 45 Etapa dos de demolición (Sección 1: demolición de ambas alas laterales).	73

Figura 46 Secuencia y nomenclatura para etapa dos de demolición del puente vehicular.	73
Figura 47 Etapa tres de demolición (Sección 2: demolición y corte de ductos laterales)....	74
Figura 48 Etapa tres de demolición (Sección 3: demolición de núcleo y ductos centrales).	74
Figura 49 Secuencia y nomenclatura para etapa tres de demolición del puente vehicular.	74
Figura 50 Etapa de instrumentación (colocación de micrómetros y medición de grietas).	77
Figura 51 Etapa de trazo y referencia de trayectoria del presfuerzo para atapas de demolición.	77
Figura 52 Etapa de trazo y referencia de trayectoria del presfuerzo.	78
Figura 53 Demolición de ala exterior del viaducto central primario (Disminución de área en volado).	80
Figura 54 Demolición de ala interior del viaducto central primario (Disminución de área en volado).	80
Figura 55 Demolición de ala exterior del tramo central de mayor claro.	82
Figura 56 Demolición de ala interior del tramo central de mayor claro.	82
Figura 57 Demolición de ala exterior del tramo central de menor claro.	84
Figura 58 Demolición de ala interior del tramo central de menor claro.	84
Figura 59 Demolición de ala exterior del tramo secundario de mayor claro.	86
Figura 60 Demolición de ala interior del tramo secundario de mayor claro.	86
Figura 61 Demolición de ala exterior del tramo secundario de menor claro.	88
Figura 62 Demolición de ala interior del tramo secundario de menor claro.	88
Figura 63 Demolición de ala exterior del tramo terciario.	90
Figura 64 Demolición de ala interior del tramo terciario.	90
Figura 65 Demolición de ala exterior del tramo de estribo sur.	92
Figura 66 Demolición de ala interior del tramo de estribo sur.	92
Figura 67 Demolición de ala exterior del tramo de estribo norte.	94
Figura 68 Demolición de ala interior del tramo de estribo norte.	94
Figura 69 Demolición y corte total del viaducto central primario.	97
Figura 70 Demolición y corte total del viaducto central primario, en cantiléver.	97
Figura 71 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central de mayor claro.	99

Figura 72 Corte y demolición total del viaducto central de mayor claro.....	99
Figura 73 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto central de menor claro.....	101
Figura 74 Corte y demolición total del viaducto central de menor claro.....	101
Figura 75 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto secundario de mayor claro.	103
Figura 76 Corte y demolición total del viaducto secundario de mayor claro.	103
Figura 77 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto secundario de menor claro.	105
Figura 78 Corte y demolición total del viaducto secundario de menor claro.	105
Figura 79 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto terciario.....	107
Figura 80 Corte y demolición total del viaducto terciario.....	107
Figura 81 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto de estribo sur. .	109
Figura 82 Corte y demolición total del viaducto de estribo sur.	109
Figura 83 Demolición y corte de ambas secciones laterales del viaducto de estribo norte.	111
Figura 84 Corte y demolición total del viaducto de estribo norte.....	111
Figura 85 Demolición de viaductos y estribos con martillo en posición más cómoda.....	112
Figura 86 Demolición de viaductos y columnas con martillo.....	112