

300615
14
2ey



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la U. N. A. M.

DEMOLICION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO

(ADECUACION A LA PROBLEMÁTICA ORIGINADA POR LOS SISMOS
DEL 19 Y 20 DE SEPTIEMBRE DE 1985)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
PRESENTA

FRANCISCO JAVIER OLIVARES PRUD'HOMME

MEXICO, D. F.

1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

"DEMOLICION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO" (ADECUACION A LA PROBLEMÁTICA ORIGINADA POR LOS SISMOS DEL 19 Y 20 DE SEPTIEMBRE DE 1985)

	PAGINA
INTRODUCCION	
CAPITULO 1. EVALUACION DE LOS DAÑOS EN EDIFICIOS CAUSADOS POR LOS SISMOS DEL 19 Y 20 DE SEPTIEMBRE DE 1985	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Cuantificación de los daños	10
1.3. Lista de edificaciones a ser demolidas	13
CAPITULO 2. PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS DAÑOS POR SISMO EN UNA ESTRUCTURA	31
2.1. Generalidades	31
2.2. Período natural de vibración	32
2.3. Amortiguamiento viscoso	33
2.4. Curvas carga-deformación inelástica de una estructura	34
2.5. Características desfavorables de una es - tructura	37
2.6. Características de materiales de construc ción	53
2.7. Comportamiento de Sistemas Estructurales	56
2.8. Tipo de Daños	61
CAPITULO 3. ETAPAS PREVIAS A UNA DEMOLICION	70
3.1. Generalidades	70

3.2. Contratos y Responsabilidades del dueño	71
3.3. Contratos y Responsabilidades del Contratista	78
3.4. Trabajos preeliminares	82
CAPITULO 4. METODOS DE DEMOLICION	86
(ESTUDIO COMPARATIVO)	
4.1. Generalidades	86
4.2. Explosivos	86
4.3. Bola y Grúa	90
4.4. Equipos de Presión Expansiva	90
4.5. Lanza Térmica	93
4.6. Sierras y Taladros de Diamante	95
4.7. Herramientas manuales de percusión	96
4.8. Rompedores Hidráulicos y Neumáticos montados en Máquinas	97
4.9. Chorro de Agua	99
4.10 Otros Métodos de Demolición	99
CAPITULO 5. ELECCION DEL SISTEMA DE DEMOLICION	102
5.1. Generalidades	102
5.2. Experiencias de los Sistemas de Demolición utilizados en los Edificios de Concreto dañados por los Sismos del 19 y 20 de Septiembre	103
5.3. Características de la Estructura que será demolido	117
5.4. Demolición de la Estructura mediante el sistema tradicional	123
5.5. Teoría de la demolición de estructuras de concreto con el uso de explosivos	225
5.6. Demolición de la Estructura con el uso de explosivos	244
5.7. Evaluación	294

CAPITULO 6. SEGURIDAD Y SALUD EN LAS DEMOLICIONES	296
6.1. Generalidades	296
6.2. Precauciones en un trabajo de demolición	296
6.3. Salud en la demolición	302
6.4. Secuencia de Inspección de Seguridad y Salud en cualquier demolición	306
6.5. Mejoramiento de las condiciones de trabajo	309
CAPITULO 7. RECICLADO DE CONCRETO REFORZADO PRODUCTO DE UNA DEMOLICION	311
7.1. Generalidades	311
7.2. El concreto reforzado de demolición como materia prima	312
7.3. Elementos de Concreto reforzado de demoli- ción en estructuras	322
CONCLUSIONES	328
REFERENCIAS	

I N T R O D U C C I O N

Ser Ingeniero, es darse cuenta de las necesidades o carencias que pueden satisfacerse mediante estructuras, procesos o dispositivos físicos, teniendo la capacidad creativa para inventar soluciones, así como el criterio para seleccionar la opción más adecuada tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Partiendo del criterio anterior, el presente trabajo pretende provocar la inquietud, de la necesidad de investigación en el campo de la Demolición en México, con el fin de adoptar o crear sistemas de demolición que se adecúen a la realidad de la construcción en el país.

Antes del 19 de Septiembre de 1985 nunca se había planteado en la Ciudad de México, la posibilidad de demoler una gran cantidad de edificaciones dentro de un corto lapso de tiempo. A raíz de los sismos de Septiembre surge la necesidad de estos trabajos como consecuencia de los graves daños que sufrieron cerca de Quinientas edificaciones que en su mayoría eran de concreto reforzado.

Ante tal problemática nos dimos cuenta que dentro de este campo se tenían muy pocas experiencias y que en realidad no contábamos con la infraestructura y técnica necesaria para realizar estos trabajos, por lo que nos vimos en la necesidad de pedir asesoría extranjera o simplemente improvisar, lo que repercutió enormemente en el costo de tales demoliciones, siendo esto una gran desventaja para la situación actual del país.

Por otro lado, es importante resaltar que en México difícilmente encontramos bibliografía al respecto, así como estudios que nos lleven a trabajar eficazmente en este campo.

Por lo cual en este estudio planteamos una metodología a seguir en este tipo de trabajos y damos énfasis a algunos factores que son importantes para su optimización. A su vez, con base en una investigación de diversos sistemas de demolición que se han venido desarrollando principalmente en Europa y Estados Unidos, planteamos dos sistemas acordes con la realidad del país.

En este trabajo únicamente nos dedicamos a la demolición de estructuras de concreto reforzado y no contemplamos la demolición de estructuras de acero y concreto presforzado, por considerarlas que ameritan un estudio aparte.

El objetivo general de esta Tesis es la determinación de un método moderno y práctico para la demolición de los edificios más dañados durante los Sismos del 19 y 20 de Septiembre de 1985. El trabajo consta de siete capítulos donde:

En los primeros dos capítulos nos dedicamos a analizar los orígenes y causas de los Sismos de Septiembre de 1985, evaluamos los daños ocasionados en la Ciudad por éstos y resaltamos aspectos de diseño estructural que consideramos importantes para el comportamiento sísmico de las edificaciones y su influencia en los diversos tipos de daños que se presentaron.

A continuación hablamos de las etapas previas a una demolición, donde consideramos que éstas son fundamentales para la obtención de buenos resultados en las demoliciones.

Enseguida abordamos un punto de referencia importante, el estudio de los Sistemas de Demolición más versátiles que se han venido desarrollando en diversas partes del Mundo.

El capítulo Quinto al cual consideramos el alma de la Tesis, planteamos y comparamos en un análisis Costo Tiempo dos sistemas de demolición, que con base en la investigación realizada y las experiencias recopiladas concluimos

que son los más acordes con la realidad de la Industria de la Construcción en México. Estos son el Sistema Tradicional y el Sistema a base de explosivos. Para realizar esta confrontación decidimos plantear una estructura con todas sus características físicas para ser demolida utilizando los dos métodos.

A continuación se analiza un factor que es fundamental en los trabajos de demolición, éste es el de la Seguridad y Salud del Trabajador.

Por último realizamos un estudio del reciclado del concreto reforzado en cuál en un futuro puede llegar a ser un factor económico importante en la amortización del Costo de la Demolición.

CAPITULO 1

EVALUACION DE LOS DAÑOS EN EDIFICIOS CAUSADOS POR
LOS SISMIOS DEL 19 Y 20 DE SEPTIEMBRE DE 1985

1.1. GENERALIDADES

El 19 de Septiembre la Ciudad de México se vió asolada por un terremoto de gran magnitud, el cual causó graves daños en ésta así como en la proximidad del epicentro; su foco fué localizado a unos 35 kms de profundidad y distó a unos 400 kms de la Ciudad de México frente a las costas de Michoacán y Guerrero.

Fig. 1.1.

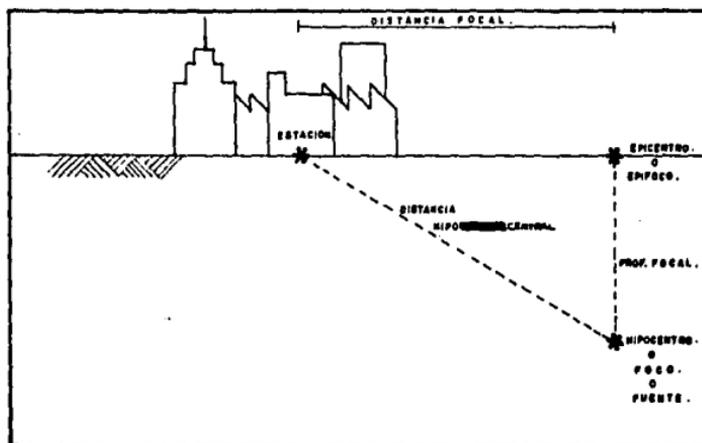


FIG. 1.1 EPICENTRO Y FOCO .

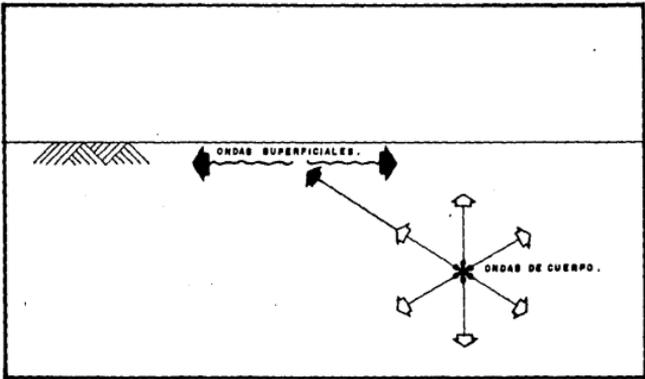


FIG. 1. II ONDAS SISMICAS.

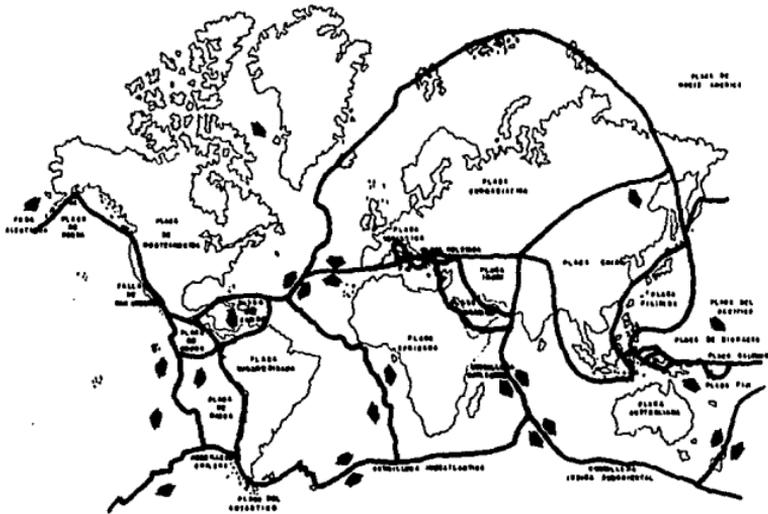
Un sismo es una vibración de la tierra, que puede ser producida por diversas causas: colapso de techos de caverna, erupciones volcánicas, acomodamiento de la corteza terrestre y otras. Los más importantes, desde el punto de vista ingenieril, por su gran intensidad y por los problemas que provocan a las construcciones, son los sismos de origen tectónico, debido al acomodamiento de la corteza terrestre. Este acomodamiento se puede explicar mediante la Teoría de la Tectónica de Placas.

(Ref. 4)

La República Mexicana se encuentra delimitada por cuatro diferentes placas tectónicas que son: la placa de Norte América, la placa de Cocos, la placa del Pacífico y la placa del Caribe .

Fig. 1.2.

PLACAS QUE CONSTITUYEN LA CORTEZA TERRESTRE



El terremoto se originó en la Costa del Pacífico donde se encuentra una frontera entre dos placas, la Oceánica denominada de Cocos que tiende a penetrar debajo de la Continental llamada placa de Norteamérica; se tiene registros que la placa de Cocos penetra en movimiento horizontal bajo la placa norteamericana a razón de 7.5 cms cada año.

El contacto entre dichas placas hace que la tendencia a movimiento entre ellas se vea frenado, acumulándose energía durante un cierto tiempo, hasta que, al vencerse la resistencia de las rocas, se produce un movimiento brusco a lo largo de este contacto, liberándose la energía acumulada en forma de ondas vibratorias que producen los temblores.

Ref. 4

Fig. 1.3.

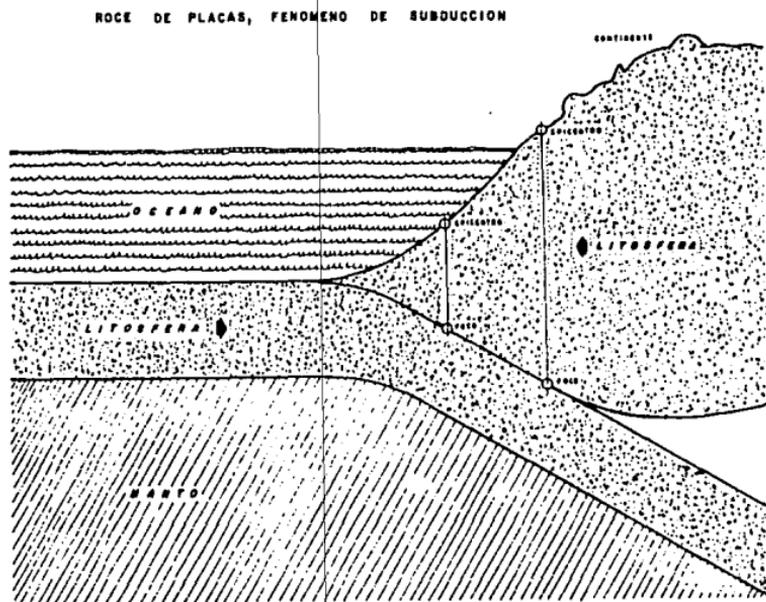


FIG. 1.3

El sismo del 19 de Septiembre tuvo algunas características desusadas en relación a otros de gran intensidad que han afectado a la Ciudad de México en épocas recientes, en las cuales se cuenta con información confiable, producto de la medición con instrumentación moderna.

La primera característica es el período medio del sismo, que se ha establecido en 2 segundos. La segunda fué la larga duración del fenómeno y el hecho de que durante casi un minuto se produjeron sacudidas de aceleración similar, con un ritmo desusadamente uniforme.

Las mediciones indican que una treintena de estas sacudidas intensas tuvieron lugar rítmicamente, con el mismo período y aceleración similar.

La concordancia entre el período de la vibración sísmica y el natural de la masa arcillosa correspondiente a la Zona Centro de la Ciudad, más la continuada repetición rítmica de la excitación, hicieron que la masa de arcilla entrara en un movimiento semejante al de una resonancia teórica o que, en cualquier caso, se produjeran en la masa de arcilla amplitudes de vibración crecientes y completamente inusuales respecto a lo sucedido en otros temblores de importancia.

Hay motivos para creer que en la zona cubierta por un acelerógrafo situado en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el terreno natural sufrió vaivenes máximos de 40 cms y que las amplitudes pudieron haber sido mayores en alguna otra zona del centro de la Ciudad. Así, la masa arcillosa que había actuado como amortiguador en otros temblores de período de vibración menor, actuó en esta ocasión como amplificador del terremoto.

Es muy importante evaluar los efectos del sismo en las construcciones de la Ciudad de México, pero hay que tomar en cuenta que la cantidad y calidad de información que se pudo re-

copilar sobre las estructuras dañadas no fué muy precisa, debido a que por un lado, los edificios derrumbados sólo permitían identificar rasgos someros de su estructuración y por otro lado la casi totalidad de los edificios gravemente dañados se encontraban en condiciones que impedían una inspección cuidadosa desde el interior.

Los daños ocurridos los podemos clasificar en:

- A) Colapso total o parcial de la construcción
- B) Daños estructurales extremadamente graves
- C) Daños estructurales severos
- D) Daños menores

Con base en lo anterior podemos hacer una distribución geográfica del daño en la Ciudad. En el siguiente mapa podemos observar la distribución de las edificaciones que sufrieron colapso total o parcial y de aquellas en las que el daño fué extremadamente grave, el área incluida en la zona de alta densidad de colapsos y de daños graves es de aproximadamente 23 Km².

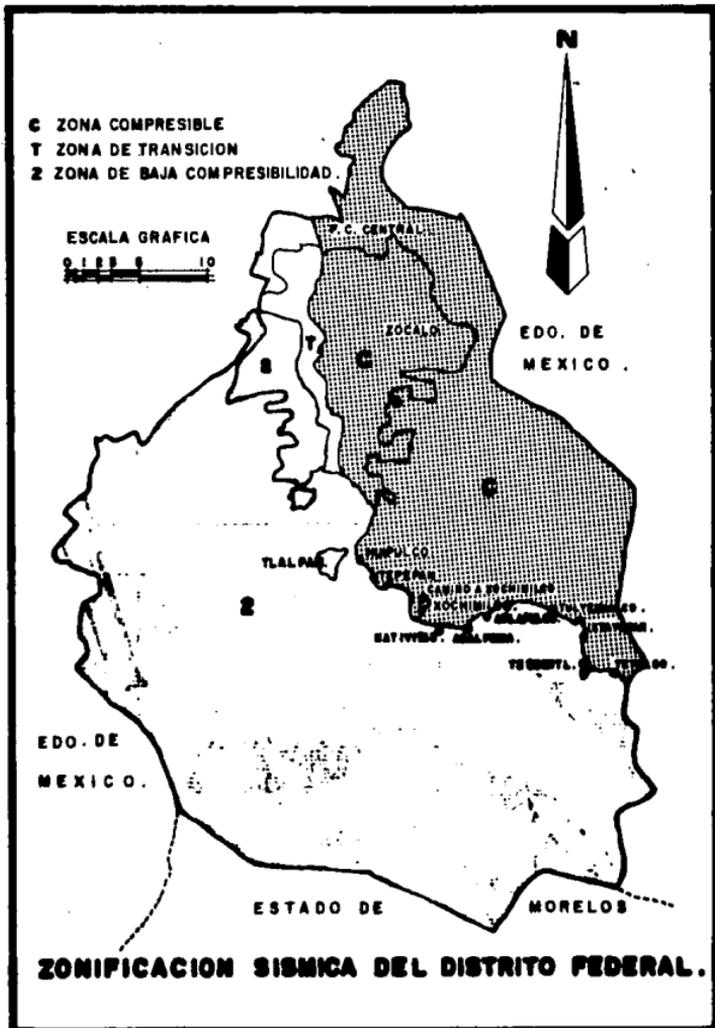
Fig. 1.4.

Por otro lado, existe una clara relación entre la distribución geográfica del daño y el tipo de subsuelo. En el siguiente mapa podemos observar la zonificación establecida por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal donde se definen 3 tipos de suelo en términos de espesor de la capa comprensible superficial, encontramos una zona de terreno firme para aquellos lugares donde hay un máximo de 3m de material comprensible sobre el terreno firme, ya sea de roca o tepetate, una zona de transición definida como aquella que tiene entre 3 y 20 m de material comprensible y por último una zona blanda o comprensible donde hay más de 20 m de arcilla comprensible sobre las capas firmes profundas.

El área dañada se encuentra ubicada totalmente en la zona de terreno comprensible de la cuenca del Valle de México y fuera de esta zona sólo se tuvieron noticias de daños leves.

En los sismos ocurridos en la Ciudad se ha observado que la intensidad en la zona blanda es mucho mayor que en las zonas firmes y de transición, ya que los mantos de arcilla filtran y amplifican los movimientos que llegan de las costas del Pacífico.

Fig. 1.5.



1.2. CUANTIFICACION DE LOS DAÑOS

Diversos organismos realizaron evaluaciones cuantitativas y estudios estadísticos de los daños, así como la determinación de las zonas más afectadas. El Instituto de Ingeniería de la UNAM publicó una serie de informes en este sentido (Ref. 6); así mismo el Grupo ICA realizó un estudio muy completo sobre la zona de mayor afectación, relacionando los daños observados con el total de los edificios existentes en esa zona, encontrándose que porcentualmente el número de construcciones seriamente dañadas, presentando ya sea, colapso total, parcial o daño grave que amerite restauración importante o demolición del inmueble, es solamente de 1.4% de las existentes; pero al analizar los daños en función del número de niveles de los edificios, se encontró un porcentaje mucho más elevado para edificios de mediana altura que para construcciones bajas, hasta cinco niveles o para edificios altos, de más de quince pisos.

El estudio abarca diez sectores delimitados por el Circuito Interior al Norte y al Poniente; por Av. División del Norte y Eugenia al Sur y por Av. Circunvalación y Calzada de la Viga al Oriente, con una superficie aproximada de 43 km². En los diez sectores se localizaron 757 construcciones con el tipo de daño antes citado, de un total de 53,358, por lo que de una de cada 71 edificaciones de la zona se dañó seriamente (1.4%); sin embargo, de los edificios existentes se dañaron: 8.4% de los 6 a 8 niveles, 13.5% de los 9 a los 12 niveles y 10.4% de los de más de 12 niveles, lo que equivale, en promedio, a que uno de cada 10 edificios de más de 6 niveles tuvo daños graves, principalmente debido a razones de resonancia. Cabe mencionar que de las 757 edificaciones censadas, 346 corresponden a estructuras de uno y dos niveles, la gran mayoría de las cuales son casas o vecindades de "renta congelada", que tenían agrietamientos y deterioro importante por falta de mantenimiento adecuado, desde antes del sismo; a pesar de su número elevado sólo presentan el 1% de las construcciones de esa altura

existente, pues son, por mucho las que más hay en la ciudad.

Las estadísticas del Instituto de Ingeniería de la UNAM coinciden considerablemente con las del Grupo ICA en cuanto al número de edificios de más de 6 niveles dañados, aunque las zonas consideradas no son exactamente las mismas. En el estudio del Instituto de Ingeniería se trató de establecer una correlación entre los daños y la edad de las construcciones en relación con los distintos reglamentos que han regido las edificaciones de la Ciudad, encontrándose que el 83% de las dañadas fué construido antes de 1976 y 17% restante era posterior a esa fecha, lo que aparentemente indica que el reglamento que estaba en vigor era más adecuado.

No obstante habría que tomar en cuenta el porcentaje de edificios dañados con respecto a los construídos para poder afirmar lo anterior y que los más antiguos pueden haber estado debilitados por sismos previos y por efecto de hundimientos diferenciales.

Tabla 1.1.

TABLA 1.1. ESTADISTICA DE DAÑOS EN EDIFICIOS

Tipo de Estructuración	Daño	Año de construcción			No. de pisos				Total colapsos o muy severos
		1957	57-76	1976	5	6-10	11-15	15	
Marcos de concreto	Colapso	35	59	13	36	62	9	0	107
	Muy severo	9	19	7	8	23	4	1	36
Marcos de Acero	Colapso	5	4	0	4	2	1	2	9
	Muy severo	1	0	0	0	0	1	0	1
Losa Plana	Colapso	3	35	12	23	23	4	0	50
	Muy severo	5	20	11	9	18	8	0	35
Mampostería	Colapso	0	1	1	1	1	0	0	2
	Muy severo	2	4	2	6	2	0	0	8
Otros	Colapso	0	1	1	1	1	0	0	2
	Muy severo	2	4	2	6	2	0	0	8
SUMA	Colapsos y muy severos	69	149	47	101	134	27	3	265

Estos datos corresponden a los casos de colapsos totales o parciales y a los de falla estructural probablemente irreparable.

Por lo que se refiere al número de pisos se observa que la mayor cantidad de fallas se concentran en las construcciones entre 6 y 15 pisos. Según el estudio del Instituto, el número de edificaciones colapsada de 5 o menos pisos fué relativamente bajo si se considera que en este grupo se encuentran la gran mayoría de las construcciones existentes. También son muy pocas las edificaciones de más de 15 pisos que sufrieron daños graves o colapsos, a su vez, es importante aclarar que fué común el caso de daños graves que fueron total o parcialmente propiciados por construcciones vecinas, ya sea que golpearon, se recargaron en el edificio o materialmente se derrumbaron encima de él, a esto se debe un número significativo de los casos de daños en edificios de 5 niveles o menos.

La concentración de fallas en edificios de 6 a 15 pisos se refleja en el hecho de que en la zona de terreno comprensible el movimiento del terreno tuvo períodos dominantes muy largos que se asemejan a los períodos de respuesta de los edificios de mediana altura, ocasionando daños que redujeron su rigidez hasta provocar el colapso o dañarlos gravemente.

Para finalizar nos damos cuenta que de la realidad de datos que plantea la tabla, el 53% de los daños pertenecen a estructuras de concreto y sólo el 3.77% a estructuras de acero.

1.3. LISTA DE EDIFICACIONES A SER DEMOLIDAS

Tratar de llegar a una lista definitiva de los edificios totalmente destruidos, los que deben ser demolidos y los dañados que pueden ser reparados es muy difícil de determinar

debido a que nos encontramos con información contradictoria y a su vez hay casos donde se puede poner en duda la validez de apreciaciones técnicas para determinar la demolición de ciertas estructuras si no se hace un análisis estructural detallado. Sin embargo, con base en el estudio hecho por la Comisión Metropolitana de Emergencia, podemos determinar que de las edificaciones dañadas en la Ciudad de México:

253 Edificios fueron totalmente destruidos, dentro de los cuales había escuelas, hospitales, edificios públicos, edificios habitacionales, cines, teatros y mercados.

412 Deben ser demolidos (lista anexa) de los cuales:

- 35 son edificios públicos
- 136 son escuelas
- 8 son hospitales
- 37 son cines y teatros
- 187 son edificios privados
- 3 son centros deportivos
- 5 son mercados
- 1 centro deportivo

103 Edificios pueden ser reparados de los cuales:

- 5 son edificios públicos
- 38 son escuelas
- 7 son hospitales
- 17 son cines y teatros
- 35 son edificios privados
- 1 centro deportivo

A continuación presentamos la lista de las edificaciones que deben ser demolidas en la Ciudad de México.

A) EDIFICIOS PUBLICOS

- 1.- Contraloría del DDF, Doctor Río de la Loza No. 148
- 2.- Conjunto Pino Suárez
- 3.- Regencia Cuerpo Sur
- 4.- Tesorería del DDF (Torre de ocho niveles)
- 5.- Francisco Castellanos No. 20
- 6.- San Antonio Abad No. 231
- 7.- Secretaría de Protección y Vialidad, de 20 de Nov.
- 8.- San Antonio Abad No. 124
- 9.- San Antonio Abad No. 136
- 10.- Teléfonos de México, Victoria y Luis Moya
- 11.- Dirección General de Recursos Financieros, SEP en Palma
- 12.- Tacuba No. 45 (ocupado por la SEP)
- 13.- Secretaría de la Reforma Agraria, en Bolívar No. 145
- 14.- Sucursal Banamex en San Antonio Abad 164
- 15.- Sucursal Bancómer, próximo a Banamex en San Antonio Abad 164.
- 16.- Oficinas Ruta 100, Cuauhtémoc 104, estación metro Cuauhtémoc.
- 17.- Edificio 12 niveles, Oficinas Ruta 100 en Av. Chapultepec y Guaymas.
- 18.- Archivo General de Notaria.
- 19.- Calzada de la Viga 1174
- 20.- Tribunal Superior de Justicia.
- 21.- Edificio de Policía, Fray Servando 81.
- 22.- Juzgados de Agustín Delgado 28
- 23.- Iglesia de Fátima.
- 24.- Mitra 90, esquina Córdoba.
- 25.- Reforma 400
- 26.- Izazaga esquina Cuauhtémoc
- 27.- Lafragua 4
- 28.- Manuel Doblado y Miguel Alemán
- 29.- Alfonso Herrera esquina Insurgentes

- 30.- Kola esquina Eje Central, SCOP.
- 31.- Iglesia Sahuayo 96 esquina Talabarteros.
- 32.- Aereonaves, Reforma 445, esquina Mississippi, guardería y almacén.
- 34.- Consejo Tutelar de Menores, Obrero Mundial 76
- 35.- Miguel Laurent y Pitágoras, oficinas Sedue 8 niveles.

B) ESCUELAS

- 36.- López Portillo, en San Antonio y Santa Ursula.
- 37.- Centro de Capacitación SEP en Ahorro Postal.
- 38.- Primaria Secretaria del Trabajo, en Doctor Vertiz y Lavista.
- 39.- Vizcafnas 5 y 21.
- 40.- Primaria Lic. Felipe Rivera, Dr. Andrade y Av. Central.
- 41.- Jose P. Cacho, Río de la Loza 76
- 42.- Escuela de Enfermería Maria Elena Maza Brito, Zatecas 95.
- 43.- José María Villaseca, J. Toribio Medina 129.
- 44.- Primaria Manuel López Cotilla, Miravalle 16
- 45.- Valentín Zamora Orozco, Colima 293.
- 46.- Alberto Correa, Colima 291
- 47.- Instituto Anglo Español, Jalapa 44
- 48.- Primaria Ignacio M. Vallarta, Durango 100
- 49.- Primaria Colegio México, Mérida 50
- 50.- Julio Zárate, Hojalatería 28
- 51.- Guadalupe Ceniceros de Z., Bolivia 56
- 52.- ETI No. 45, Ferrocarriles
- 53.- Escuela de Educación Especial, Calle 4-447
- 54.- Juan Crisostomo Bonilla, Calle 8 sin número.
- 55.- Luis de la Rosa
- 56.- Doctor Cruz Gomez Tagle, San Antonio Tomatlan 72
- 57.- Enrique Pestalozzi, Carmen 70, Col. Morelos
- 58.- 5 de Mayo
- 59.- Ramón Monterola
- 60.- Lic. Felipe Rivero
- 61.- J.N. Inés Villarreal
- 62.- Mi Pequeño Mundo
- 63.- José Murillo Bravo
- 64.- Salvador M. Lima, Avenida del Trabajo 258
- 65.- Fray Melchor Talamantes, Ferrocarril de Cintura esq. Lecumberri

- 66.- Miguel Alemán, Av. del Taller y Jardineros
- 67.- Machtiteopan, Av. Xochitalan Sur 100
- 68.- Victoriano González Garzon, Xalpa Tláhuac
- 69.- Kinder Presidente Calles, Platino y el 14
- 70.- Jardín de Niños Andrés Molina Enríquez, Calle Centenario y Av. Peñón.
- 71.- Secundaria Ezequiel A. Chávez
- 72.- Escuela Platino y el 14
- 73.- Secundaria # 89 (Plomo 195)
- 74.- Secundaria # 277 (Eje 1 Norte)
- 75.- Primaria Eduardo Molina 43
- 76.- Miguel Alemán, Av. del Trabajo
- 77.- Estado de Michoacán, Plomeros 168-Bis
- 78.- Niño de Jesús Guarneros
- 79.- Dirección de Educación Primaria DF No. 2
- 80.- Francisco Javier Clavijero
- 81.- Adolfo López Mateos
- 82.- Elpidio López López
- 83.- General Francisco Mújica
- 84.- Tirso de Molina
- 85.- Batallón de San Blas
- 86.- J. Antonio Torres
- 87.- Fray Melchor de Talamantes, Flores Magón 165
- 88.- Profesor Abel Ganizolivas, Norte 198 y Norte 200
- 89.- Secundaria No. 218, Calzada de Bolívars sin número.
- 90.- Nabor Carrillo P. Retorno 52
- 91.- Mauro Aguirre, Matilde Marquez sin número
- 92.- Estado de México
- 93.- Tlacoquemecatl
- 94.- Enrique C. Rebsamen
- 95.- Xochicalco
- 96.- Mariano Azuela
- 97.- Laos
- 98.- Estado de Chiapas
- 99.- Roslan

- 100.- Bertha Von Glumer
- 101.- Maestro Everardo Cruz
- 102.- Colegio Moderno Alanio
- 103.- Albino Corzo
- 104.- Licenciado Miguel Serrano, República de Cuba 95
- 105.- P.G. 74-21-304, Bolívar 54
- 106.- Jose Manuel Ramos, 5 de Febrero 90
- 107.- Primaria Ignacio Pérez, Peralvillo 37
- 108.- Dolores Correa Zapata, Jaime Nuno 39
- 109.- República Dominicana, Constancia 68
- 110.- ETI 342, Prov. Plaza del Estudiante 6
- 111.- A. Ballesteros Usano, M. González 32
- 112.- Héroes de Chapultepec, Av. Chapultepec 193
- 113.- Mnto. Juan Olguín, Liverpool 40
- 114.- República Mexicana, Abraham González 47
- 115.- Liceo de México, Zacatecas 128
- 116.- Instituto Anglo Español, Sadi Carnot 44 col. San Rafael.
- 117.- Margarita Maza de Juárez, A. Herrera 37, Col. San Rafael.
- 118.- Fray Bartolomé de las Casas, Zaragoza 64, Col. Guerrero.
- 119.- Manuel Flores, Santa María de la Ribera 58, Col. Santa María de la Ribera.
- 120.- Secundaria Club de Leones de la Ciudad de México
- 121.- J.N. Y Sec., Plaza Ola Verde 345
- 122.- Centro de Capacitación para Adultos SEP, Playa Revolcadora 356
- 123.- J.N. Hermilo Novelo, Guillermo Prieto y Santos Degollado.
- 124.- Sor Juana Inés de la Cruz, Sur 103
- 125.- Secundaria # 40, Norte 29
- 126.- Héroes de Xalapoaztla, 21 Norte No. 110
- 127.- Primaria Anahuachotl, Pablo Sidar sin número.
- 128.- Secundaria No. 90, Calle 33 Norte

- 129.- Jardín de Niños Xilomen, Oriente 158 No. 236
- 130.- Estado de Puebla, Playa Aviación 4
- 131.- Jardín de Niños Ricardo Bell, Stand de tiro sin número.
- 132.- Mariano Ponton, Economía esquina Antropología
- 133.- Jardín de Niños Héroes de 1863, Río Churubusco y C.I.
- 134.- Rafael Valenzuela, Calle 35, entre Av. 12 y Av. 10
- 135.- Horacio Mann, Abraham González 51
- 136.- República de Bolivia, Tres Guerra 17
- 137.- Agustín Rivera, Arcos de Belen 45
- 138.- Primaria Fray Pedro de Gante, Regina 86
- 139.- Primaria Angel María Garibay, Regina 79
- 140.- Primaria Simón Bolívar, Bolívar 162
- 141.- República Popular de China, Plazuela de la Revolución.
- 142.- Primaria José Levy, Genaro García 63, Col. J. Balbuena.
- 143.- Primaria Jorge Washington, Autotaller, Col. Balbuena V.C.
- 144.- Jardín de Niños Florida
- 145.- Joaquín García I.
- 146.- República de Panamá, Carmen 39
- 147.- Sara Manzano, Carmen 63
- 148.- Alfredo Uruchurtu, Manuel Doblado 75
- 149.- Rodolfo Menendez, San Idelfonso 59
- 150.- Luis Murillo, Inés 7
- 151.- Primaria Gladiolas y Rosas, Pedregal Santo Domingo.
- 152.- Centro Educativo No. 27, Isabel La Católica 672
- 153.- J.N. Estado de Guanajuato, Viaducto y Av. Morelos Col. Magdalena Mixhuca.
- 154.- Secundaria Diurna 264
- 155.- Secundaria Carlos Marx
- 156.- Preparatoria San Luis Potosí 154-A

- 157.- Preparatoria 154-B
- 158.- Colegio Madrid
- 159.- J.N. Volcán Lanin, Sur sin número esq. Volcán Tuxtla.
- 160.- Salvador Díaz Mirón 156
- 161.- Escuela Inglesa Kent
- 162.- Instituto Boston, Río Pánuco
- 163.- Sadi Carnot 54
- 164.- Sadi Carnot 67
- 165.- J.N. Julio Verne, avenida Tezontle sin número
- 166.- J.N. Felipe Carrillo Puerto, Av. Tezontle y Sur 147.
- 167.- E.S. Abraham Lincoln, San Antonio Abad y Alva Ixtlixochitl
- 168.- E.P. República de Venezuela, Sur 117-A, manzana 39, lote 44 (Iztaccihuatl)
- 169.- Manuel María Contreras, calle M.M. Contreras 93.
- 170.- Serapio Rendón 97
- 171.- Escuela 765-8520 Av. Morelos 665, Magdalena Mixhuca.

C) HOSPITALES

- 172.- Clínica del ISSSTE en San Antonio Abad No. 164
- 173.- Hospital Juárez
- 174.- Hospital ISSSTE
- 175.- Hospital General de Urgencias Balbuena
- 176.- Central Quirúrgica en Zacatecas No. 236
- 177.- Hospital General de Urgencias Balbuena (Cecilio Robelo y Sur 103)
- 178.- Hospital General de la Secretaría de Salud
- 179.- Central Quirúrgica, Zacatecas 519

D) TEATROS Y SALAS DE ESPECTACULOS

- 180.- Soledad
- 181.- Francisco Villa
- 182.- Florida
- 183.- Sonora
- 184.- Acapulco
- 185.- Atlas 1 y 2
- 186.- Teatro de Santa Cecilia
- 187.- Ciudadela
- 188.- Plaza Aragón
- 189.- Olimpia
- 190.- Variedades
- 191.- Teatro Blanquita
- 192.- Teatro Colonial
- 193.- Tepeyac
- 194.- Plaza Aragón, Cinemas 1, 2 y 3
- 195.- Bravo
- 196.- Eden
- 197.- Opera
- 198.- Cinemas 1 y 2 Frontera
- 199.- Gloria
- 200.- Fernando Soler

- 201.- Gabriel Figueroa
- 202.- Cine Chapultepec
- 203.- Cine Paseo
- 204.- Cine Bella Epoca
- 205.- Cine Real Cinema
- 206.- Cine Juan Orol (Soto antiguo)
- 207.- Cine Paris
- 208.- Cine Alfa y Omega
- 209.- Cine Diana
- 210.- Cine México
- 211.- Cine Internacional
- 212.- Cine Metropolitan
- 213.- Palacio Chino
- 214.- Cine Ariel
- 215.- Cine Polanco
- 216.- Tepeyac, Fortuna y Misterios

E) EDIFICIOS PRIVADOS

- 217.- Multifamiliar B. Juárez, Cuerpo A. a un costado de Centro México.
- 218.- Multifamiliar B. Juárez, Cuerpo B1, B2 y B3
- 219.- Guanajuato No. 183
- 220.- Harinera de México
- 221.- Casa en Casas Grandes NO. 28
- 222.- Chiapas No. 57 y 59
- 223.- Hotel Royal Plaza
- 224.- San Antonio Abad No. 74
- 225.- Ixtlixochitl No. 138
- 226.- San Antonio Abad No. 138
- 227.- Torre Coahuila, Unidad Nonoalco Tlatelolco
- 228.- Debussy No. 21
- 229.- U.H. Ejército de Oriente II, ISSSTE
- 230.- Edificio de departamentos en Cuauhtémoc
- 231.- Juan José Egurrir No. 137 Edificio de departamentos.

- 232.- Yacatas No. 39, Edificio de Departamentos
- 233.- Verdi No. 4
- 234.- Mesones No. 4
- 235.- República de Ecuador
- 236.- Paraguay No. 36
- 237.- Xocongo No. 173
- 238.- Carranza esq. Juana Gutiérrez
- 239.- Av. Morelos, esq. Bucareli
- 240.- Emilio Carranza No. 79, Col. Moctezuma 1a. sección.
- 241.- Casa habitación (25 casas) 2, calles 311,313,325 327,321 y 319.
- 242.- Edificio de departamentos en Regina No. 63
- 243.- Hotel Alfer
- 244.- Cozumel No. 52, esq. Cerrada Salamanca
- 245.- Dr. Balmis No. 15,17 y 5 (vecindades)
- 246.- Dr. Bolaños cacho No. 164 (Londres y Biarritz).
- 247.- Amsterdam No. 232 (Calle Plaza Iztaccihuatl y Michoacán)
- 248.- Manuel J. Othón No. 151
- 249.- Amsterdam No. 19
- 250.- Alvaro Obregón No. 249 esq. Insurgentes
- 251.- Dr. Barraquán No. 95
- 252.- Dr. Barraquán No. 97
- 253.- Obrero Mundial No. 661
- 254.- Dr. Barraquán No. 93
- 255.- Alvaro Obregón No. 228, entre Insurgentes y Medellín.
- 256.- Emilio Carranza No. 409
- 257.- José Peón Contreras No 62 (Bolívar e I. La Católica).
- 258.- Durango No. 229 (Valladolid y Salamanca)
- 259.- Calz. Santa Anita No. 354
- 260.- Calle Naranjo No. 176, Col. Sta Ma, La Rivera
- 261.- Paraguay No. 42, esq. con Brasil

- 262.- Sur 77 No. 62 Col. Lorenzo Boturini
- 263.- Peñón No. 45, Col. Morelos
- 264.- Angel del Campo No. 35 y 37
- 265.- Cerro de la Estrella No. 251, Edif. 75 casi
esq. con A. Torres
- 266.- Reforma No. 400, Restaurante Anderson
- 267.- Dr. Arce No. 9
- 268.- Cozumel esq. Salamanca
- 269.- P.E. Calles No. 1328
- 270.- La Morena No. 1256
- 271.- Antonio Solís No. 30
- 272.- Calle 55 No. 33
- 273.- Ote. 172 No. 193
- 274.- Hospital Dalinde
- 275.- Alvaro Obregón (Jalapa y Tonalá)
- 276.- Calle Olaguibel desde Eje Lázaro Cárdenas
- 277.- Querétaro No. 64 (Córdoba y Orizaba)
- 278.- Guadalajara, esq. Colima
- 279.- Durango esq. Córdoba
- 280.- Dr. Balmis No. 198
- 281.- Río Tigris y Río Balsas No. 87
- 282.- Sinaloa No. 32
- 283.- San Luis Potosí No. 156
- 284.- San Antonio Abad No. 138
- 285.- Frontera No. 115
- 286.- Antonio Caso No. 148
- 287.- San Antonio Abad No. 130, Col. Tránsito
- 288.- Insurgentes y Viaducto No. 259
- 289.- Esperanza No. 1012, Col, Narvarte
- 290.- Arcos de Belen No. 23
- 291.- Mitlá No. 20
- 292.- Cozumel y Cerrada Salamanca
- 293.- Colima No. 211 (Jalapa y Tonalá)
- 294.- Av. Universidad No. 13
- 295.- Calz. de Tlalpan y Ahorro Postal

- 296.- Caleta No. 41 (Casas Grandes y Lázaro Cárdenas)
- 297.- Fernando de Alba Ixtlixochitl (Eje Central Bolívar) Col. Obrera.
- 298.- Edificio Palma No. 5
- 299.- Calle Salvatierra, lotes 3 y 2, manz. 49, Col. San Felipe de Jesús.
- 300.- Calle Toluca No. 28, esq. Tehuantepec, Col. Roma Sur
- 301.- Calle Salvatierra, lotes 2 y 3, manz. 45 Col. San Felipe de Jesús
- 302.- Calle 55 y 57 Col. Puebla
- 303.- Calle 63 y 47, entre Ignacio Zaragoza y Viaducto Piedad
- 304.- Oficinas (despachos particulares), Av. Bucareli esq. Morelos
- 305.- Amsterdam 25-A entre Cacahuamilpa y Huichapan
- 306.- Edificio Bazurto Izneres, Av. México 187, entre Sonora y Celaya
- 307.- Edificio 8 niveles, Calle Toluca No. 28 esq. Tehuantepec
- 308.- Edificio de departamentos en Juan José Egurrir No. 137, entre Coruña y Santa Anita.
- 309.- Edificio de deptos. en Pasaje y Yucatán, entre R. Salvador y Bolívar
- 310.- Edificio Fresno No. 102, Col. Sta. María
- 311.- Edificio de oficinas (usado como almacén)
- 312.- Edificio de oficinas (usado como almacén)
- 313.- Cuauhtémoc, entre Viaducto y Obrero Mundial, Edf. de departamentos.
- 314.- Departamento 1, Imprenta 377, entre Plomeros y Talabarteros
- 315.- Edif. Dr. Erazo No. 120 Col. Doctores
- 316.- Edif. 5 niveles (43 departamentos) Ote. 172 No. 311, Col. Moctezuma
- 317.- Edif. 3 niveles en Obrero Mundial no. 661
- 318.- Taller de reparación central de Autos Chev.,

Mosqueta No. 70 Eje 1 Norte.

- 319.- Fábrica de Cruces No. 1 y V. Carranza
- 320.- Paraguay 44
- 321.- República de Bolivia 58
- 322.- Obrero Mundial 774
- 323.- Providencia 1218
- 324.- Providencia 1220
- 325.- Fernando Ramírez 11
- 326.- Córdoba 67
- 327.- Atenor Salas 112
- 328.- Ingenieros 21, esq. Nuevo León
- 329.- Dr. Vertiz 1678
- 330.- Icacos 9
- 331.- Antonio Solís 41 Bis
- 332.- Licenciado Verdad 5, Centro
- 333.- Licenciado Verdad 7, Centro
- 334.- Licenciado Verdad 9, Centro
- 335.- Licenciado Verdad 11, Centro
- 336.- Río Frío 70, Col. Magdalena Mixhuca
- 337.- Taxqueña 1291, Campestre Churubusco
- 338.- Cerro de la Estrella No. 156, Camp. Churubusco
- 339.- Monterrey 87, Roma Sur (cuahtémoc)
- 340.- Netzahualcoyotl 130
- 341.- Guatemala No. 16, Centro
- 342.- Mérida 208
- 343.- Hotel Meso-America, Valladolid y Sinaloa
- 344.- Casa habitación, Zempoala 8
- 345.- Edificio departamentos José Peón Contreras 103
- 346.- Casa Habitación, Escuadra 92
- 347.- Fernando Ramírez 117-A
- 348.- Av. Universidad 13
- 349.- Palmira 31
- 350.- Cabañas 55
- 351.- Edificio de departamentos, Cerro de la Estrella
y Cerrada de las Torres (cerca de la UIA)
- 352.- San Antonio Abad y Gutiérrez Najera
- 353.- 5 de Febrero y FSTM

- 354.- Izazaga 142
- 355.- Regina 96
- 356.- Rep. de Chile No. 34 esq. B. Domínguez
- 357.- Belisario Domínguez 63
- 358.- Belisario Domínguez 64
- 359.- Belisario Domínguez 70
- 360.- Sur 177 No. 93 Col. Lorenzo Boturini
- 361.- Alfonso Herrera esq. Insurgentes edificio ad-
yacente sobre Alfonso Herrera
- 362.- Edificio Nafinsa, Isabel La Católica y Uruguay
- 363.- 20 de Noviembre y Regina
- 364.- Izazaga 148
- 365.- Astor, Isabel La Católica
- 366.- Cozumel 52
- 367.- Colima 415
- 368.- Querétaro 79
- 369.- Cerro de la Estrella 251
- 370.- Dr. Balmis 199
- 371.- Manuel J. Othón 92, Col. Obrera
- 372.- Hotel General Prim y Versalles
- 373.- Cerrada Barragán de Tozcano, Col. Obrera
- 374.- Tonalá 60, Col. Roma
- 375.- Casas Grande 117 y Av. Universidad
- 376.- Lázaro Cárdenas y Bolívar, Edificio Fdo. Sam
- 377.- Coruña 41 Col. Alamos
- 378.- Pedro Moreno 81, esq. Paseo de la Reforma y
Lerdo
- 379.- Av. del Parque 76
- 380.- Amsterdam 12
- 381.- Amsterdam 43
- 382.- Dr. Lucio 102, edificio A-2 No. 1401
- 383.- Bravo 66, Col. Morelos
- 384.- Bravo 66, ESA Nacional
- 385.- Talisman 2945, Col. 3 Estrellas
- 386.- Carrillo Puerto 581, Col. Tacuba (12 departa-
mentos)

- 387.- Chiapas 144 esq. Monterrey
- 388.- Cacahuamilpa 13
- 389.- Amsterdam 28
- 390.- Amsterdam 14
- 391.- Edificio Sullivan 31 esq. Serapio Rendón
- 392.- Amsterdam 7 Col. Nápoles
- 393.- Av. Chapultepec 444
- 394.- José T. Cuellar
- 395.- Edificio 7 pisos imprenta y eje 2 Norte
- 396.- Henry Ford y Victoria entre Victoria y Eduardo Molina
- 397.- Edificio 573 en Palma y Belisario
- 398.- Belisario Domínguez 67
- 399.- Belisario Domínguez 70
- 400.- Belisario Domínguez 7
- 401.- Manuel J. Othón 88 Col. Obrera
- 402.- Paseo de la Reforma 400 entre Praga y Sevilla.
- 403.- Hotel Regente, París 9

F) CENTROS DE DEPORTE

- 404.- Unidad Deportiva Atzacapotzalco
- 405.- Gimnasio No. 1(box)
- 406.- Gimnasio No. 2(volibol)

G) INSTALACIONES URBANAS

- 407.- Paseo de peatones , entre Medellín y Coyoacán.

H) MERCADOS

- 408.- J.M. Pino Suárez, Jilguero y Golondrina , Col. S.M. Pino Suárez V.A.O.
- 409.- Jamaica zona Av. Morelos y Escaleras, Col. Jamaica (V.C.)
- 410.- Jamaica Mayoreo, Guillermo Prieto y Morazán, Col. Jamaica (V.C.)
- 411.- Agrícola Oriental, Oriente 241, Sur 16 y Oriente 237, Col. Agrícola Oriental (Iztac.)
- 412.- Tepito, Varias, Matamoros, Toltecas, Héroes de Granadita y Rivero, Col, Morelos (cuauh)

CAPITULO 2

PRINCIPALES FACTORES QUE INFLOYEN EN LOS DAÑOS POR SISMO EN UNA ESTRUCTURA

2.1. GENERALIDADES

Al evaluar en el capítulo anterior los daños que ocasionaron los sismos del 19 y 20 de Septiembre en la Ciudad de México es importante plantear ciertos aspectos del diseño estructural de edificios que si no se toman en cuenta pueden provocar un comportamiento sísmico inadecuado de la estructura trayendo como consecuencia daños como los observados anteriormente.

El comportamiento de las estructuras al ser excitadas por un sismo depende, de manera muy importante de la relación que exista entre las características dinámicas tanto de las estructuras como del movimiento.

Las características dinámicas del movimiento dependen fundamentalmente del tipo de suelo: firme, de transición o comprensible, así como de la distancia epicentral, profundidad focal, magnitud del sismo y mecanismo que lo generó: subducción, movimiento transversal, etc. Es importante conocer sobre todo la presencia de períodos dominantes en el movimiento, su duración y las amplitudes máximas que pueden alcanzarse.

Por otro lado, las características de las estructuras que se necesitan conocer son: período natural de vibración, amortiguamiento viscoso, curvas carga-deformación inelástica de la estructura.

Las oscilaciones que puede presentar la estructura pueden ser en translación, en torsión o en una combinación de ambos movimientos, lo que dependerá de la simetría o asimetría de la estructura y de la excitación a que se le someta. Es deseable tratar de reducir las oscilaciones torsionales a un mínimo, pues aunque hay algunas recomendaciones so-

bre cómo tomarlas en cuenta, el "Estado de Arte" sobre este tipo de movimiento está aún insuficientemente desarrollado.

La amplitud de las oscilaciones de las estructuras depende de su rigidez lateral, la que a su vez está condicionada por los materiales empleados en la construcción y el sistema estructural adoptado. Los materiales más comunes son: mampostería de tabique, madera, concreto reforzado y acero estructural.

2.2. PERIODO NATURAL DE VIBRACION

Antes de hacer referencia al período natural de vibración es importante definir el fenómeno de resonancia provocado por un movimiento sísmico.

Resonancia: Este fenómeno consiste en la presencia de grandes desplazamientos en el sistema estructural causados no por una gran fuerza, sino por la coincidencia del período natural del sistema y del período de la fuerza excitadora (el período natural indica cuanto tiempo tarda el sistema en dar una oscilación completa). Nos damos cuenta entonces de la importancia del período natural del edificio y su relación con el período del sismo, ya que en cuanto más se parezcan entre sí, tanto mayores serán las fuerzas que habrá que resistir.

En la Ref. 2 se citan las siguientes expresiones para calcular aproximadamente el período natural del edificio:

$$T = 0.1 n \quad - \quad (2.1) \quad *$$

Donde T es el período a calcular y n es el número de pisos del edificio.

$$T = 0.075 H^{3/4} - (2.2)$$

Donde H es la altura del edificio, esta expresión es para edificios con estructuras de marcos.

$$T = 0.09 \frac{H}{\sqrt{L}} - (2.3)$$

Para edificios con muros o marcos contraventeados

$$T = 6.3 \left(\frac{\sum W_i X_i^2}{g \sum P_i X_i} \right)^{1/2} - (2.4)$$

Para edificios cualesquiera, donde W es el peso del nivel i, X es el desplazamiento ocasionado por la fuerza P y g es la aceleración de la gravedad. Para el cálculo de P_i y X_i se recomienda consultar Ref. 4

* NOTA: Esta expresión nos dice como regla simple que cada nivel de un edificio representa 0.1 de segundo en su período natural. Así, un edificio de 15 niveles tendría un período natural de 1.5 segs; sin embargo, los edificios entre 7 y 14 niveles con el sismo del 19 de Septiembre fueron los más afectados. Ello se debe a que la regla simple no es aplicable en la Ciudad de México por dos razones: la primera, por la cimentación en terreno blando y cedente que flexibiliza el conjunto; y la segunda, por el bajo módulo elástico del concreto debido a la ligereza de los agregados disponibles en el Valle de México. Ref 23 .

2.3. AMORTIGUAMIENTO VISCOSO

En un sistema estructural, el amortiguamiento es la fuerza que se opone a los desplazamientos que pudiese presentar la estructura en respuesta a una excitación sísmica.

Se considera, el amortiguamiento en las estructuras, de tipo viscoso, es decir que es afectado por la velocidad del movimiento.

Cuando el amortiguamiento es tal que impide el movimiento del sistema en vibración libre, se le dá el nombre de crítico. Para sistemas de un grado de libertad su valor depende de la masa y la rigidez del sistema (Ref. 3), expresado en:

$$C_{cr} = 2\sqrt{km} \quad - \quad (2.5)$$

Donde:

C_{cr} = es el valor de amortiguamiento crítico

K = es la rigidez del sistema

m = es la masa del sistema.

La fracción de amortiguamiento crítico ($\bar{\zeta}$) representa el porcentaje de amortiguamiento con relación al crítico que posee un sistema. En Ingeniería Sísmica se suele usar $\bar{\zeta}$ como dato y puede ser encontrado en libros especializados.

El reglamento del D.F. incluye en sus espectros de diseño un amortiguamiento del 5% que se aconseja respetar. Así, para que no existiera vibración sería necesario que $\bar{\zeta} = 100\%$.

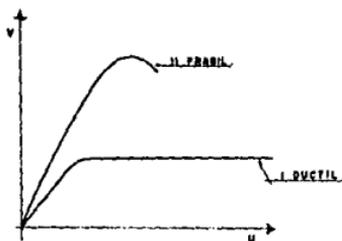
2.4. CURVAS CARGA-DEFORMACION INELASTICA DE LA ESTRUCTURA

La forma de la curva carga-deformación inelástica de una estructura depende de la curva carga deformación de los materiales y de la geometría de la estructura misma.

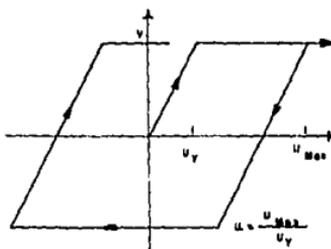
En una curva carga-deformación como se ilustra en las figuras (2.1) se muestran tres aspectos fundamentales del comportamiento estructural a saber:

Figs. 2.1.

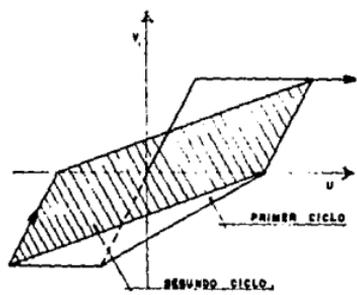
FIG-2.1: Distintos tipos de curvas carga-deformacion .



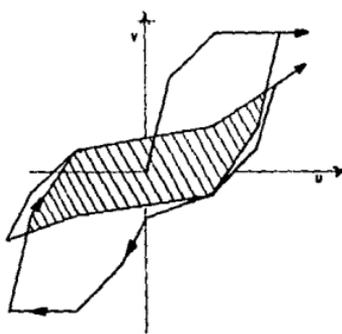
A)



B)



C)



D)

A) RESISTENCIA: La capacidad de soportar cargas.

La falta de resistencia que se presente ante cargas alternantes como en el caso de un sismo, provocará fatiga en los materiales y hasta agrietamiento en algunos, repercutiendo directamente en su misma resistencia.

B) RIGIDEZ: La oposición al desplazamiento.

Esta característica se define como la inclinación de la curva carga-deformación. La falta de rigidez también provocará deterioros ante cargas alternantes.

C) DUCTILIDAD: La capacidad de emprender deformaciones más allá del límite elástico.

El parámetro más comunmente empleado para cuantificar esta característica es el factor de ductilidad:

$$M = \frac{Q \cdot S_{max}}{S_y} - (2.6)$$

Donde S_{max} y S_y son las deformaciones en el límite elástico y en la ruptura, respectivamente.

La falta de ductilidad en una estructura ante cargas alternantes podría provocar en un momento determinado su colapso prematuro.

En las figuras 2.1. se muestran distintos tipos de curvas carga-deformación.

El área sombreada en estas figuras está enmarcada por los ciclos de histeresis, entre más pequeña sea, mayor es el deterioro de rigidez y resistencia.

Al presentarse un área pequeña tendremos poca capacidad de absorción de energía de deformación.

Vemos que el valor de estas variables depende en gran parte de la respuesta de la estructura. Si bien la rigidez y la resistencia son variables cuya importancia resulta evidente, es la ductilidad el tema que con mayor frecuencia se aborda como capítulo aparte en los textos.

Al encontrarnos con estructuras que no se comportan de manera dúctil ante sismos violentos, se observarán fallas frágiles; en otras palabras, la falta de rigidez, resistencia y la pérdida de capacidad de energía de deformación conducirán a un colapso abrupto de la estructura.

2.5. CARACTERISTICAS DESFAVORABLES DE UNA ESTRUCTURA

En este tema describiremos las características más desfavorables de las diferentes partes de una estructura ante cargas alternantes como es el caso de un sismo.

Las partes de la estructura a considerar son:

- A) SUPERESTRUCTURA
- B) CIMENTACION

2.5.1. SUPERESTRUCTURA

Las características más desfavorables de la superestructura ante un sismo, las podemos resumir en los siguientes seis puntos (ref. 9) :

- I .- Exceso de peso
- II .- Falta de sencillez, simetría y regularidad en planta
- III .- Falta de sencillez, simetría y regularidad en elevación
- IV .- Rigidez que no considere las propiedades del suelo
- V .- Falta de uniformidad de la distribución de resistencia, rigidez y ductilidad.
- VI .- Falta de hiperestaticidad y/o de líneas escalonadas de defensa estructural.

A continuación haremos algunas indicaciones de cada uno de estos aspectos.

- I .- Exceso de Peso: Según la segunda Ley de Newton, la fuerza es proporcional a la masa, entre mayor sea la masa,

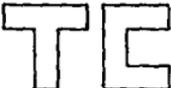
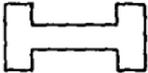
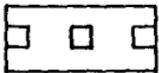
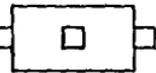
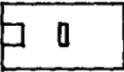
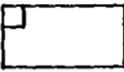
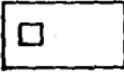
(el peso) de la estructura, su producto por la aceleración causada por el temblor (fuerza sísmica) será más grande. Esta característica no sólo involucra a los elementos estructurales, cuyo peso es importante, sino a los no estructurales ya que en muchos casos rebasan de manera considerable el peso de aquellos.

II.- Falta de Sencillez, Simetría y Regularidad en Planta

- A) Falta de Sencillez: La falta de sencillez en una estructura hará que nos sea difícil de comprender como reaccionará ésta ante un sismo, y por otro lado su comportamiento difícilmente será el esperado.

Fig. 2.2.

FIG. 2.2 SENCILLEZ, SIMETRÍA Y REGULARIDAD EN PLANTA (1)

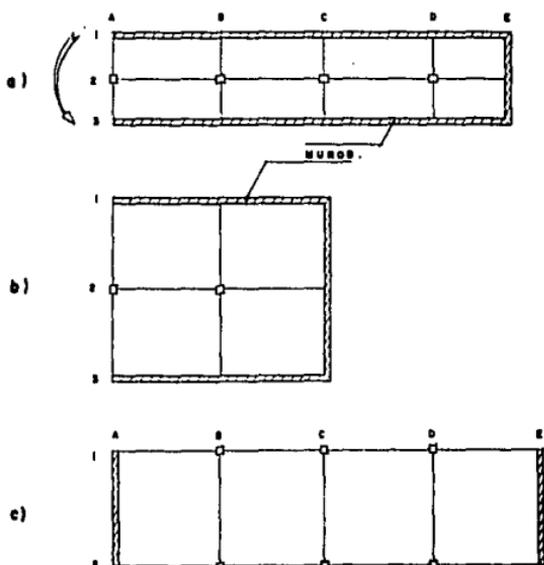
PLANTA		COMENTARIOS .
HAGASE .	EVITESE .	
		Ideal por comportamiento y análisis
		Buena simetría, análisis menos fácil
		Téngase cuidado del comportamiento diferencial en los extremos opuestos de edificios largos.
		Mal por efectos asimétricos
		Aunque simétricos, las alas largas implican problemas en la predicción del comportamiento.
		Torres de acceso que se proyectan. Problemas con análisis y detalle
		
		Asimetría de los miembros resistentes del cortante horizontal Problemas de análisis y torsión
		

B) Falta de Simetría y Regularidad: Dado que el efecto de torsión en los edificios alberga en su cálculo serias incertidumbres, esta característica nos será desfavorable. La existencia de elementos estructurales que ocasionen que los centros de masa y rigidez estén muy separados acarrea torsiones difíciles de evaluar.

C) Plantas muy alargadas: Entre más alargado sea un edificio, mayor será la diferencia en el movimiento que experimentan sus extremos al paso de un tren de ondas sísmicas.

Fig. 2.3.

FIG.-2.3 : Plantas alargadas .



- D) Entrantes o salientes pronunciadas en Planta: Las plantas en H,U,L, o T experimentan a causa de un movimiento sísmico concentraciones considerables de esfuerzos en los ángulos entrantes.

Fig. 2.4.

FIG.- 2.41: Diafragmas de piso de distinta rigidez .

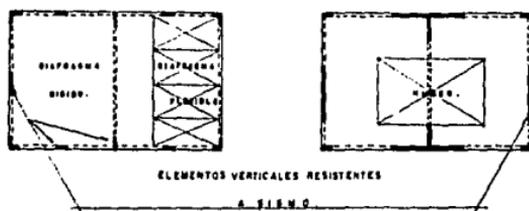
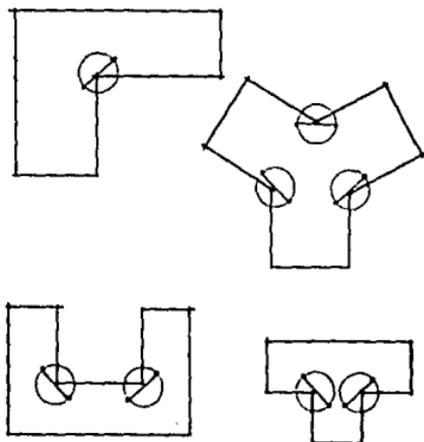
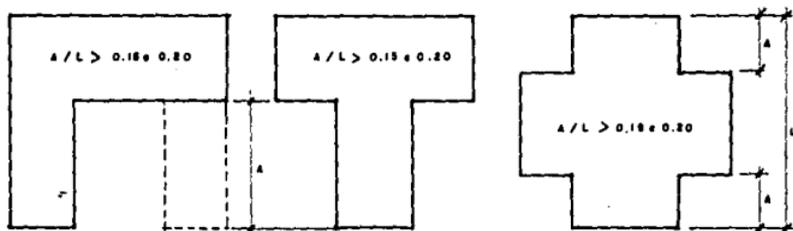


FIG.- 2.4: Refuerzo en ángulos entrantes .





ENTRANTES Y SALIENTES.

FIG. 2.42 PLANTAS CON ENTRANTES o SALIENTES .
(2)

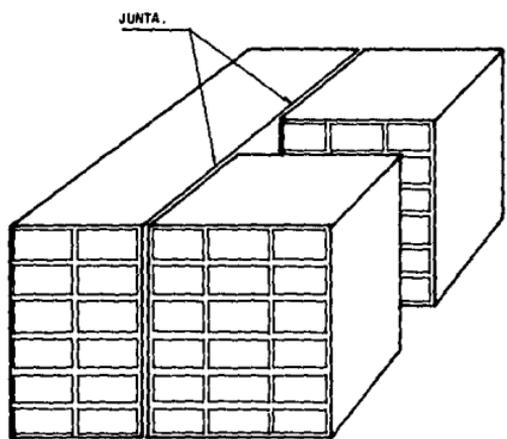


FIG. 2.43 JUNTAS CONSTRUTIVAS EN
EDIFICIOS CON PLANTAS
EN (3) .

E) Falta de Distribución Uniforme de masa y rigidez en Planta: Como indicamos en el inciso B) ésto nos traerá efectos de torsión desfavorables en la estructura, En las figuras siguientes se muestran algunas condiciones indeseables en la estructuración de un edificio a saber: concentraciones de masa y/o rigideces excentricas.

Fig. 2.5.

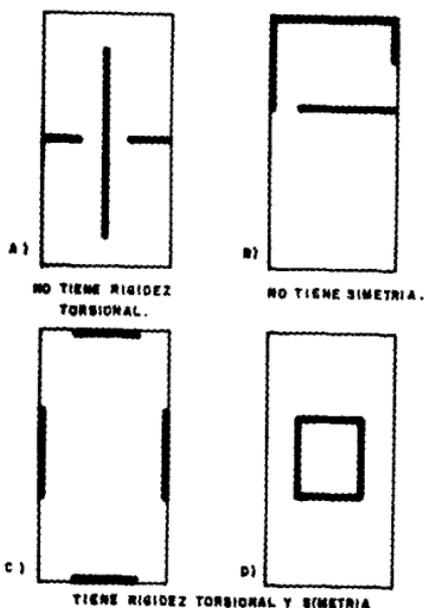
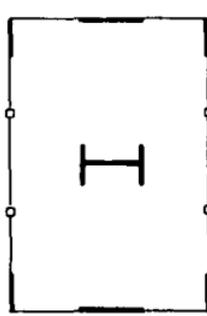
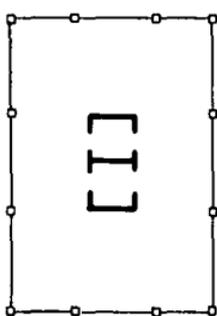
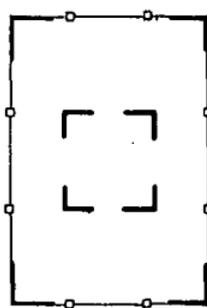
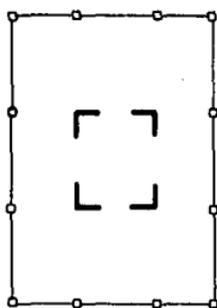


FIG. 2.5 RIGIDEZ TORSIONAL Y SIMETRIA. (3)



A) BUENA.

B) MEJOR.

FIG. 2.51 CONCENTRACION DESEABLE DE RIGIDECES EN PLANTA (2).

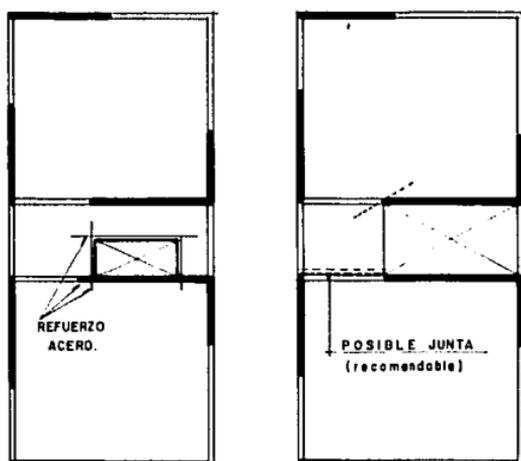


FIG. 2.52. REFUERZO EN COSTILLAS (3)

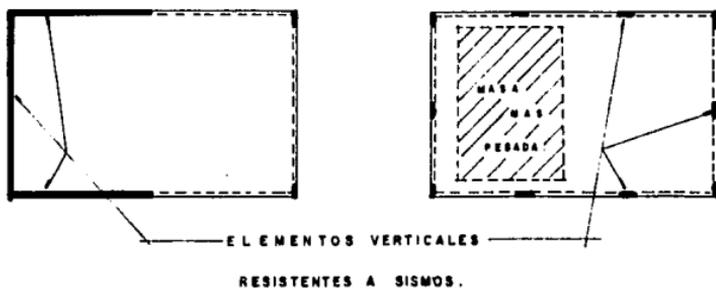


FIG. 2.53. RIGIDECES O MASAS EXCENTRICAS (2)

Es importante señalar que el tener cubos de elevado - res o escaleras en el exterior del edificio provoca que el centro de torsión se desplace considerablemente del centro de masa ocasionando importantes efectos torsionantes, ésto se debe a la alta rigidez que caracteriza a dichos elementos.

III.- Falta de Sencillez, Simetría y Regularidad en Elevación

A) Estructuras muy esbeltas: Las construcciones altas y esbeltas traen consigo momentos de volteo y fuerzas de compresión muy grandes en las columnas. (en la ref.1. se señala que es conveniente que la relación alto-ancho de la base no sea superior a 4.)

B) Cambios bruscos de Geometría en Elevación: Cuando la variación en elevación rebasa los valores señalados en la fig. 2.6. se nos presentarán cambios bruscos de masa y rigidez que sólo un análisis estructural muy concienzudo puede tomar en cuenta.

Fig. 2.6.

FIG. 2.6I. CAMBIOS BRUSCOS EN GEOMETRIA.

(2)

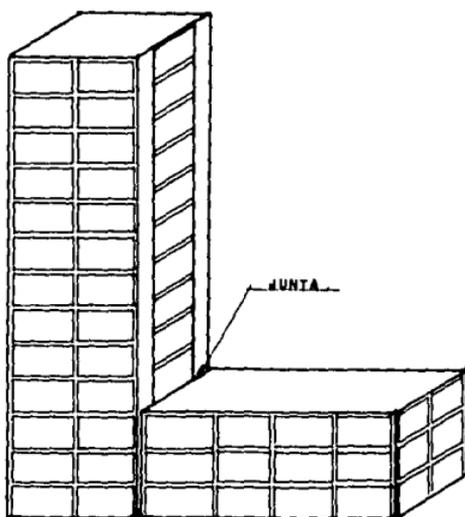
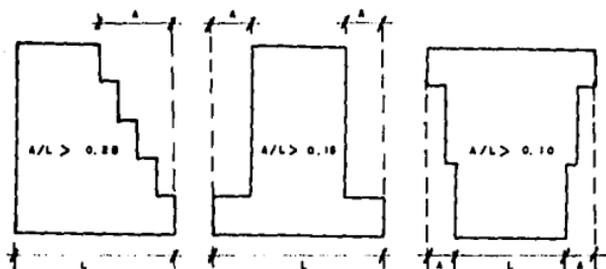


FIG. 2.6 JUNTA DE SEPARACION (3)

- C) Falta de distribución uniforme de masa y rigidez en elevación: Aún cuando la geometría en general del edificio no sufra cambios bruscos a lo largo del edificio puede suceder que la masa y/o la rigidez no tengan una distribución uniforme (Fig. 2.7.) teniéndose además de los inconvenientes mencionados el que se deriva del efecto llamado de chicoteo por la influencia de modos superiores de vibración en la respuesta sísmica.

Fig. 2.7.

FIG. 2.7: CONCENTRACIONES DE MASAS EN
ALGUNOS NIVELES

(2)

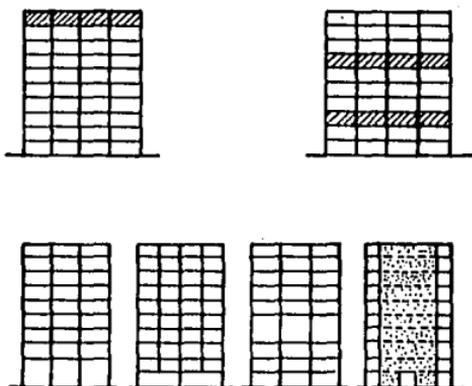


FIG. 2.7 CAMBIOS BRUSCOS EN RIGIDECES Y
RESISTENCIAS.

(2)

IV. Rígidez que no considere las propiedades del suelo.

Cuando el período natural del edificio se parece mucho al del sismo (recordar fenómeno de resonancia) su respuesta estructural será mayor.

Los casos más desfavorables serían los que se presentaran de la siguiente manera:

Terreno muy comprensible -----	Estructura flexible
(período largo)	(período largo)
Terreno poco comprensible-----	Estructura rígida
(período corto)	(período corto)

En la siguiente tabla resumimos las ventajas y desventajas de las estructuras rígidas y flexibles.

Tabla 2.1.

TABLA 2.1 ESTRUCTURAS FLEXIBLES vs ESTRUCTURAS RIGIDAS .

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Estructuras Flexibles	<ul style="list-style-type: none"> (1) Especialmente apropiada para sitios con período corto; para edificios con períodos largos. (2) La ductilidad es más fácil. (3) Más fácil de analizar 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Respuesta alta en sitios de período largo. (2) Los marcos flexibles de concreto reforzado son difíciles de reforzar. (3) Los elementos no estructurales pueden invalidar el análisis. (4) Los elementos no estructurales son difíciles de detallar.
	<ul style="list-style-type: none"> (1) Apropriada para sitios de período largo (2) Más fácil de reforzar concreto reforzado rígido (por ejemplo, con muros de cortante) (3) Elementos no estructurales más fáciles de detallar. 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Respuesta alta en sitios de período corto. (2) La ductilidad apropiada no es fácil de lograr con seguridad. (3) Más difícil de analizar.

V.- Falta de Uniformidad en la Resistencia, Rigidez y Ductilidad.

En este aspecto las características más desfavorables son:

- A) Cuando las columnas y los muros tienen una distribución no uniforme y la estructura presenta remeti-mientos ya sea en la cimentación o en sus niveles subsecuentes.
- B) Cuando los claros de las trabes tienen dimensiones diferentes.
- C) Cuando las columnas y las trabes tienen anchos di-ferentes.
- D) Cuando las columnas y las trabes se encuentran en distintos planos.
- E) Cuando algún elemento estructural importante cam-bia bruscamente de dimensiones y/o refuerzo.

VI.- Falta de hiperestiticidad y de líneas escalonadas de defensa.

Una estructura redundante es aquella que obliga a la forma-ción de numerosas articulaciones plasticas antes de llegar al colapso. La inseguridad que pueda presentar una estructu-ra está en el hecho de que no sea redundante.

Supongamos que tenemos un edificio estructurado con marcos de concreto reforzado en los cuales las trabes son menos re-sistentes que las columnas y existe un buen número de muros de mampostería frágil acoplados a los marcos.

En estas condiciones contamos con líneas escalonadas de defensa estructural. Al sobrevenir un sismo, primero fallará la mampostería, luego comenzarán a presentarse articulaciones plásticas en las trabes y por último habrá falla en las columnas.

El encontrarnos con situaciones de estructuración diferentes a este criterio hará que se nos presenten problemas de importancia en el caso de que las trabes presentaran mayor resistencia que las columnas en caso de un sismo nos encontraríamos probablemente con fallas en las columnas que ocasionarían el derrumbe del edificio.

2.5.2. CIMENTACION

A continuación haremos mención de las características más desfavorables que puede presentar una cimentación ante un sismo.

Siendo la misión de la cimentación el transmitir al suelo la acción de la superestructura y soportar la deformación del suelo, es conveniente mencionar los factores que más le afectarían en su comportamiento sísmico:

- I .- Falta de Simetría, Regularidad y Uniformidad
- II .- Falta de acción integral.
- III.- El no considerar las propiedades físicas del suelo.
- IV .- El no considerar los efectos del sismo en instalaciones subterráneas.

I.- Falta de Simetría, Regularidad y Uniformidad.-

Es importante señalar que las características de la cimentación van a depender en gran parte de la superestructura, es de esperarse si las cargas verticales no son simétricas; efectos de volteo considerables o una cimentación muy alargada.

Al encontrarnos una cimentación con poca simetría irregular y no muy uniforme, tendremos un comportamiento sísmico no muy satisfactorio o difícil de predecir por las razones explicadas en la superestructura.

II.- Falta de Acción Integral.-

La falta de acción integral en una cimentación se presenta cuando sus diferentes elementos que la forman no están conectados. Esta característica provoca daños en la superestructura al presentarse en esta, desplazamientos horizontales diferenciales.

III.- El no considerar las propiedades físicas del suelo.

Puesto que la cimentación le transmitirá al suelo las acciones en la superestructura, es conveniente conocer las propiedades físicas de éste, si no conocemos sus propiedades nos será imposible prever la forma en que serán tomados el momento de volteo y la fuerza cortante en la base.

Si no se realiza un estudio de mecánica de suelos no podremos averiguar si en caso de presentarse un temblor existe la posibilidad de tener asentamientos diferenciales.

IV.- El no considerar los efectos del sismo en instalaciones subterráneas.

Es indispensable el tener en mente los daños que el sismo puede ocasionar en instalaciones hidráulicas, sanitarias, etc., y su interrelación con la cimentación.

Por ejemplo: Si una tubería de alimentación se rompe debido a un temblor, al correr el agua puede humedecer el suelo que sustenta parte de la estructura ocasionando un asentamiento imprevisto de severas consecuencias.

2.6. CARACTERISTICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

Los materiales con los cuales ha de construirse una estructura que soporte los embates de sismos deben de caracterizarse por las siguientes propiedades.

- A) Alta Ductilidad
- B) Alta relación resistencia/peso
- C) Homogeneidad
- D) Ortotropía
- E) Facilidad de conexiones de gran resistencia.

En la siguiente tabla mostraremos diferentes materiales estructurales indicando su aplicabilidad en distintos tipos de edificios.

Fig. 2.2.

TABLA 2.2 MATERIALES PARA EDIFICIOS ANTISISMOS .

	TIPO DE EDIFICIO		
	DE GRAN ALTURA	ALTURA MEDIA	ALTURA BAJA
MEJOR	(1) Acero	(1) Acero	(1) Madera
	(2) Concreto reforzado colado in situ	(2) Concreto reforzado colado in situ	(2) Concreto reforzado colado in situ
MATERIALES ESTRUCTURALES EN ORDEN APROXIMADO DE CONVENIENCIA		(3) Concreto precolado de buena calidad *	(3) Acero
		(4) Concreto preforsado	(4) Concentrado preforsado
		(5) Mampostería reforzada de buena calidad	(5) Mampostería reforzada de buena calidad
			(6) Concreto precolado
			(7) Mampostería reforzada, primitiva
PEOR			

* Estos dos materiales califican solamente para su inclusión en el caso de altura media. Desde luego muchos ingenieros sísmicos no usarían ninguno de esos materiales. En Japón la mampostería no está permitida para edificios de más de tres pisos.

Cabe recalcar que cuando se emplea algún material que no cumple con cualquiera de las propiedades enumeradas, es necesario tener un cuidado especial.

2.7. COMPORTAMIENTO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES

Ref. 11

Los sistemas estructurales que suelen usarse son:

- Tipo 1. Estructuras a base de muros de carga de mampostería de piedra, adobe o tabique, con sistemas de piso con vigas de madera o acero y bóveda catalana de ladrillo o tablones de madera en construcciones de 1 a 3 niveles.
- Tipo 2. Estructuras a base de muros de carga de mampostería de tabique, reforzada con elementos de concreto y con sistemas de piso de concreto reforzado, coladas en sitio o prefabricadas, usadas en construcciones hasta 6 o 7 niveles.
- Tipo 3. Estructuras de tipo esquelético, a base de marcos rígidos formados por columnas y trabes de concreto reforzado o de acero con losas de concreto reforzado delgadas, coladas en sitio o prefabricadas, con o sin trabes secundarias; se emplean en edificios hasta unos 30 niveles.
- Tipo 4. Estructuras de tipo esquelético con columnas de concreto reforzado o acero y sistemas de piso en los que las trabes quedan dentro del espesor de una losa de concreto de mayor peralte, aligerada en ciertas zonas (losa reticular, nervada o tipo waffle) formando marcos "equivalente"; utilizado en estructuras hasta unos 20 niveles.

Tipo 5 y 6. Estructuras del tipo 3 o 4 en que además de marcos rígidos se emplean elementos tales como contraventeos diagonales de concreto reforzado o de acero, o muros de rigidez de mampostería de tabique o de concreto reforzado. En algunos casos los muros pueden formar núcleos rígidos, alrededor de zonas de servicios, como elevadores, escaleras, etc. Se emplean en estructuras de mediana o gran altura.

El primer tipo de estructuras se encuentra en construcciones antiguas, siendo los muros de gran espesor, en algunos casos hasta más de 1 metro. Suele haber considerable deterioro en los sistemas de piso por falta de mantenimiento adecuado, con serios agrietamientos tanto en piso como en muros, causados por asentamientos diferenciales o por sismos previos. El problema que suelen presentar estas construcciones con los sismos, es la falta de diafragma rígido a nivel de los pisos que reparta los efectos sísmicos a los distintos muros orientados en cada dirección. En algunos casos, debido a remodelaciones, el problema se agrava por la eliminación de algunos o varios muros para abrir vanos. Las alturas de entrepiso son en general relativamente grandes. En ocasiones hay rellenos de tierra importantes tanto en los pisos como en los techos, lo que aumenta considerablemente las fuerzas sísmicas que deben resistirse.

El segundo tipo de estructuras es la versión moderna del anterior. Los muros suelen ser mucho más delgados, pero en general, en la Ciudad de México, cuentan con dadas y castillos de refuerzo, que confinan a la mampostería y mejoran su comportamiento tanto bajo fuerzas laterales debidas al sismo, como bajo el efecto de hundimientos diferenciales en las zonas de terreno comprensible de la ciudad.

Los sistemas de piso de concreto colados en sitio constituyen diafragmas horizontales suficientemente rígidos en general para transmitir los efectos sísmicos, mejorando notablemente el comportamiento. Cuando el sistema de piso es prefabricado suele colarse sobre él un firme, en ocasiones reforzado con malla de acero que ayudan a formar el diafragma.

Tanto el primero como el segundo tipo de estructuras son empleados para vivienda, ya sea unifamiliar o multifamiliar. Debido a la densidad de muros con que cuentan, que usualmente son continuos en toda la altura suelen tener gran rigidez lateral, por lo que sus períodos de vibración son relativamente cortos, en la mayoría de los casos menores a medio segundo.

La necesidad de tener mayor flexibilidad en la distribución de los espacios en los distintos niveles, dió lugar a las estructuras de tipo esquelético 3 o 4, ya que al existir únicamente unas cuantas columnas en planta, se pueden aprovechar mejor las superficies. Las separaciones entre columnas se han ido incrementando poco a poco, desde 3 o 4 m en edificios relativamente antiguos hasta 10m o más en edificios modernos. El peralte del sistema de piso depende de esta separación sobre todo en el tipo 3. En el tipo 4, suelen usarse espesores máximos de losa de 45 o 50cm, aún en claros del orden de 10m, lo que proporciona rigidez lateral muy baja y por consiguiente, desplazamientos horizontales importantes durante los sismos, ya que el momento de inercia de las trabes que forman los marcos rígidos es fundamental en la rigidez lateral de estructuras de estos tipos.

La facilidad de construcción de las losas planas aligeradas propició su popularidad, pues tanto ingenieros como arquitectos las adoptaron como sistema constructivo aún para edificios relativamente altos, del orden de 20 pisos. En este sistema es necesario tomar una serie de precauciones para

lograr un comportamiento sísmico satisfactorio, lo que no siempre se hace. Uno de los problemas fundamentales de este tipo de estructuras es que las deformaciones laterales que sufren a causa de los sismos es en general mayor que en tipo 3, donde las trabes que forman marcos rígidos tienen mayor peralte. Eso propicia en general problemas de agrietamientos originales durante temblores de mediana intensidad en muros de colindancia y divisorios que teóricamente son "no estructurales" en estos sistemas y que no debieran absorber efectos sísmicos. Sin embargo es frecuente que al construir estos muros no se dejen holguras adecuadas entre ellos y la estructura para absorber los movimientos que tendrá ésta durante un sismo; en otras ocasiones, se deja la holgura pero se rellena con materiales relativamente rígidos o que se endurecen con el tiempo o los acabados de yeso, mortero o de otro tipo cubren la junta, anulándola, por lo que al tratar de moverse la estructura se recarga en los muros, que son mucho más rígidos que los marcos y, en consecuencia, absorben la mayor parte de los efectos sísmicos, lo que les provoca las grietas. Esto sucede también en las estructuras tipo 3, durante sismos un poco más fuertes.

El hecho de que muros a los que no se les asignó función estructural en el análisis y diseño del edificio colaboren en la resistencia y rigidez, modifica radicalmente la hipótesis hecha al analizar la estructura, siendo completamente diferente la forma en que se deforma la estructura y se absorben los efectos sísmicos.

La situación se vuelve más crítica en edificios en que los muros que colaboran a la resistencia y rigidez tienen una distribución asimétrica en planta o son interrumpidos en algunos niveles, ya que se pueden provocar torsiones excesivas, como ocurre con frecuencia en edificios en esquina, cuando los muros de colindancia no estructural colaboran a resistir los sismos o en edificios de departamentos que tienen una densidad importante de muros en niveles superiores, que pueden

colaborar a la resistencia y rigidez, pero que no existen en niveles inferiores por estar éstos destinados a comercios o estacionamientos. En este caso se propician pisos suaves, que son sumamente vulnerables pues las fuerzas sísmicas provocan grandes deformaciones en ellos, requiriéndose ductilidades que no es capaz de suministrar la estructura, provocándose colapsos parciales.

En temblores intensos, como el ocurrido el 19 de Sep. de 1985, que rebasó considerablemente las aceleraciones de diseño previstas por los reglamentos de construcciones de 1942, 1957, 1966 y 1976, las holguras entre muros no estructurales y estructuras resultaron insuficientes, sobre todo en aquellos casos en que por coincidencia de los periodos de oscilación del suelo y de la estructura se llega a una condición de resonancia en que la respuesta de la estructura se amplifica de manera muy considerable. El comportamiento del edificio en estas condiciones resulta impredecible, pues la colaboración de los muros no estructurales puede ayudar a que la estructura tenga daños leves al absorber buena parte de las fuerzas sísmicas, por estar simétricamente colocados en planta y uniformemente en elevación o bien puede provocar una respuesta mucho más desfavorable si están colocados asimétricamente o de manera no uniforme en elevación, pudiendo presentarse daños graves, colapsos parciales y totales, aún en edificios bien calculados y construidos.

En los tipos 5 y 6 se reduce considerablemente lo anterior, pues al ser más rígida la estructura por la presencia de contravientos o muros de rigidez que sí son tomados en cuenta en el análisis, la influencia de la colaboración de muros no estructurales es menor.

En cualquier caso es recomendable que los muros no estructurales se construyan con materiales relativamente débiles, para que en caso de que traten de colaborar a la resis-

tencia y rigidez, su participación no sea importante y no se alteren mucho las hipótesis de cálculo. Al utilizar muros de mampostería de tabique alteramos de manera importante las hipótesis de cálculo.

En la determinación de las propiedades dinámicas de los distintos sistemas estructurales, existen serias incertidumbres en cuanto a los modelos matemáticos más adecuados y en cuanto a los parámetros elásticos y geométricos que deben emplearse.

Los parámetros de los que dependen las propiedades de la estructura, como el módulo de elasticidad de los materiales o las áreas y momentos de inercia de las secciones, son difíciles de valorar, pues suele haber grandes dispersiones en sus valores o variar éstos de manera importante al sufrir agrietamientos o al salirse la estructura del intervalo de comportamiento elástico.

Debido a lo anterior y a la contribución a la rigidez de algunos elementos que se consideran no estructurales en el análisis, la valuación de los periodos de vibración y de las formas modales es sumamente incierta, por lo que resulta casi imposible prevenir la condición de resonancia en algunos casos. Se han hecho estudios experimentales para ver la precisión que puede lograrse en la determinación de las propiedades dinámicas de los edificios, encontrándose que puede haber grandes variaciones entre lo calculado y lo medido.

2.8. TIPO DE DAÑOS

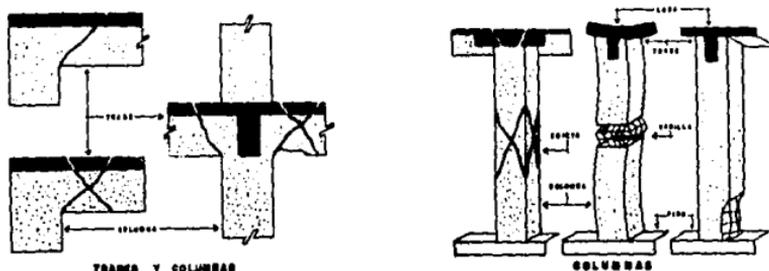
Ref. 11

Debe reconocerse que los sismos constituyen un problema eminentemente dinámico y que la mayor o menor respuesta que presente un edificio depende, de las características dinámi -

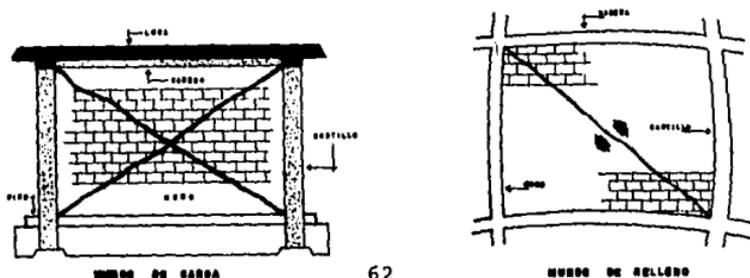
cas del edificio. Algunas características tuvieron una respuesta muy baja, que provocó efectos internos inferiores a su resistencia mientras que otras tuvieron una respuesta excesiva que les produjo el colapso total o daños muy graves.

Con el sismo hubo un muestrario completo con todo tipo de daños: en elementos estructurales y no estructurales, con fallas en columnas, de muros, de trabes, de losas planas, aligeradas, etc. El número de fallas en columnas y muros fue superior al previsto, ya que en general se consideraba que los reglamentos se orientaban hacia estructuras con columnas fuertes y vigas o losas aligeradas débiles, que tienen un comportamiento más ductil disipando de forma más adecuada la energía que el sismo le transmite a las estructuras. Fué evidente que en muchos casos no se logró este tipo de comportamiento, ya sea por un sobre-refuerzo de las trabes o losas, o por la colaboración inadecuada de elementos no estructurales que modificaron la concepción original de la estructura.

Fig. 2.9.



PALLAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO



Es muy probable que muchas de las fallas de columnas se hayan debido a una practica de armado bastante generalizada, que consiste en armarlas concentrando el acero en las esquinas, usando paquetes de varillas; el número tan elevado de ciclos de carga y descarga con altos niveles de esfuerzo, puede haber deteriorado seriamente la adherencia entre los paquetes de varillas y el concreto que las rodeaba, observándose en muchos casos desprendimiento de concreto a lo largo de las esquinas.

Fig. 2.10.



En un buen número de casos los daños fueron provocados por golpes entre edificios vecinos, debido a que la separación era insuficiente. Esto fué provocado en parte por cambios en los reglamentos, ya que la versión de 1976 especifica separaciones mucho mayores que las anteriores, aunque en algunos casos tampoco la separación acorde con esta versión fué suficiente.

Fig. 2.11.



En otros casos los daños se debieron a sobrecarga excesiva de los edificios, causada la mayoría de las veces por cambios de destino con respecto al cálculo original, pues edificios proyectados para oficinas se convirtieron en almacenes o tenían archivos muy pesados. Fig. 2.12.



Hubo un gran número de edificios ubicados en esquina con daños importantes, probablemente debido a la colaboración de muros de colindancia que se habían considerado no estructurales; así mismo, muchos edificios tuvieron colapsos parciales provocados por la existencia de "pisos suaves" en los que no había muros, mientras que en otros niveles los muros no estructurales contribuyeron a la rigidez.

Fig. 2.13.

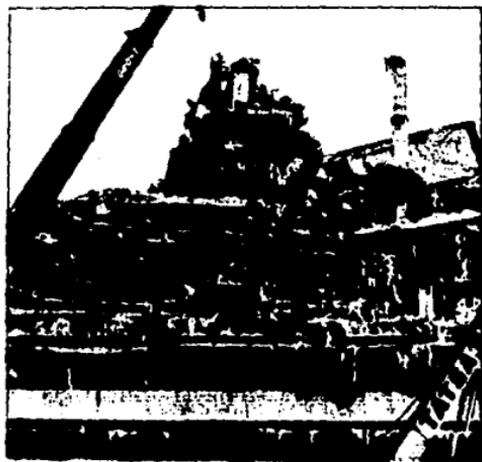


Los edificios con plantas irregulares tuvieron en general mal comportamiento provocado por las torsiones debidas a excentricidades importantes.

El comportamiento de los edificios estructurales a base de losas planas aligeradas formando marcos equivalentes con las columnas, no fué satisfactorio. Hubo varios casos en que falló la conexión entre losas y columnas por falta de detalle adecuado. Los desplazamientos de este sistema estructural son usualmente grandes, debido a la baja rigidez, por lo que el efecto de las fuerzas laterales de sismo se incrementó notablemente al sumarse el efecto de las cargas verticales multiplicadas por los desplazamientos laterales, que suele considerar como un efecto de 2° orden.

Esto provocó en muchos casos de colapsos parciales o totales, así como grandes daños en muros divisorios no estructurales. En una gran cantidad de edificios hubo agrietamientos importantes en las zonas macizas de losa alrededor de las columnas (capiteles), lo que redujo aún más la rigidez lateral, aumentando los períodos de oscilación de los edificios, lo que en muchos casos los llevó a una respuesta mayor por coincidencia con los períodos del suelo.

Fig. 2.14.



En otros casos la falla ocurrió en la cimentación de los edificios , al perder el suelo y los pilotes, capacidad de carga durante el sismo, provocando el colapso total o asentamientos o desplomes importantes.

Fig. 2.15.



CAPITULO 3 ETAPAS PREVIAS A UNA DEMOLICION

3.1. Generalidades

De los dos capítulos anteriores nos damos cuenta de la importancia que tuvieron ciertas características de las edificaciones de la Ciudad de México para el tipo de daño que observaron como consecuencia de los sismos mencionados; de las 770 edificaciones dañadas, 412 deben ser demolidas, donde la gran mayoría son de concreto reforzado. Observando la necesidad de realizar estos trabajos, es importante antes de dar inicio a cualquier contrato de demolición, hacer una relación de información la cuál puede ser no muy exhaustiva pero sí importante para lograr que el trabajo se realice al menor precio y al mismo tiempo con la máxima seguridad.

En este capítulo hablaremos de las actividades que resultan de la delimitación de responsabilidades por parte del dueño y del contratista, todas con la finalidad de optimizar la obra, la delimitación de responsabilidades que planteamos son una sugerencia de una metodología adecuada a seguir en este tipo de trabajos, sin embargo en la realidad la mayoría de estas actividades pueden quedar a cargo del contratista pero afectaran directamente el costo de la obra.

3.2. Contratos y Responsabilidades del Dueño (Ref. 8)

3.2.1. Descripción de la Estructura.

El dueño debe entregar una descripción que incluya planos de construcción actualizados de las estructuras que se van a demoler, si no existiesen tales planos y las condiciones de la estructura no permitiesen hacer un levantamiento adecuado es responsabilidad del patrón solicitar una copia de los planos originales al archivo de la Delegación a la que pertenece el predio. También es importante que se entreguen detalles de la obra con los siguientes aspectos:

- a) Antigüedad de la estructura.
- b) Naturaleza de la estructura (función)
- c) Obra:
 - Localización.
 - Descripción de las estructuras circundantes.
 - Árboles y arbustos.
 - Límites incluyendo muros medianeros.
 - Pavimentos y derechos públicos de vías.
- d) Detalles de la estructura (o parte de ella) -- que va a demolerse con o sin cimientos.
- e) Naturaleza y condición de los principales materiales que componen la estructura (concreto, - acero, mampostería, etc.).

- f) Elementos especiales:
- Concreto reforzado.
 - Concreto presforzado:
 - Pretensado o postensado.
 - Tipo de tendones y anclajes.
 - Fuerzas de tensión.
 - Pilotes de Cimentación:
 - Concreto.
 - Acero.
 - Madera.
 - Muros de contención.
 - Cisternas y tanques de almacenamiento subterráneos.
- g) Materiales peligrosos:
- Productos químicos.
 - Petróleo y aceite.
 - Asbestos.
 - Explosivos (incluyendo gases inflamables y partículas de polvo).
 - Materiales radioactivos.
- h) El estado deseado de la obra al terminar el trabajo incluyendo niveles finales de la misma.

3.2.2. Condiciones Ambientales

El dueño tiene que informar acerca de las condiciones ambientales que deben tomarse en cuenta durante el perfo

do de Demolición (además de los requerimientos señalados en-
3.2.1.) tales como:

- Limitación del ruido, la contaminación del aire y las vibraciones.
- Horas en las que no se permite trabajar.
- Precauciones para el tránsito.
- Cercado de la obra.

3.2.3. Permisos para el Proyecto

El dueño debe obtener los permisos necesarios para el proyecto de demolición de la estructura e informar a las autoridades correspondientes antes de comenzar el trabajo.

El Departamento del Distrito Federal con motivo de los sismos acaecidos el 19 y 20 de septiembre de 1985, establece los siguientes requisitos para la obtención de una licencia de demolición:

1. Presentar solicitud de licencia firmada por -- propietario y perito.
2. Presentar dictamen técnico, elaborado por un - especialista en estructuras autorizado por la - Secretaría General de Obras del Departamento - (en caso de inmuebles de hasta 4 niveles con - dictamen parcial de perito registrado).

El dictamen técnico deberá contener:

- Superficie del predio.
 - Número de niveles construidos, incluyendo sótanos y/o cuartos de servicio.
 - Area construida del inmueble.
 - Fecha de construcción del inmueble.
 - Descripción de la estructura.
 - Descripción de los materiales que fueron utilizados en la construcción.
 - Usos anteriores al daño.
 - Daños estructurales.
 - Observaciones sobre la imposibilidad de reparación.
 - Recomendación para su demolición.
 - Firma del responsable de su elaboración.
 - Datos relativos a su registro.
3. Entrega de programa y memoria para la ejecución de los trabajos indicando el orden en que se pretende demoler cada uno de los elementos de la construcción, así como los mecanismos y procedimientos a emplear.
4. Aviso de terminación por el propietario o el perito.

3.2.4. Cierre temporal de Calles y Andadores.

Si es necesario, el dueño debe obtener un permiso para el cierre temporal de calles y andadores en el período de demolición.

3.2.5. Representantes.

El dueño debe indicar al contratista los nombres de las personas que representarán sus intereses durante la ejecución del trabajo.

3.2.6. Servicios Públicos y Conductos de Drenaje.

El dueño debe informar a todos los responsables legales de los servicios de agua, gas, electricidad y teléfono a fin de llevar a cabo los arreglos para la interrupción, -- desviación o corte de cualquier servicio público que pudiera ser afectado por la demolición. Además, el dueño debe indicar al contratista la localización, hasta donde sea posible de todos los servicios públicos, conductos y alcantarillas de drenaje en la obra, y si están o no en uso.

3.2.7. Propiedades Colindantes

El dueño tiene que notificar de la demolición (antes de comenzar los trabajos) a los propietarios de las cons

trucciones vecinas, con el fin de llegar a un acuerdo con -- respecto a los soportes temporales, a la protección, al ruido, etc. Esto puede incluir la preparación de una lista de las condiciones en que están las propiedades adyacentes y su contenido.

3.2.8. Duración del Contrato

El dueño debe especificar el período en que se debe llevar a cabo la demolición.

3.2.9. Seguros.

El dueño se debe asegurar contra las posibles pérdidas o daños causados en otra propiedad, y también debe cerciorarse de que el contratista está asegurado.

En este caso el seguro que opera en México es el de responsabilidad civil legal, en donde se cubren los daños causados a terceros ya sea en sus bienes o personas (quedando excluidos los daños que puedan sufrir las obras mismas -- llevadas a cabo por el contratista) derivados de actividades atribuibles a la obra. Al cubrir este seguro los trabajos de una demolición, es importante aclarar que las compañías aseguradoras existentes en el mercado no cubrirán los daños a inmuebles que se produzcan en un círculo cuyo radio equivalga a la altura de la construcción y en el caso de traba--

jos con explosivos dentro de un radio de ciento cincuenta metros con respecto al lugar de la explosión.

Para contratar este tipo de Seguro es necesario especificar la siguiente información:

1. Colindantes de la obra.
2. Como se llevará a cabo la demolición (método-- equipo, herramientas, etc.).
3. Valor del contrato de la obra.
4. Duración del trabajo.
5. Límite económico del seguro.

Es recomendable que para efectuar el contrato de la poliza, halla un común acuerdo entre el contratista y el dueño de tal manera que esta se elabore a nombre de las dos partes quedando automáticamente cubiertos los dos en caso de una demanda.

3.2.10. Desechos de la Demolición

El dueño debe estipular a quien pertenece el desecho de la demolición (es decir, si al patrón o al contratista).

3.2.11. Localización del Tiradero.

El dueño debe indicar al contratista un lugar apropiado para depositar los desechos de la demolición, en caso de pertenecer a él (3.2.10.).

3.3. Contratos y Responsabilidades del Contratista.

3.3.1. Análisis Estructural

El contratista debe realizar un análisis estructural del edificio o estructura, relacionado con su trabajo de demolición, en el que debe incluirse el estado de los materiales que lo componen. Además, para asegurar una secuencia precisa del trabajo, se deben analizar estructuralmente las condiciones de carga temporal sobre diferentes partes de la estructura o elementos individuales. Dicho análisis puede incluir, por ejemplo, los siguientes elementos:

- Empujes irregulares sobre techumbres y estructuras ensambladas.
- Cargas y fuerzas de cortante sobre muros internos.
- Elementos en voladizo, tales como balcones y sus apoyos.
- Losas de piso continuas.
- Fuerzas de tensión en elementos de concreto presforzado.

- Fuerzas verticales y horizontales a niveles de piso y de sótano.
- Presiones irregulares del suelo sobre muros de contención.

3.3.2. Reconocimiento de las Estructuras Vecinas

Si se encuentran estructuras cercanas a la que va a ser removida, es necesario un reconocimiento de éstas, previo al trabajo propio de demoler la estructura. Este trabajo es necesario para conocer la estabilidad y resistencia, con la que contamos en las estructuras vecinas a fin de no dañarlas; consiste en una cuidadosa inspección, haciendo notar las condiciones existentes, como pueden ser las grietas, tipos de concreto y aquellas deficiencias que puedan representar un excesivo movimiento del suelo. Dibujos, notas y fotografías deberán ser empleadas como una documentación previa a la demolición.

3.3.3. Método de Trabajo

El contratista debe informar al patrón y a las autoridades correspondientes acerca del método de trabajo que se propone seguir, incluyendo el aspecto de la seguridad, para la demolición de la estructura. También debe incluir una lista del equipo que pretende utilizar.

3.3.4. Reglamentos de Seguridad y Salud

Es importante que el contratista establezca y se familiarice con reglas concernientes a aspectos de seguridad y salud dentro del contrato de la demolición.

3.3.5. Capacidad del Contratista

El contratista debe garantizar al patrón que es capaz de llevar a cabo la demolición, cumpliendo con todos los reglamentos de seguridad y salud, y designar a un sobrestante competente para supervisar y controlar el trabajo en la obra. En este aspecto sea cual fuere el método empleado, al localizarse la estructura en una zona urbana es frecuente -- que se pidan indemnizaciones por los daños ocurridos durante la demolición. El monitoreo de las vibraciones en las estructuras adyacentes con instrumentos sísmicos o acelerómetros son recomendadas durante el curso del trabajo de la demolición. En algunos casos monitores de niveles de ruido -- pueden ser recomendados. La localización de estos instrumentos e interpretación de los datos deberá ser llevada a cabo por personal capacitado para certificar en caso de un litigio si las demandas proceden. Un monitoreo constante de estos instrumentos provee una guía y asistencia al demoledor -- que le permitirán regular su actividad y mantener los niveles de vibración y ruido dentro de los límites aceptables.

3.3.6. Servicios Públicos y conductos de Drenaje.

El contratista debe asegurarse de que todos los -- servicios públicos están seguros (Ver 3.2.6.).

Si en el curso de la demolición el contratista daña un servicio existente o conducto de drenaje, debe informar de ello inmediatamente al patrón y, si es necesario encargarse de que las reparaciones sean realizadas por una persona competente. Además, si encuentra un servicio o conducto de drenaje que no haya sido previamente localizado, debe informarlo al dueño.

3.3.7. Licencias.

El contratista debe obtener todas las licencias necesarias para la utilización del equipo que propone. Esto se aplica en especial al caso de los explosivos. También se pueden requerir licencias para la erección de bardas, ventiladores, alambrados, iluminación, rampas, etc., temporales.

3.3.6. Disposición de Materiales de Desecho

El contratista debe transportar el material de desecho al tiradero designado por el patrón. Se debe evitar la quema de madera contaminada o deteriorada en la obra, en caso de ser realmente necesario, se debe buscar que sea en -

condiciones controladas. No se debe permitir que algún desecho o basura penetre en las alcantarillas públicas ni en los conductos de agua. La disposición de desechos dañinos como productos químicos y asbestos debe ser de acuerdo con el patrón y con las autoridades de salud locales.

3.3.9. Seguros.

El contratista debe asegurarse contra todas las quejas respecto a cualquier daño o accidente a cualquiera de sus hombres (Seguro Social), o a terceros, y contra cualquier daño a otra propiedad debido a las actividades de demolición que vaya a seguir (Ver 3.2.9.). También debe asegurarse contra cualquier responsabilidad contractual, (en este caso no existe ningún seguro en México que asegure esta situación, por lo que es importante que el contratista prevea esta situación).

3.4. Trabajos Preliminares

Existen varios factores que deben ser tomados en cuenta en los trabajos de demolición, estos deben ser considerados antes que tomemos alguna decisión del método a usar.

Los datos recopilados de las activiades anteriores, el método empleado durante la construcción de la estructura-

así como la condición de esta son factores para una elección apropiada para cualquier demolición y también para conocer - un costo preliminar del trabajo a realizar.

3.4.1. El Medio Circundante

Se considera que los elementos naturales e históricos deberán permanecer en pie y darles una protección adecuada. Los árboles a conservarse deberán listarse y numerarse, una defensa protectora se debe levantar a su alrededor.

La localización exacta de los servicios públicos - es importante, cualquier línea de drenaje, cables, instalación hidráulica y ductos que crucen el terreno deberán de -- ser protegidos contra impactos, cargas pesadas o por interferencias. Aquellas ramificaciones de drenaje que no serán -- utilizadas después de la demolición deberán ser selladas y - taponeadas con algún material cementante.

3.4.2. La Estructura a ser Demolida

Como mencionamos anteriormente, la edad y condición de la estructura a ser derribada es de vital importancia. - La edad y condiciones de las propiedades vecinas deberán ser consideradas (ver 3.3.2.). Las propiedades adyacentes pueden en un momento dado encontrarse sustentadas en la estructura a demoler, por consiguiente los muros de colindancia, -

deberán ser revisados, para cualquier aclaración por daños a las mismas.

El suelo en donde se encuentra desplantada la estructura podría parecer irrelevante, pero es un factor importante ya que puede afectar el trabajo a futuro, por ejemplo, los suelos como el de la Ciudad de México, pueden transmitir las ondas de choque a una distancia considerable y por consiguiente causar un deterioro en las estructuras vecinas.

Existen partes de la estructura a ser demolida que pueden ser ocupadas en la nueva estructura a construirse, -- más adelante hablaremos del reciclaje de los materiales producto de la demolición.

La cimentación deberá ser revisada y, es necesario verificar antes de ser removido cualquier material de los muros, si éstos no se encuentran sujetos a fuerzas laterales.

Con base en el punto 3.3.1. es importante tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Atención al diseño estructural de la estructura para poder determinar que partes de la estructura depende de otras para así mantener la estabilidad.

- b) Algunos marcos o losas pueden descansar sobre muros de carga, por lo que el remover alguno de ellos podría provocar un colapso prematuro.
- c) Existe muy poca experiencia en la demolición de miembros de concreto reforzado pre-tensionados y post-tensionados, pero para evitar cualquier falla se recomienda conocer el sistema de tensado que se utilizó.

La posición y la profundidad de cualquier tipo de cisterna deberá anotarse para poder así tomar medidas precautorias. Un tipo común de almacenamiento subterráneo son --- aquellos depósitos de gasolina o diesel. Estos deberán ser vaciados y llenados con agua cuando el edificio ha sido evacuado con fin de proteger cualquier tipo de explosión.

CAPITULO 4 METODOS DE DEMOLICION
(ESTUDIO COMPARATIVO)

4.1. Generalidades

El conocimiento de los diferentes métodos de demolición que se han desarrollado en diversas partes del mundo nos pueden servir de parámetro para la elección de un sistema que se adapte a las necesidades del país y, la problemática surgida en la Ciudad de México con los Sismos de Septiembre de 1985. Es importante conocer las ventajas y desventajas de cada una de estas técnicas, así mismo, hay que tomar en consideración el ambiente en el que el trabajo se vá a desarrollar, para evitar en lo posible problemas de ruido, polvo y vibración en una ciudad tan conflictiva como la Ciudad de México, todo esto con el fin de llevar a cabo demoliciones con éxito y sin riesgos. En este capítulo con base en estos aspectos haremos un breve estudio comparativo de los métodos más eficaces que se han desarrollado actualmente

4.2. Explosivos

La ejecución técnica programada de demolición por explosivos va directamente relacionada al conocimiento detallado de los efectos que el explosivo habrá de desarrollar una vez que fué colocado técnicamente en el lugar predeterminado y ha sido iniciado correctamente por los elementos instantáneos o de retardo, según se haya programado. (Ref.11)

Para comprender claramente cómo actuará el explosivo en determinado punto de aplicación, debemos conocer las especificaciones del mismo y estar íntimamente identificados con lo que este puede realmente producir.

El efecto del explosivo confinado en un medio y su enorme fuerza generada al detonarse, trabajará en todas direcciones, produciendo trabajo que iniciará su liberación en los puntos más débiles en que se encuentre confinado creando fisuras (fragmentación inicial inmediata). Los gases producidos en fracciones de microsegundos motivo de la explosión producirán el empuje y desplazamiento de las partes fragmentadas.

Los explosivos se denominan como una mezcla de substancias capaces de desarrollar una reacción química exotérmica a muy alta velocidad, potencia, presión y temperatura. Su propósito principal es la liberalización instantánea de gas y calor, que es lo que llamamos explosión.

Es de vital importancia la energía contenida en un explosivo, ya que ésta nos dará la cantidad de trabajo que es capaz de realizar. Generalmente la energía se expresa en calorías/gramos o por pie libra/libra o alguna modificación de estas unidades.

Es fundamental el conocer el explosivo a utilizarse en demoliciones. El informarse en detalle sobre la gama de iniciadores y su funcionamiento, harán posible la detonación técnica del explosivo y a la vez permitirán el control del efecto de demolición deseado.

Los iniciadores incluidos en las listas de accesorios para la Industria de los explosivos, son elaborados con la finalidad de iniciar en forma instantánea, retardada o en secuencia, la detonación de las diferentes cargas a trabajar. Es aquí donde se determina la secuencia de trabajo del efecto del explosivo.

La gama de iniciadores que existen en el mercado es muy grande: de fuego (chispa), de cordones detonantes con núcleo explosivo (que conducen direccionalmente una explosión iniciadora), de estopines eléctricos (de milisegundos, instantáneos o por tiempos), de acción por gas (cargado en las líneas que forman su sistema), del Sistema Nonel (no eléctrico, de inversión sueca y que transmite una señal de baja energía por conducto de un tubo capilar). Así, esta variedad de iniciadores de los cuales debemos conocer sus características, nos dan técnicamente la clave en la iniciación de las cargas en secuencia y que debemos aplicar de acuerdo al diagrama de iniciación.

En la demolición de edificios los iniciadores son de vital importancia para el buen resultado del trabajo; la dirección de la caída, la fragmentación de la estructura, la seguridad de la obra y su costeabilidad serán factores que estarán en función del diagrama de aplicación y la caída programada.

La diversidad de tiempos de los iniciadores, ofrecen que la detonación de las cargas sean realizadas en los puntos y momentos precisos. De acuerdo al plan técnico de demolición el retardador actuará en el lugar y nivel de construcción requerido.

Comprendiendo el efecto del explosivo y la acción que desarrolla el iniciador o retardo, según el caso, podremos perfectamente considerar la forma en que debemos efectuar la demolición de piezas que forman la estructura.

Es importante programar la demolición de un edificio aprovechando su propio peso; el no planearla correctamente puede crear la caída del mismo con muy mala fragmentación, dejando losas, trabes, columnas superiores sin la correcta demolición; el costo de limpieza aumentará, el quebrado adicional aumentará en forma directa a la buena o mala fragmentación de caída. La demolición debe programarse técnicamente y en su finalidad obtener las ventajas de seguridad, de tiempo y de costo.

La relación explosivo/demolición irá modificándose de acuerdo al tipo de edificio a demoler. En edificios bajos con poco peso es conveniente tratar de efectuar la caída en forma rápida tratando de aprovechar al máximo la altura y el peso del mismo. En edificios de 6 o más niveles también puede programarse la caída hacia la dirección necesaria; sin embargo, si los tiempos de retardo han sido ampliados será conveniente crear una caída adicional de los pisos superiores, a fin de propiciar más golpeteo entre secciones de pisos superiores en caída sobre secciones de pisos inferiores.

La finalidad anterior es obtener fragmentación y demolición total del edificio.

Si por la localización del edificio a demoler se necesita hacer la caída sobre su propio perímetro se planeará la demolición en sitio. La secuencia de los iniciadores son la parte medular de la demolición y es así que podremos dirigir la caída del edificio.

Al comprenderse la función de los accesorios y las características de los explosivos se podrá diseñar la demolición, dándole la caída simultánea en los extremos si así se necesita y en secuencia programada demoler hacia el centro, o trabajar por las esquinas al centro en caso de que se requiera demoler el edificio sobre su centro.

Las ventajas del uso de explosivos son que éstos resultan muy versátiles y tienen gran flexibilidad en función del rendimiento de trabajo. El método es rápido, requiere solamente una pequeña cantidad de equipo de apoyo y se puede poner en práctica en espacios limitados; sobre todo, es más silencioso que muchos otros métodos de demolición. Comparado con otros métodos de demolición, el uso de explosivos en estructuras grandes puede redituarse considerables ahorros financieros.

Las desventajas principales que presenta la demolición por explosivos, son que la vibración excesiva sobre el suelo puede dañar estructuras adyacentes y la ráfaga de aire puede causar daño superficial en otras partes. Se deben tomar precauciones para detener los restos despedidos por el aire y, en todas las circunstancias, se debe mantener un estricto control del lugar para garantizar la seguridad del personal de la obra y del público en general. También se debe procurar otro tipo de seguridad para evitar la pérdida o robo de los explosivos. Otra desventaja que vale la pena tener en cuenta es que, por lo general los explosivos no cortan el acero de refuerzo, de manera que éste habrá de ser fragmentado o removido por otro método.

4.3. Bola y Grúa

Este es uno de los métodos más populares que existen actualmente y consiste sólo en una grúa y una bola de acero que pesa más de media tonelada y que se lanza o se balancea sobre el elemento por demoler. (Ref. 13). Este método, sin embargo, requiere de mucha habilidad por parte del operador de la grúa y una maquinaria del modelo apropiado, potente y bien conservada.

Entre las ventajas que este método presenta se tiene que el operador y el equipo están fuera del edificio durante el proceso de demolición y que el material se rompe en pequeños pedazos, aunque en obras de concreto reforzado las varillas de refuerzo a menudo no se rompen y tiene que hacerse un corte secundario.

Como desventajas de este método hay que considerar que el rendimiento del trabajo está limitado por el tamaño de la grúa. Este procedimiento causa también una considerable cantidad de polvo y vibración, lo cual puede no ser aceptable en áreas de población concentrada.

4.4. Equipos de Presión Expansiva

Este método de demolición se puede dividir en tres tipos principales: expansores hidráulicos, expansores de Gas y Gatos hidráulicos. Los tres funcionan con el objeto de crear una fuerza expansiva dentro del concreto y romperlo por tensión (a la que el concreto es débil). Ref. 13

Las ventajas de los diversos métodos de presión expansiva son que resultan silenciosos no producen vibración y son relativamente baratos. Sus desventajas es triban en que tienen poca precisión e implican cierto movimiento de la masa que se va a demoler. No rompen grandes concentraciones de refuerzo y requieren de la perforación previa de agujeros y aberturas.

4.4.1. Expansores Hidráulicos

Comunmente se utilizan dos formas de equipo: el expansor de émbolo y el expansor de cuña.

El expansor de émbolo consiste en un cilindro central vertical (que puede ser cuadrado en su sección transversal), en cuyo lado se fuerzan una serie de pistones o émbolos hacia afuera y en dirección horizontal gracias a una presión hidráulica. El dispositivo se inserta con una camisa de acero dentro de un agujero previamente taladrado en el concreto que va a demolerse, y se somete a una presión hasta de 1275 kg/cm²; esto provoca que los émbolos se expandan y rompan el concreto. Como el dispositivo se expande sólo en una dirección, tiene que orientarse cuidadosamente tanto con respecto a la camisa de acero como en la dirección en que se desea que ocurra la ruptura.

El expansor de cuña consiste en una cuña de acero que se retrae bajo presión hidráulica entre dos camisas de acero ahusadas. El dispositivo se inserta dentro de un agujero previamente taladrado en el concreto que se va a demoler y la cuña se retrae; por lo tanto, fuerza hacia afuera las camisas y rompe el concreto. En este dispositivo las camisas son parte integral del aparato.

En cualquier caso los expansores se utilizan a menudo en múltiples posiciones alimentados por una fuente común de presión hidráulica.

4.4.2. Expansores de Gas (casquillos Cardox)

El cardox se basa en un casquillo indestructible de acero de aleación de alto grado, que está sellado en un extremo con una cabeza de descarga atornillada y seguros de retención. En el otro extremo tiene una cabeza de encendido atornillada. El casquillo se llena con dióxido de carbono líquido y un tubo de papel que contiene una mezcla química no explosiva; después se inserta dentro de un agujero previamente

barrenado en el concreto (aproximadamente 3mm mayor en diámetro que el casquillo) con un dispositivo detonador para iniciar la reacción química; ésta se excita, a su vez, por medio de un condensador de dinamo o fulminante tipo magneto que descarga una corriente eléctrica a través de un cable desde una posición alejada. Cuando el circuito se cierra, el tubo de mezcla química no explosiva actúa como un excitador para el dióxido de carbono que ha estado sujeto a una presión alrededor de 214 Kgm/cm²; en este punto un disco de acero se rompe en el extremo de descarga y el gas escapa a través de los agujeros de la cabeza de descarga.

La fuerte presión expansiva (entre 1224 y 2754 kg/cm²) ejercida por este gas frío rompe el concreto con una violencia mínima, ya que la fuerza es de empuje potente y no explosiva.

Como precaución para que el casquillo no sea lanzado fuera del agujero debido a la falla de los seguros de retención, es importante cubrir el agujero con el cucharón reforzado de una excavadora o alguna pieza de acero laminada sobrecargada con bolsas de arena. Después de que el casquillo se ha descargado, se recupera y se recarga para utilizarlo de nuevo.

4.4.3. Gatos Hidráulicos

Los gatos hidráulicos se han utilizado durante muchos años con propósitos industriales, y su aplicación en trabajos de demolición es una extensión lógica de su empleo. No obstante, son de constitución mucho más fuerte que los gatos industriales para que tengan la capacidad de soportar las condiciones de la obra y de ejercer cargas concentradas muy altas dentro de la masa del concreto que va a ser demolido. Al igual que con otro tipo de expansores, es necesario barrenar previamente en el concreto un agujero o abertura para colocar el gato.

El número, esparcimiento y configuración de los gatos depende naturalmente de la forma y dimensión del elemento que se va a demoler.

4.5. Lanza Térmica

La lanza térmica fué desarrollada y usada durante la Segunda Guerra Mundial, por la Ingeniería Militar, hoy en día es utilizada por un gran número de empresas especializadas en demolición en Europa. Esta consiste en un tubo de acero dulce no soldado, de aproximadamente 3m de longitud y 9.5 0 19mm de diámetro, en el cuál se introducen varillas de acero de bajo carbono (también se pueden usar varillas de acero de alto carbono o de aluminio).

El extremo roscado se atornilla en un mango que incluye una válvula de control de oxígeno. El oxígeno, a una presión de alrededor de 7.14 kg/cm², pasa a través de la lanza térmica y en el extremo abierto se calienta con el mecanismo tradicional de encendido, utilizando oxígeno-propano u oxígeno-acetileno para iniciar el proceso. Una vez encendido, ocurre una reacción o fusión entre el oxígeno y el acero, para desarrollar una temperatura de 2200°C aproximadamente, aunque pueden también originarse temperaturas hasta de 4000°C según el tipo de varillas que utilice.

Cuandó la boquilla encendida de la lanza se aplica al concreto, la sílice se funde, se combina con el acero y forma una escoria de silicato de acero que debe dejarse drenar libremente lejos del área de trabajo. Al enfriarse y solidificarse la escoria forma una masa frágil, que después puede removerse con facilidad.

Durante el proceso de combustión, la propia lanza se consume a una velocidad de aproximadamente 2 m por cada 300mm perforados, aunque ésta, por supuesto, varía de acuerdo con el tipo de material utilizado.

Una velocidad típica de perforación para un agujero horizontal de 50mm de diámetro en el concreto (con una lanza de 10mm de diámetro) es de aproximadamente 150mm por minuto.

Es obvio que con temperaturas tan altas y con el peligro de la escoria fundida que se produce en el proceso de corte, los operadores deben usar todo el tiempo ropa de protección. Esta consiste normalmente en batas, pantalones, polainas y guantes aluminizados y zapatos para la protección de los pies. Es una ventaja considerable que el operador vaya provisto de un casco contra el polvo para mejorar las condiciones de trabajo. También puede ser de ayuda una malla metálica colocada entre el operador y el área de trabajo.

El procedimiento de demolición consiste en cortar con la lanza una serie de agujeros adyacentes para formar una línea de ruptura en la masa de concreto. El espaciamiento de los agujeros depende de la técnica secundaria de ruptura que se vaya a utilizar, por ejemplo, presión expansiva, de cuña o herramientas neumáticas manuales. El método es muy efectivo para efectuar cortes horizontales, en los que la escoria fundida tiene que conducirse incrementando la presión del oxígeno, lo cual limita la profundidad máxima de corte a 700mm.

Las ventajas del método son que no causan vibración, es relativamente rápido e ideal donde el ruido producido por las herramientas de aire u otros procedimientos de corte o ruptura pueden causar problemas. También se puede usar en áreas limitadas sujetas a ventilación adecuada; los elementos muy reforzados no representan problemas con este método. Las desventajas son que durante el proceso se emiten humos y vapores, así como chispas y escoria fundida, los cuales pueden presentar un serio peligro de incendio. Además, este procedimiento es caro, especialmente cuando se trata de cortes verticales.

4.6. Sierras y taladros de Diamante

Los cortes o agujeros taladrados más limpios en el concreto endurecido se logran utilizando herramientas con bordes de diamante. Estas son herramientas rotatorias de alta velocidad y movimiento alternativo que funcionan mediante la acción cortante de una matriz superficial en la que están incrustadas pequeñas piezas de diamantes industriales. Pueden tener forma de discos delgados o cuchillas de diversos diámetros y longitudes que pueden formar cortes rectos, limpios y precisos en muros y losas de concreto reforzado.

En ocasiones tienen forma de tubos rotatorios que extraen corazones cilíndricos ; cuando se cortan en línea continúa se conoce como taladro de "costura"

Para impulsar las herramientas de corte que, en muchos casos, se mantienen en posición por medio de poderosos cojinetes de succión al vacío, se utiliza energía hidráulica o neumática. La superficie de la herramienta que está en contacto con el concreto requiere de un suministro de agua para lubricar el corte y controlar la temperatura. La velocidad y fuerzas variables en el borde cortante rara vez se pueden controlar. Como la superficie del concreto cortado es suave y relativamente uniforme, este método tiene particular aplicación cuando el objetivo es la demolición parcial, por ejemplo, al hacer aberturas en muros y losas.

Además, el método puede aplicarse en la demolición de estructuras altas, en las cuales se debe reducir al mínimo la cantidad de escombros que caen al suelo y las secciones cortadas tienen que retirarse con grúa de manera controlada.

Las ventajas del corte y taladrado con diamante son que la vibración o choque producido sobre el elemento cortado es insignificante y que las superficies y agujeros se pueden ubicar con considerable precisión en áreas limi

tadas. Las herramientas con bordes de diamante también cor - tan fácilmente el acero de refuerzo.

Las desventajas de estos instrumentos son su alto costo, su avance relativamente lento y, quizás la necesidad de suministro y drenado de copiosas cantidades de agua. En ciertas circunstancias el ruido que producen tam - bién puede ser un problema.

4.7. Herramientas 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 compresoras de aire portátiles estándar, aunque algunas veces se utilizan otras fuentes de energía, como la hidráulica y los motores eléctricos autónomos.

Existe también gran variedad de puntas de herramientas para diversos propósitos. Con una punta apropiada y un dispositivo para rotación ligera para 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 y tendones para cortarlos posteriormente con soplete de oxígeno.

Este tipo de rompedores son particularmente útiles en la demolición de concreto reforzado, tomando en cuenta la facilidad con que puede romperse la superficie del concreto detrás del refuerzo expuesto o de los tendones de presfuerzo. 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 va a romperse sea adyacente a un borde libre.

Las ventajas de los rompedores manuales es-
triban en que son muy asequibles y pueden utilizarlos operado-
res relativamente poco calificados en obras limitadas o abier-
tas. Su costo básico es relativamente bajo en comparación con
otros equipos.

Las desventajas son que los rompedores ma-
nuales sólo se pueden utilizar hacia abajo, y sobre un borde
libre; además son ruidosos y vibran mucho durante su funcio-
namiento. Para compensar parcialmente las dos últimas des-
ventajas, el rompedor y el compresor se puede proveer de dis-
positivos 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.

4.8. Rompedores hidráulicos, y neumáticos montados en máquinas

Los progresos en la mecanización de los tra-
bajos de demolición han sido considerables en los últimos a-
ños. Desde los conocidos excavadores operados hidráulicamente
y los cargadores que se encuentran en muchas obras en cons-
trucción, se han fabricado numerosas máquinas con diversos
accesorios para trabajos de demolición.

Las principales ventajas de este tipo de ma-
quinas son su alto rendimiento 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 desventajas son que las máquinas nece-
sitan un acceso adecuado y una base firme y relativamente
plana desde la cual trabajar; además, sólo pueden 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. Algunas de ellas
producen ruido y polvo excesivos. También pueden surgir difi-
cultades durante el manejo del acero de refuerzo enredado.

Como ejemplos típicos de este tipo de equipo pueden considerarse los siguientes:

4.8.1. Rompedores Neumáticos.-

Se han creado rompedores neumáticos de percusión montados en plumas con mucho mayor poder que el posible desarrollar en rompedores manuales. Estos rompedores neumáticos pueden implicar grandes avances en la demolición de pisos y muros de concreto de hasta 500mm de espesor en o arriba del nivel de apoyo de la máquina.

4.8.2. Rompedor Hidráulico.-

Una máquina especialmente diseñada, conocida en Gran Bretaña como Niebbler ("Mordisqueador"), la cual rompe el concreto por flexión y dentellado.

Esta máquina es capaz de romper caminos de concreto reforzado y losas de piso de hasta 400mm de espesor. Las ventajas particulares de esta máquina estriban en que es silenciosa y no causa vibración ni polvo excesivos.

4.8.3. Pluma Telescópica de Demolición

Diseñada recientemente por la compañía Liebherr, la pluma hidráulica montada sobre una excavadora rompe muros y pisos ejerciendo sobre éstos un fuerte empuje o tirón horizontal de aproximadamente 8 toneladas. Una ventaja particular de esta máquina es su largo alcance y la facilidad con que se puede derribar un muro de mampostería.

4.8.4. Bulldozer con cucharón de demolición

La reciente creación de un cucharón de demolición o derribador que puede adaptarse a los Bulldozers más grandes, ha aumentado la facilidad y rapidez para limpiar obras de demolición. El cucharón por sí mismo es capaz de comprimir y romper el material por medio de sus mandíbulas

operadas hidráulicamente y cargar directamente en los carros los escombros resultantes.

4.9. Chorro de Agua

El corte del concreto con chorro de agua a alta presión para fines de demolición no es una práctica muy común debido a su poca eficiencia. Sin embargo, existen bombas y equipos que pueden generar presiones de agua de 357 a 1224 kg/cm² y velocidades de flujo de 35 a 60 l/min, los cuales son capaces de erosionar la matriz de cemento y desprender por lavado el agregado; dichas presiones no son suficientemente altas para cortar realmente el agregado dentro de la masa de concreto. No obstante, el sistema continúa evolucionando y se está intentando la introducción de materiales abrasivos en el chorro de agua.

La ventaja del chorro de agua estriba en que es silencioso y no produce vibración. Las desventajas son que se requiere considerable cantidad de agua y drenaje adecuado para llevar el agua de desecho lejos de la obra. Debido a la gran energía que necesita y a su baja velocidad de corte, el método es relativamente ineficaz y por lo tanto, costoso.

Además, el operador debe estar apropiadamente protegido del agua y de los escombros despedidos al aire. El chorro de agua no corta el acero de refuerzo, lo cual representa una desventaja para la demolición, pero puede ser una ventaja en trabajos de reparación debido a que el acero queda limpio.

4.10. Otros Métodos de Demolición

4.10.1. Corte con Microondas

Este método de romper concreto ha sido desarrollado principalmente en Gran Bretaña y consiste en dirigir

microondas en tubos de metal, conocidos como guías de ondas, hacia adentro del concreto que se va a cortar. La energía transmitida es absorbida por el concreto y las partículas de agua que hay dentro de él y que se convierten en vapor. Así pues, las fuerzas internas producidas en el concreto por la expansión y la presión del vapor puede exceder fácilmente la resistencia a la tensión del material.

4.10.2. Corte con Laser

El concreto es un probable candidato para el corte con laser gracias a su baja conductividad térmica. Se han llevado a cabo algunas obras sobre el corte de concreto y diferentes tipos de roca, pero los pocos resultados experimentales de que se dispone no son suficientemente cuantitativos para permitir una extrapolación razonable.

Sin embargo, se pueden considerar dos formas viables de corte: el material puede fundirse y lanzarse lejos por medio de chorros de aire o forzarse hasta la falla mediante choque térmico.

4.10.3. Corte con Arco Térmico de Plasma

El plasma está compuesto de núcleos de gas de los cuales se han arrancado los electrones y tienen una temperatura de 10,000 a 40,000°C.

Con base en este principio, se ha ideado una pistola prototipo, en la que el plasma se obtiene al pasar a través de un arco eléctrico una mezcla de Argón y Nitrógeno bajo presión. La pistola ha fundido satisfactoriamente el concreto, pero se ha observado dificultad para remover el material fundido.

4.10.4. Ruptura por Presión de Agua

Este método fué originalmente creado para romper grandes rocas en las minas y canteras, pero también puede usarse para la fragmentación de concreto masivo despúes de la demolición inicial.

Básicamente consiste en taladrar un agujero en la masa de concreto y encender un proyectil de agua dentro de él; la alta presión de agua que se forma en el agujero divide el concreto en pequeños fragmentos.

4.10.5. Polvos Expansivos

Los polvos finamente molidos se mezclan con agua y la lechada resultante se vacía en agujeros previamente barrenados en el elemento por demoler. Al fraguar, la masa expande y causa fracturas por tensión dentro del elemento. Una ventaja importante de este método es que no está sujeto a normas de manejo de explosivos.

4.10.6. Corte con cable de Acero

Una herramienta efectiva de corte consiste en un cable continuo de acero alimentado con un abrasivo suspendido en agua. Originalmente fué diseñada para usarse en canteras de mármol, pero ahora puede utilizarse para cortar concreto hasta de 1 metro de espesor.

4.10.7. Lanzas de Polvo

Una variación de la lanza térmica en la que se utilizan varillas metálicas, es aquella en la que se usa una mezcla de polvo de hierro y aluminio en combinación con una flama de oxíacetileno u oxígeno.

CAPITULO 5.- Elección del Sistema de Demolición

5. Elección del Sistema de Demolición.

5.1 Generalidades.

Es importante realizar un análisis de los sistemas de demolición más acordes con los recursos y necesidades de la construcción en México; veremos que de la problemática surgida por los terremotos del 19 y 20 de septiembre se adoptaron varios sistemas que dependieron de las circunstancias en que se encontraban los edificios; partiendo del capítulo anterior donde planteamos varios sistemas, considero recomendable utilizar el sistema tradicional adaptado en México y la demolición por explosivos, que son los que debido a las circunstancias actuales y la problemática que representa en sí el trabajo nos resulta más adecuado a la realidad.

Para poder realizar un análisis efectivo de estos dos sistemas haremos una comparación costo-tiempo de esto, para lo cual propondremos la demolición de una estructura tipo en donde simulamos daños originados por los sismos que recomendaran su demolición.

5.2. Experiencias de los Sistemas de Demolición utilizados en los Edificios de concreto dañados por los Sismos del 19 y 20 de Septiembre.

Uno de los casos más interesantes e ilustrativos respecto a la demolición de un edificio de concreto dañado por el Sismo fué el edificio principal de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) , ubicado en la Avenida Cuauhtemoc en la colonia Doctores, este edificio estaba formado por una estructura reticulada de concreto de 10 pisos más un nivel de sótano, a lo largo de una cuadra completa; con el Sismo del 19 de Septiembre sufrió un colapso parcial en sus dos últimos niveles y en el resto de su estructuras quedó seriamente dañado, lo que recomendaba la demolición total.

El exceso de peso en la estructura y la falta de confinamiento y rigidez en las columnas de los dos últimos niveles, provocó que se colapsaran las losas que soportaban, quedando éstas encimadas sobre el 8º nivel, como se puede apreciar en las siguientes fotografías.

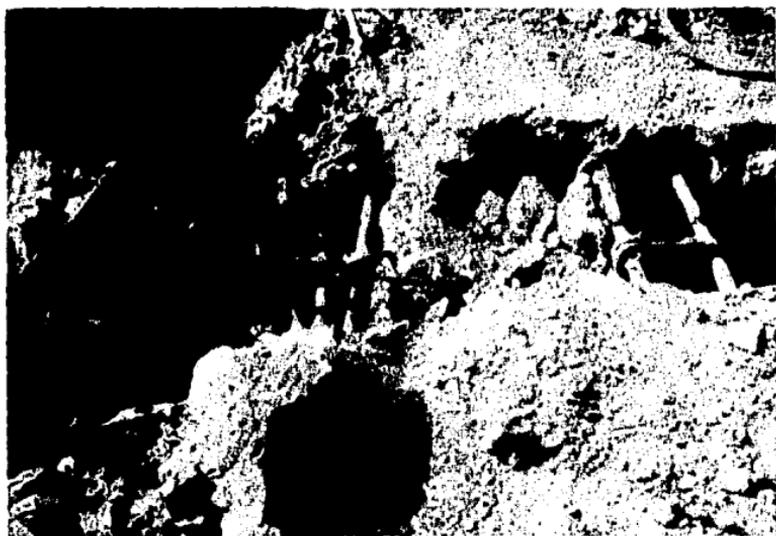


La empresa contratada para efectuar la demolición de la estructura fué la Constructora México, la cuál después de un estudio de la situación de la estructura que abarcaba en parte los detalles, tipo y posición del refuerzo empleado, así como la localización de aquellos elementos de estabilidad vital para ésta; decidió emplear el siguiente método el cual comprendía la demolición de 26 000 m², en un lapso según lo programado de 90 días, a un costo de 13 500 por metro cuadrado, todo ésto estimado en Octubre de 1985.

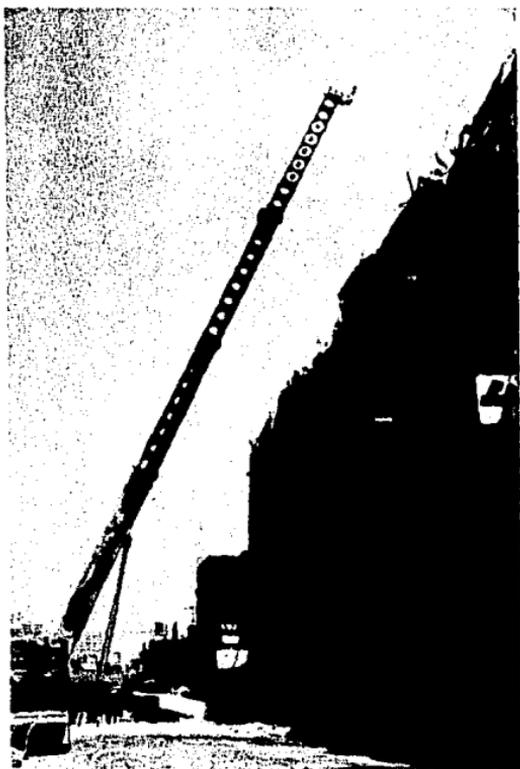
Las losas de concreto armado se demolerían mediante el corte con una pistola neumática y equipo de oxiacetileno, paralelo al refuerzo principal reduciendo la losa a secciones más pequeñas aproximadamente de 3 x 2 metros, como podemos observar en las siguientes fotografías.

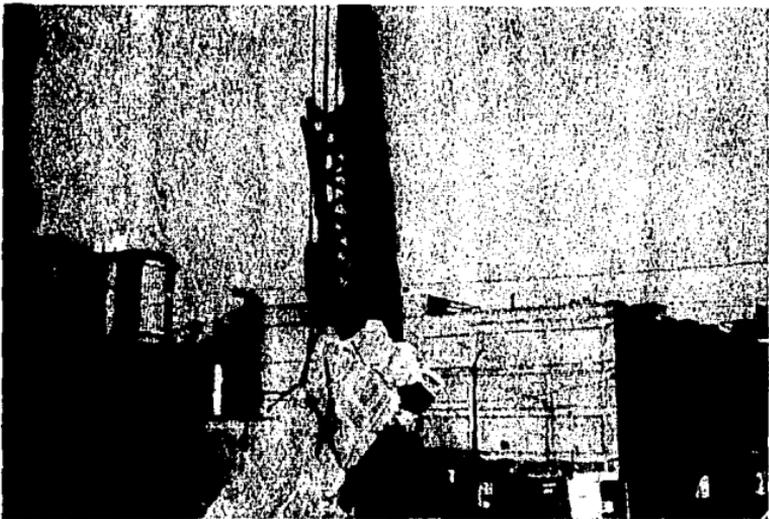
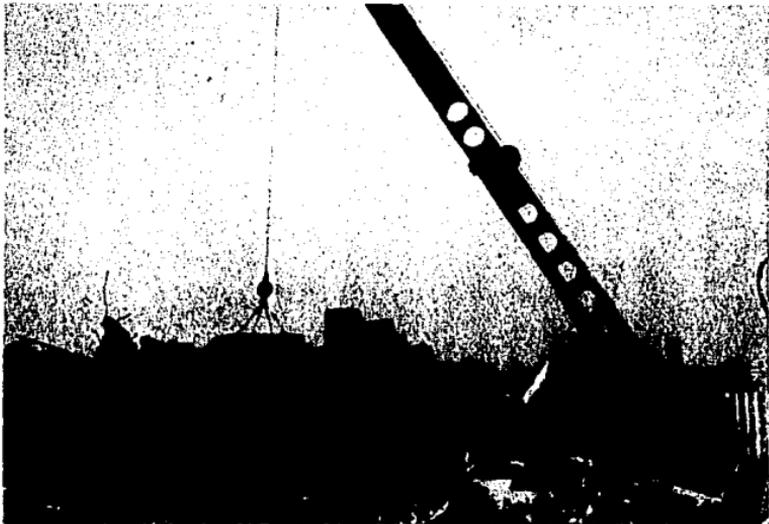






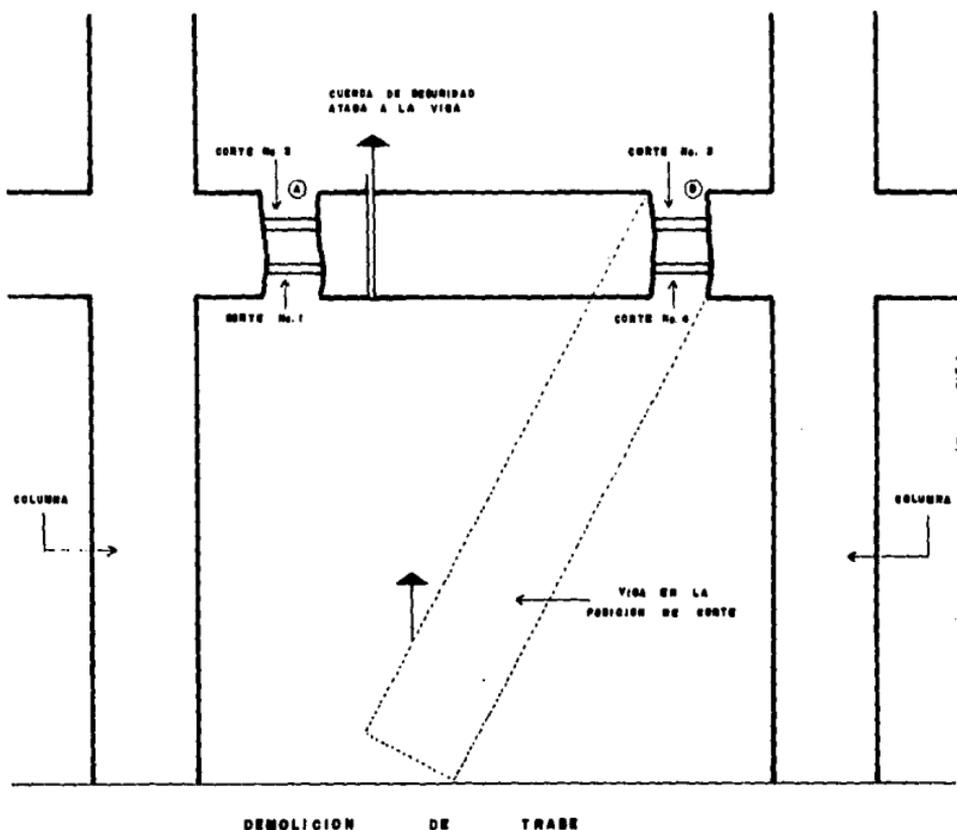
Una vez reducida la losa, se procederá a sujetarla con un cable de acero de tal manera que una grúa (grave) de 120 toneladas, con un brazo telescópico que alcanza hasta 40 metros, la transportará del nivel de piso, como se puede apreciar en las fotografías.





Así se procedería a retirar las losas colapsadas que pertenecían a los dos últimos niveles, para posteriormente continuar con las losas que soportaba.

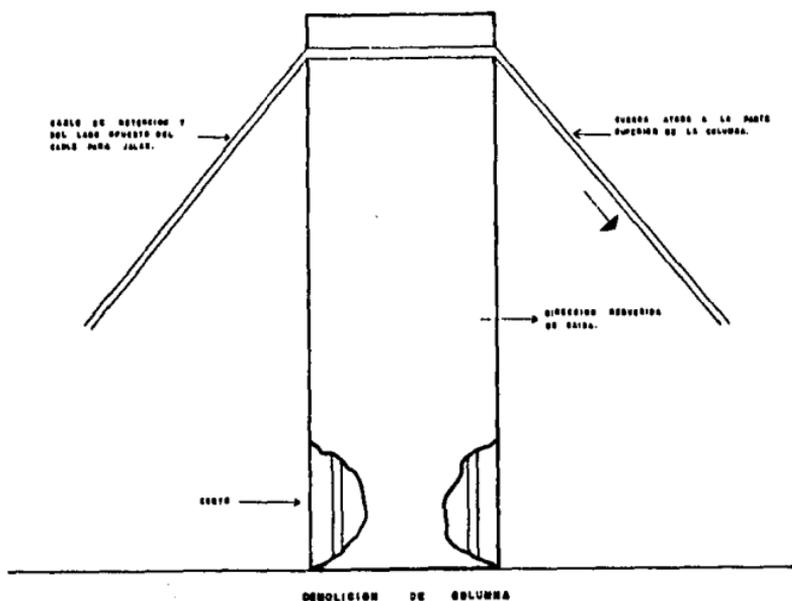
Para la demolición de las traveses, después de haber retirado las cargas que soportaban, primero se colocarían cables de acero o cuerdas para soportar cada trabe, una vez sujetadas se procedería a retirar el concreto de los extremos con una pistola neumática, a continuación se corta el refuerzo de un extremo con el equipo de oxiacetileno y se bajaría la trabe con el tensor. (Ver Figura)



Por último el refuerzo se cortarfa en el otro extremo y toda la viga sería bajada por medio de la grúa a nivel de piso para su ruptura.

Para remover las columnas de concreto, primero se quitarfa todo el peso que ésta estuviese soportando y dejarla exclusivamente con su peso propio, de ahí se colocarfan dos cables a la parte superior de ella para proveer un soporte y las varillas de refuerzo se expondrán con una pistola neumática tan cerca de la base como sea posible. El corte se harfa del lado opuesto de la columna al cable que se ha seleccionado para jalar.

(Ver figura)



La columna sería entonces jalada por medio de una máquina o gancho usando la segunda cuerda como una línea de estabilidad, de ahí se procedería a bajarla a nivel de piso por medio de la grúa para su ruptura a base de pico y marro.

Conforme fuera avanzando la demolición la rezagada del material transportado a nivel del piso se efectuaría a base de cargadores frontales y camiones.
(Ver Fotografía)



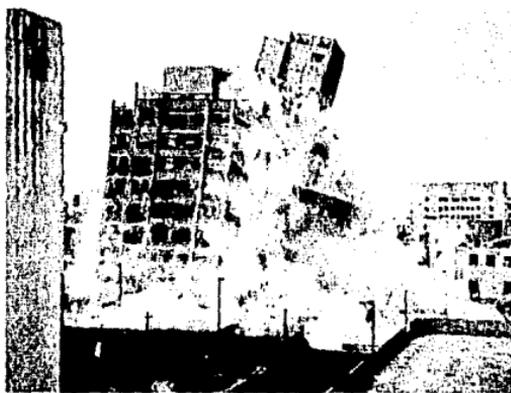
Esta sería la secuencia que se había previs
to seguir para la demolición de la estructura, sin embargo,
debido a la falta de presupuesto por parte del gobierno y lo
costoso que el trabajo resultaba, la demolición tuvo que ser
suspendida a 20 días de haber sido empezada la obra y habiénd
dose gastado \$ 81'000,000 de pesos; posteriormente el D.D.F.
proyectó su demolición mediante explosivos, pero hasta el
momento en que fué elaborado este trabajo la obra seguía sus
pendida.

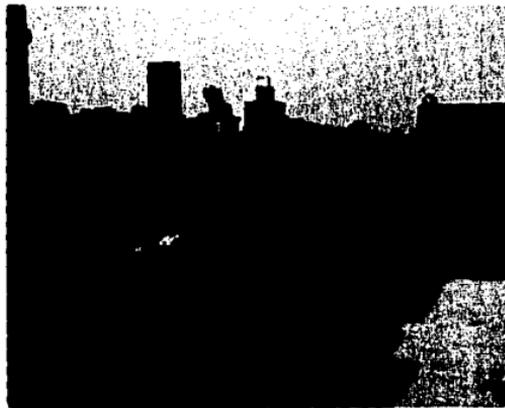
Otro caso interesante, es el de la demolición por medio de explosivos efectuada el 5 de Enero de 1986 en un edificio de 12 niveles de concreto, ubicado en el Eje Central y Pensador Mexicano.

Para lograrlo de la mejor manera posible intervinieron diversas dependencias del Gobierno, tales como: La Secretaría de la Defensa Nacional, la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR) así como empresas particulares: COMETRO, DU PONT y COCONAL, contando con un grupo de técnicos especialistas en explosivos.

Debido a los daños provocados por los terremotos que azotaron a la Ciudad de México en Septiembre de 1985, este edificio representaba un peligro para la comunidad, su demolición presentaba el reto de su cercanía con otras edificaciones, un restaurante en servicio colindante y mantener sin obstrucción la circulación del Eje Central Lázaro Cárdenas, una de las arterias más importantes y transitadas de la Metropoli.

El resultado de la voladura secuencial, lograda con los estopines eléctricos de retardo fué exitoso; el edificio quedó reducido a un montón de escombros, de una altura equivalente a un edificio de tres pisos, perfectamente fragmentado, lo que facilitó su remoción, misma que se llevó a cabo en un tiempo record; ningún edificio cercano, ni el restaurante colindante sufrieron el menor daño, y el Eje Central se abrió a la circulación vehicular 30 minutos después de la demolición en cuanto el polvo fué lavado, el tipo explosivo utilizado en la demolición fué un Hidrogel de diámetro pequeño.





5.3. Características de la Estructura que será demolida

Para poder realizar el análisis del sistema tradicional de demolición y el sistema de demolición con explosivos, a fin de comparar dichos sistemas, es necesario contar con los cálculos estructurales de algún edificio.

A continuación se presentan algunos datos de los resultados del cálculo de un edificio de cuatro niveles para oficinas utilizando los criterios de la teoría elástica, los cuales nos servirán para lograr nuestros objetivos. Esta estructura a sido tomada de la Ref. 29 , debido al detalle con el que aparecen los cálculos del diseño.

DATOS:

$F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$	$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$
$f'c = 90 \text{ kg/cm}^2$	$f_s = 2,100 \text{ kg/cm}^2$
$N = 14$	$Q = 15 \text{ kg/cm}^2$

Con el fin de tener una idea general del peso del edificio, por convenir para los cálculos de la demolición, se presentan las cargas que actúan en el edificio:

Azotea

Enladrillado	120 kg/m ²
Relleno de tezontle	300 kg/m ²
Losa de concreto armado	240 kg/m ²
Plafond de yeso	60 kg/m ²
Trabes	72 kg/m ²
Carga muerta	792 kg/m ²
Carga viva	100 kg/m ²
Carga Total	900 kg/m ²

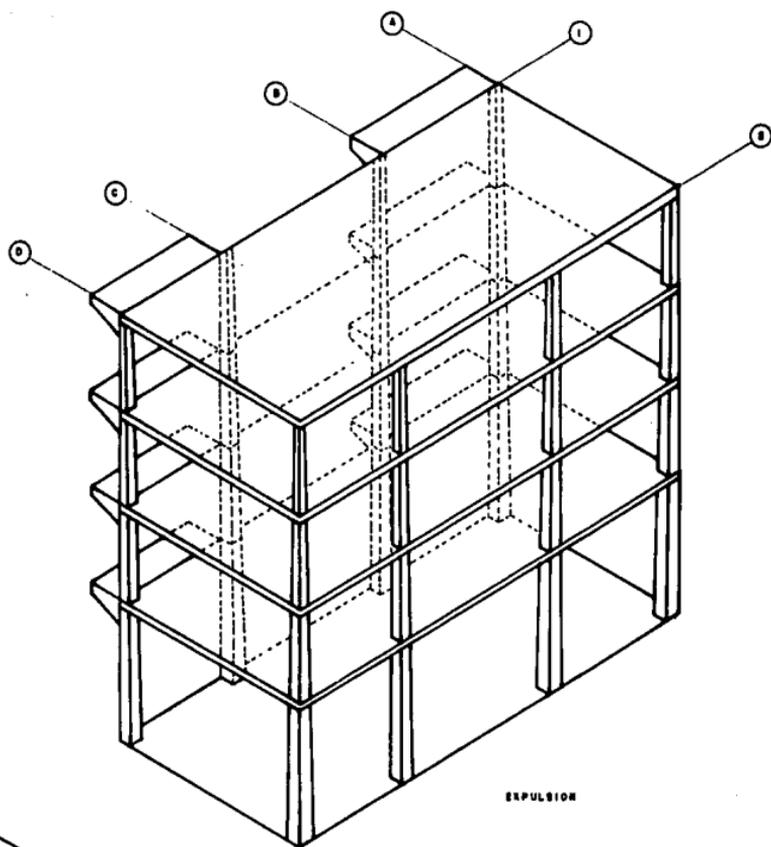
Entrepiso.

Piso	120 kg/m ²
Losa de concreto armando	240 kg/m ²
Plafond de yeso	60 kg/m ²
Trabes	42 kg/m ²
Carga muerta	462 kg/m ²
Carga viva	300 kg/m ²
Carga Total	800 kg/m ²

Hipótesis de trabajo.

Basandonos en el contenido del capítulo 3, la hipótesis de trabajo que haremos sobre el edificio será la siguiente:

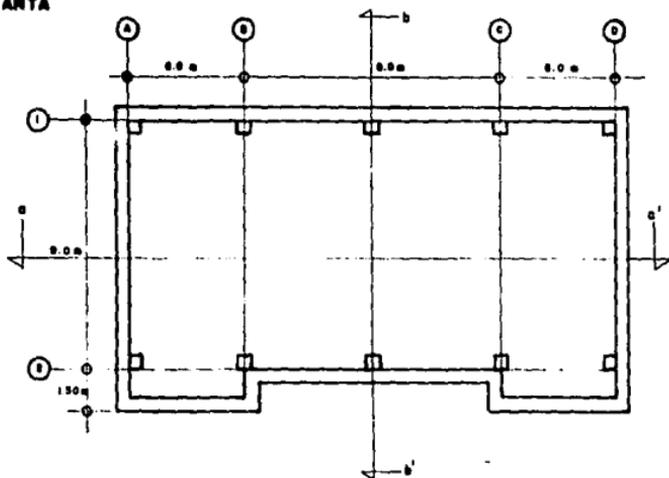
- 1.- La estructura tiene una antigüedad de 25 años.
- 2.- Según el dictamen técnico elaborado por un especialista en estructuras, la estructura cuenta con daños que recomiendan su demolición.
- 3.- La estructura es la convencional colada en sitio.
- 4.- La estructura está desplantada sobre suelo tipo III.
- 5.- Se colocará una barrera a 2 metros de la estructura en todo el perímetro, ya que existen construcciones aledañas.
- 6.- Existe un semáforo en la esquina del lote a una distancia de 2 metros aproximadamente.
- 7.- El drenaje de aguas negras y pluviales corre por el centro de la calle.
- 8.- No existen ductos de servicio público que crucen el terreno.
- 9.- Las estructuras vecinas son relativamente nuevas, teniendo mayor altura que la estructura propuesta.
- 10.- Ningún muro colindante es común a alguna estructura vecina.
- 11.- El edificio se ha apuntalado y desmantelado previamente.



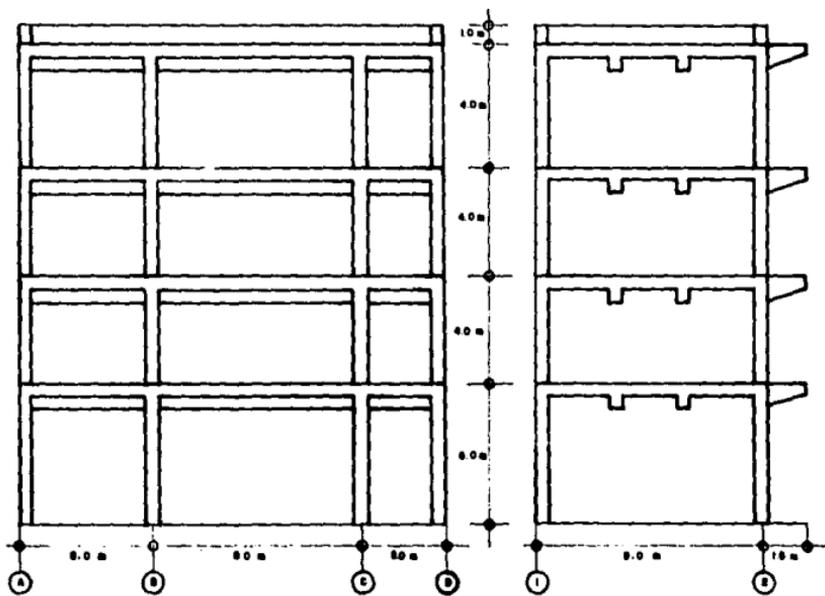
EXPULSION

ISOMETRICO DE LA ESTRUCTURA

PLANTA

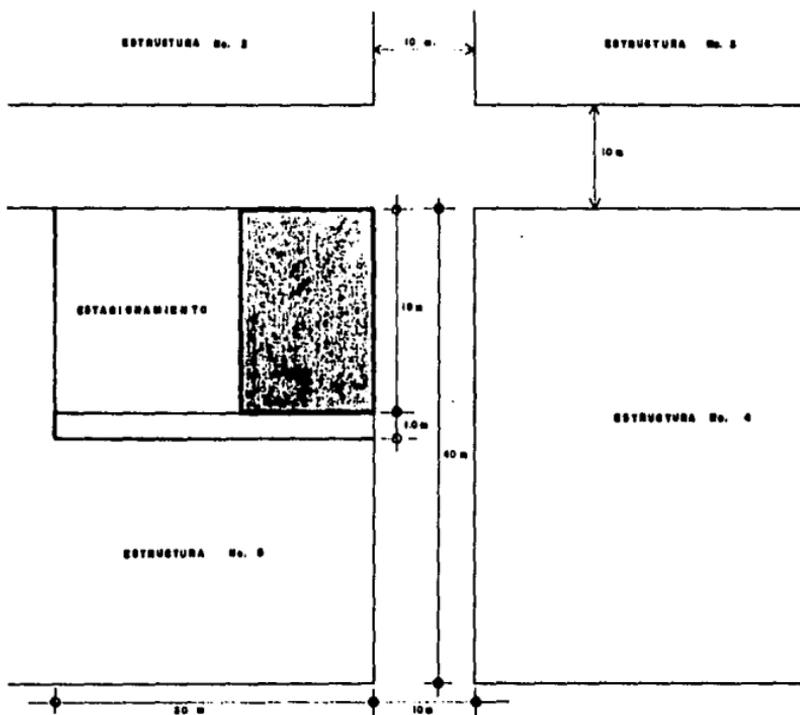


ELEVACION



Ubicación Hipotética de la Estructura.

La estructura a analizar se encuentra ubicada según el croquis. La distancia más crítica es de 1 m a la estructura más cercana (#5). Por lo que la secuencia de colapso en la demolición con el uso de explosivos será dirigido - en dirección Oeste según la ubicación del croquis.



UBICACION HIPOTETICA DE LA ESTRUCTURA A DERRIBAR

5.4. Demolición de la Estructura mediante el Sistema Tradicional.

El objetivo de este apartado es el de conocer el tiempo necesario y el costo requerido para demoler la estructura planteada con el sistema tradicional de demolición adaptado en México.

Esto con el fin de comparar el tiempo y el costo que se obtendrá de la demolición de la estructura mediante explosivos, ya que esta comparación es uno de los principales objetivos de este trabajo.

El apartado incluye la cubicación de volúmenes a demoler, los rendimientos y tiempos necesarios para hacer esto, así como la maquinaria y herramienta empleada, encaminando todo a conocer el tiempo y costo de la demolición.

5.4.1. Cuantificación de Volúmenes a Demoler

1. Volúmenes de Concreto:

$$\text{a) Losas } (6.0 + 8.0 + 5.0)(10.50) - (1.50 \times 0.0) = 187.50\text{m}^2$$

$$\text{Espesor} = 11 \text{ cm. } \therefore V = 187.50 (0.11) = 20.63\text{m}^3$$

$$\text{Volumen total por losas} = 20.63 \text{ m}^3 \times 4 = 82.50\text{m}^3$$

b) Columnas:

NIVEL	TIPO	AREA (M2)	ALTURA (M)	VOLUMEN (M3)
1	A1	0.16	4	0.64
2	A1	0.20	4	0.80
3	A1	0.24	4	0.96
4	A1	0.28	6	1.68
1	A2	0.16	4	0.64
2	A2	0.20	4	0.80
3	A2	0.24	4	0.96
4	A2	0.28	6	1.68
1	B1	0.25	4	1.0
2	B1	0.30	4	1.20
3	B1	0.35	4	1.40
4	B1	0.40	6	2.40
1	B2	0.25	4	1.0
2	B2	0.30	4	1.2
3	D2	0.35	4	1.40
4	B2	0.40	6	2.40
1	C1	0.25	4	1.0
2	C1	0.30	4	1.2
3	C1	0.35	4	1.40
4	C1	0.40	6	2.40
1	C2	0.25	4	1.0
2	C2	0.30	4	1.2
3	C2	0.35	4	1.4
4	C2	0.40	6	2.40
1	D1	0.16	4	0.64
2	D1	0.20	4	0.80
3	D1	0.24	4	0.96
4	D1	0.28	6	1.68
1	D2	0.16	4	0.64
2	D2	0.20	4	0.80
3	D2	0.24	4	0.96
4	D2	0.28	6	1.68

TOTAL = 40.32m3

c) Trabes:

TRABES	AREA (M2)	LONGITUD (M)	VOLUMEN (m3)
Eje 1 Nivel 4	0.18	19.0	3.42
Eje 1 Nivel 3	0.20	19.0	3.71
Eje 1 Nivel 2	0.21	19.0	3.99
Eje 1 Nivel 1	0.25	19.0	4.66
Eje 2 Nivel 4	0.18	19.0	3.42
Eje 2 Nivel 3	0.20	19.0	3.71
Eje 2 Nivel 2	0.21	19.0	3.99
Eje 2 Nivel 1	0.25	19.0	4.66
Eje A Nivel 4	0.20	10.50	2.05
Eje A Nivel 3	0.26	10.50	2.73
Eje A Nivel 2	0.26	10.50	2.73
Eje A Nivel 1	0.32	10.50	3.36
Eje B Nivel 4	0.32	10.50	3.36
Eje B Nivel 3	0.32	10.50	3.36
Eje B Nivel 2	0.34	10.50	3.57
Eje B Nivel 1	0.36	10.50	3.78
Eje C Nivel 4	0.32	10.50	3.36
Eje C Nivel 3	0.32	10.50	3.36
Eje C Nivel 2	0.34	10.50	3.57
Eje C Nivel 1	0.36	10.50	3.78
Eje D Nivel 4	0.20	10.50	2.05
Eje D Nivel 3	0.16	10.50	2.73
Eje D Nivel 2	0.26	10.50	2.73
Eje D Nivel 1	0.32	10.50	3.36

TOTAL: 81.44 m3

VOLUMEN TOTAL = 82.50 + 40.32 - 81.44 = 204.26 m3

5.4.2. Tiempos y Rendimientos en Demoliciones

Tiempos y rendimientos de personal empleado en la demolición: (Ref.30)

1. Demolición de concreto armado: 1 Peón, 1/20, Peón 1/60 maestro, 3% herramienta = 0.5 m³/Jornal.
2. Demolición de concreto simple: idem. al anterior pero 1.4m³/Jornal.
3. Demolición de concreto armado con recuperación de acero: idem. al anterior pero 0.22m³/Jornal.
4. Demolición de mampostería de piedra: Idem. al anterior pero -1.75m³/Jornal.
5. Demolición de muro de tabique de barro recocido de 28 cm: Idem. al anterior pero = 13m²/Jornal.
6. Demolición de muro de tabique de barro recocido de 21 cm: Idem al anterior pero = 20m²/Jornal.
7. Demolición de muro de tabique de barro recocido de 14 cm: Idem. al anterior pero = 20m²/Jornal.
8. Demolición de pisos de mosaico incluye mortero: Idem. al anterior pero = 20m²/Jornal.
9. Demoliciones de relleno entortado, enladrillado y chaflanes de azotea: Idem. al anterior pero = 18m²/Jornal.

10. Demolición de falso plafón de yeso: Idem. al anterior pero = 7.02m²/Jornal.
11. Demolición de losa con metal desplegado: Idem. al anterior pero = 4.0 m²/Jornal.
12. Demolición de muro de adobe: Idem. al anterior pero = 5.5m³/Jornal.
13. Demolición de celosía Sta. Julia de 12 cm: --- Idem. al anterior pero = 20m²/Jornal.
14. Demolición de muro de tabique con recuperación de material de 14 cm: Idem. al anterior pero -16m²/Jornal.
15. Desmontaje de cancelería de madera: Idem. al anterior pero 25 m²/Jornal.
16. Desmontaje de puertas de madera: Idem. al anterior pero = 20Pzas./Jornal.
17. Desmontaje de cancelería metálica exterior: -- Idem. al anterior pero - 18.0m²/Jornal.
18. Desmonaje de muebles sanitarios: Idem al anterior pero 6.0Pza./Jornal.
19. Desmontaje de cancelería metálica interior: -- Idem. al anterior pero - 22m²/Jornal.
20. Desmontaje de plafón luminoso T de aluminio y vitrocor o acrílico difusor, 1 peón, 1/20 cabo, 1/60 maestro, 3% herramienta - 20m²/Jornal.
21. Desmontaje de lámparas de sobreponer de diferentes medidas: Idem. al anterior pero -10Pzas./Jornal.

22. Desmontaje de vidrios: Idem al anterior pero -
35m²/Jornal.

Tiempos y rendimientos de maquinaria y herramienta
empleada en la Demolición:

La maquinaria y herramienta empleada en la demolición de estructuras mediante el sistema tradicional es fundamentalmente la siguiente:

- a) Herramienta menor: Pala, pico, marro, barreta, cincel, mequetas, etc.

Esta herramienta es la más empleada debido a su -- sencilla utilización y a su bajo costo en comparación con -- otra maquinaria, tal como la bola demoledora, ya que requiere de una mayor inversión inicial por ejemplo. Cabe aclarar que la aparente economía al utilizar pico, pala, etc., puede resultar no serlo tanto como se verá después. La demolición propiamente dicha, se ejecuta fundamentalmente con la herramienta que se señaló con anterioridad, o con la bola rompedora y en muchos casos con una combinación de ambos equipos.

- b) Equipo: Bola Demoledora.

Como se mencionó anteriormente, este medio para demoler se usa con menor frecuencia, debido a su mayor costo -

inicial y a la mayor dificultad para emplearlo, es decir, para utilizar este equipo se requiere de un personal adiestrado para su manejo, a diferencia de la herramienta menor, lo que hace que esta sea más utilizada.

Se utilizan además varios tipos de equipo para barrenar, dependiendo a selección del tipo y del tamaño de la obra, de la naturaleza del terreno, de la clase de roca, de la profundidad y el tamaño de los agujeros requeridos y del tipo y tamaño de la piedra que se desea dejar.

c) Martillos neumáticos.

Los martillos neumáticos son taladros de percusión que se sostienen con la mano, utilizados principalmente para la barrenación de agujeros. Por esta razón se les llama con frecuencia perforadores. Se clasifican de acuerdo con su peso, por ejemplo: Una barra de acero y una broca. A medida que el aire comprimido fluye a través del martillo, causa el movimiento recíprocamente de un pistón, que a una velocidad hasta de 2,200 golpes por minuto, produce el efecto de martillo. La energía de este pistón se transmite a la broca a través de la barra del taladro. Una parte del aire fluye a través de un agujero en la barra del taladro, y en la broca, para sacar los detritos del orificio y para enfriar la broca. El vástago o barra se hace girar lentamente después de cada golpe, para que las puntas de la broca no peguen en-

el mismo lugar todo el tiempo. Los martillos pueden emplearse para taladrar agujeros de más de 20 ft. de profundidad, - pero rara vez se utilizan en barrenos de más de 10 ft. Los martillos más pesados pueden taladrar agujeros hasta de 2 1/2 pulgadas de diámetro.

VELOCIDADES DE PERFORACION

TAMANO DEL AGUJERO PULGADAS	CLASE DE ROCA	VELOCIDADES DE PERF. FT X HR
1 3/4"	Blanda	15 - 20
	Mediana	10 - 15
	Dura	5 - 10
2 3/3"	Blanda	10 - 15
	Mediana	7 - 10
	Dura	4 - 8

d) Compresores.

El aire comprimido se utiliza extensamente en las obras de construcción, para taladrar en roca y en otras formaciones duras, para aflojar tierra, para limpiar, para operar motores neumáticos, herramientas de mano, piloteadores, bombas, equipo de excavación, etc. El compresor es un equipo que nos proporciona este aire comprimido.

Cuando se comprime el aire, recibe energía del compresor, esta energía se transmite a través de un tubo o manguera al equipo operante, en donde una porción de la energía se convierte en trabajo mecánico. La operación de comprimir, transmitir o utilizar el aire resultará siempre en una pérdida de energía, lo cual dará una eficiencia total menor del 100% algunas veces considerablemente menor.

Los compresores neumáticos están catalogados por el desplazamiento del pistón en cfm (pies cúbicos por minuto). Sin embargo, la capacidad de un compresor será menor al desplazamiento en un pistón, debido a las fugas de las válvulas y del pistón y al aire que se queda en los extremos de los cilindros.

La capacidad de un compresor es el volumen real de aire libre que entra al compresor en un minuto, y se expresa en pies cúbicos. Para un compresor recíprocamente en buenas condiciones mecánicas, la capacidad real debe estar entre el 80 y el 90% de desplazamiento del pistón.

Para una presión de 80 a 125 libras por pulgadas cuadradas manométricas, el tamaño de manguera recomendado, en pulgadas, para la transmisión de aire comprimido, con un martillo neumático y volumen de 0 a 15 pies cúbicos por minuto, es de 5/16" con una longitud de manguera de 0 a 25 pies-3/8", con 25 a 50 pies, 1/2", con 50 a 200 pies.

CANTIDADES DE AIRE COMPRIMIDO QUE REQUIEREN LOS EQUIPOS

EQUIPO	CAPACIDAD O TAMAÑO	CONSUMO DE AIRE PIES-CUBICOS POR MINUTO
Martillo para romper pavimen <u>to</u>	35 lb. 60 lb. 80 lb.	30 - 35 40 - 45 50 - 50

e) Equipo de corte a base de Oxiacetileno.

Cuando el acero es llevado a una temperatura aproximadamente de 1,600°F puede oxidarse. En el proceso de corte con flama una mezcla de oxígeno y acetileno se hace pasar por un pequeño orificio para un precalentamiento de la punta de la antorcha, esta flama con los ajustes adecuados se dirigen hacia la superficie del metal hasta que la oxidación ha sido completada. Posteriormente se agrega oxígeno puro el cual se combina químicamente con el acero para formar óxido-férrico. La fuerza erosiva de la presión del oxígeno, aunada a la reacción química hace un corte preciso en el metal.

El valor teórico para oxidar una libra de acero es de 4.6 pies cúbicos de oxígeno. En la práctica normal este consumo se reduce a 3 pies cúbicos por libra de acero, ya que la atmósfera provee de oxígeno. Además no se requiere una completa oxidación, ya que la presión del oxígeno erosiona parte del acero.

Un equipo de oxiacetileno debe constar esencialmente de los dos reguladores de presión utilizados para ajustar dichas presiones y mantener las constantes para el oxígeno y el acetileno de la antorcha.

Las mangueras rojo y verde respectivamente acetileno y oxígeno. Permiten un libre desplazamiento de la antorcha. La tabla siguiente enumera los consumos estimados tanto de oxígeno como de acetileno. Así como otra información portinente de corte a diferentes espesores de acero.

ESPOSOR DEL ACERO EN PULGADAS	TAMARO DE LA PUNTA	ABERTURA DEL OXIGENO	OXIGENO				ACETILENO				VELOCIDAD DE - CORTE EN PULGA GADAS/MINUTO	
			PRESION PSI		CONSUMO PIES CU BICOS/HIN		PRESION PSI		CONSUMO PIES CU BICOS/HIN			
			MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		
1/64	3/16	000	72	7	20	0.5	1.6	5	0.10	0.18	17	35
1/8	3/8	0001/2	69	8	25	0.7	1.9	5	0.12	0.20	17	35
1/4	1/2	00	65	8	25	1.0	2.1	5	0.15	0.22	17	25
1/4	3/4	0	58	9	30	1.3	2.7	5	0.15	0.26	17	20
1/4	1 1/2	1	54	15	35	1.3	3.8	5	0.15	0.32	14	17
1/2	3	2	52	25	50	1.8	4.8	5	0.18	0.38	11	15
2	5	3	50	30	50	3.1	7.1	5	0.26	0.48	7	14
4	6	4	45	35	60	4.9	8.2	5	0.35	0.54	6.5	9
6	8	5	40	40	70	6.7	12.5	5	0.44	0.75	3.8	6.5
8	10	6	35	45	70	10.0	15.0	6	0.60	0.85	3.5	3.8
10	12	7	28	50	80	15.0	16.0	6	0.76	0.95	3.2	3.5
12	14	8	20	55	80	16.0	19.0	10	0.95	1.10	3.1	3.2
13	15	9	11/64	50	90	16.0	22.0	10	0.95	1.16	3.0	3.2
16	6 mm	10	3/16	60	100	----	----	10	----	----	---	----

Retiro del Material Producto de la Demolición

El trabajo de demolición de cualquier estructura debe ser completado con el acarreo de los escombros producidos durante las mismas, para dar por concluido dicho trabajo.

Para llevar a cabo estos acarreos, el equipo empleado por lo regular, por contar con la mayor eficiencia para este trabajo, es el cargador frontal trabajando de mancuerna con camiones de volteo básicamente.

También son utilizadas retroexcavadoras en algunos casos para elementos como trabes, columnas, etc.

Los cargadores frontales deben ser utilizados por conveniencia con llantas, ya que de ésta manera el cargador es más rápido que con orugas y además no afectan al pavimento aledaño a la zona de demolición.

Cargador Frontal.

Los cargadores frontales pueden ser del tipo sobre ruedas o sobre carriles. Es preferible el tipo sobre carriles (orugas) si el recorrido no es problemático, la distancia para acarreo es corta. La mayoría de los cargadores con llantas neumáticas tienen propulsión en las cuatro ruedas.

La capacidad del cargador frontal depende del peso unitario del material que se va a manejar. Por ello, hay una gran variedad de cucharones para cada cargador; son tres tipos básicos: Hidráulicos, de descarga por gravedad y de inclinación de la parte superior. El tipo de inclinación de la parte superior es preferible cuando hay poco o ningún espacio para girar.

Todos los cargadores excepto los de inclinación de la parte superior tienen un ciclo de trabajo de carga, giro y descarga. Para máxima eficiencia y reducción de desgaste de las llantas neumáticas o del tren de rodaje el giro se debe mantener, al mínimo. El cargador deberá trabajar a baja altura del material. Como la mayoría de los cargadores tienen posiciones de cucharón de ajuste neumático, la altura de ataque se deberá ajustar de modo que no sea mayor de la necesaria para llenar el cucharón, es decir, más o menos a la misma altura de las articulaciones del brazo de empuje.

f) Cargador Frontal.

CARGADOR FRONTAL

NEUMATICOS 4 LLANTAS.

MODELO	CAPACIDAD	MAXIMA VELOCIDAD MHP ADELANTE.		REVERSA		
		Baja	Max.	Baja	Max.	
Cartepilar	950	2 1/4 y D3	4.1	20.7	4.9	24.6
	930	1 3/4	4.1	25	5.0	14.6
	920	1 1/2	4.0	25	4.8	14.2
	910	1-1 1/4 y D3	4.0	25	4.7	14.0
Michigan	75	2	4.4	26.4	4.4	26.4
	55	1 y 2	4.3	24.3	4.3	24.3

Ciclo del Cargador Frontal.

El material que va a cargar nuestro cargador entra dentro de la clasificación de una roca muy irregular cuyos fragmentos serán por lo general de más de 6 pulgadas.

El factor de abundamiento se considera de 65% el promedio por metro cúbico en el lugar es de $2,620 \text{ kg/m}^3$, y suelto $1,530 \text{ kg/m}^3$ con un factor volumétrico de 0.61 que está en función de la granulación del material del contenido de humedad y del grado de compacidad. La operación se considera constante, la descarga se efectúa en camiones, el acarreo será de 100 metros en segunda velocidad con factor de eficiencia del 80%.

- Tiempo básico (carga y descarga)	2.0 minutos.
- Por ser material de más de 6 pul	0.03 minutos
- Por almacenarse a más de 2 metros.	0.01 minutos
- Por distancia a 100 metros	<u>0.05 minutos.</u>
	2.54 minutos

Ciclos por hora - $60/2.54 \times 0.80 = 18$ ciclos.

Capacidad real del cucharón - Capacidad nominal x -
Factor de llenado.

$$= 1.0 \times 0.76 \times 0.80 = 0.6116 \text{ m}^3$$

Capacidad real medida en banco = $0.6161 \text{ m}^3 / 1.65 =$
 0.3707 m^3

Rendimiento = No. ciclos/hora x capacidad real del
cucharón medida en banco.

$$= 18 \times 0.3707 = 6.67 \text{ m}^3/\text{hora medida en banco.}$$

g) Camión F 600 6 m³

El rendimiento de un camión transportador de material, está en función de los siguientes tiempos:

1. Tiempo en que es cargado el camión
2. Tiempo de recorrido de ida.
3. Tiempo de descarga.

4. Tiempo de regreso.

En nuestro caso consideraremos que nuestra distancia de recorrido para descargar el material producto de la demolición es de 1 kilómetro; la velocidad promedio de ida es de 30 kilómetros por hora, así como el regreso. El tiempo de descarga incluyendo maniobras es de 1 1/2 minutos y el tiempo de carga es el mismo que se analizó en el punto pasado.

Rendimiento de un Malacate con Accesorios. (750 kg; 12.5 HP.)

El rendimiento promedio es de 15 m^3 /jornal por nivel con una plantilla de 1 operador y 2 peones.

Volumen 15 m^3

Peso del concreto armado $2,600 \text{ kg/m}^3$

Peso de carga 750 kg. por maniobra.

Peso total en un jornal $15 \times 2,600 = 39,000 \text{ kg.}$

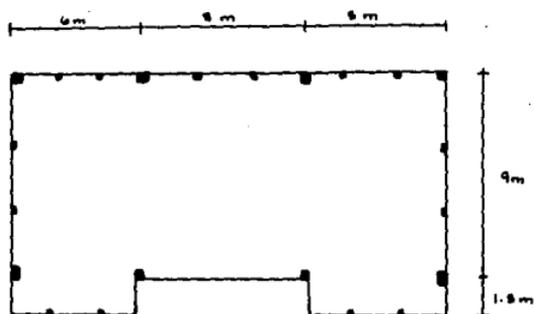
No. de maniobras = $39,000/750 = 52$ maniobras

Tiempo de maniobra- $8 \times 60/52 = 9.2$ minutos.

5.4.3. Demolición de la estructura.

Demolición del pretil.

El pretil esta compuesto por muro de tabique rojo recocido de 7 x 14 x 28 cm. con mortero cemento-arena 1:5, por castillos de concreto de 15 x 20 cm., con 4 varillas de 3/8".



Demolición del Muro de Tabique

$$\text{Perímetro del pretil} = 62 \text{ m}$$

$$\text{Altura del pretil} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{Area a demoler} = 62 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}^2$$

$$62 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} = 31 \text{ m}^2$$

El rendimiento que tiene un peón para demoler al muro de tabique es de 20 m²/jornal por lo que tenemos:

$$\frac{31 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{jornal}} = 1.55 \text{ jornales} = 2 \text{ jornales.}$$

El muro lo demoleremos con 2 peones en un día.

Preparaciones para Demoler el Pretel.

Debido a la altura a la que se encuentra el pretel, a las colindancias y por seguridad es necesario colocar una tarima como frontera de protección en el perímetro del pretel.

$$\text{Area de protección} = 62 \text{ m.l.} \times 1.27 \text{ m} = 75.64 \text{ m}^2$$

1 oficial carpintero con un ayudante rinde $15 \text{ m}^2/\text{jor.}$

$$\frac{75.64 \text{ m}^2}{15 \text{ m}^2 \text{ j.}} = 5.04 \text{ jornales.}$$

con 2 oficiales carpinteros y 2 ayudantes, tardaremos 2.52 jornales \approx 3 jornales.

Por lo que el tiempo en demoler el muro más el tiempo para colocar la protección sería de 4 días.

Con 2 peones demoliendo el muro, 2 oficiales carpinteros y 2 ayudantes colocando la protección.

Acarreo del Escombros del Pretel.

$$\text{Volumen acarreado} = 62 \text{ m.l.} \times 0.5 \text{ m} \times 0.14 \text{ m} = 4.34 \text{ m}^3$$

Este material será acarreado con carretillas hasta el lugar donde se encuentra el malacate.

El rendimiento de un peón, acarreado material a una distancia de 10 metros es de $7.75 \text{ m}^3/\text{jornal}$, por lo que tenemos:

$$\frac{4.34 \text{ m}^3}{7.75 \text{ m}^3/\text{jornal}} = 0.52 \text{ jornal} \approx 1 \text{ jornal.}$$

El material después será bajado con malacate que tiene una capacidad de 1 tonelada.

Tenemos que con dos peones y un oficial albañil el rendimiento es de $4 \text{ m}^3/\text{jornal}$.

El acarreo del escombros del pretil estará dado:

- Acarreo con carretilla 1 peón.
- Bajada del material 2 peones y 1 oficial.

Esto se hará en un día.

Demolición de Castillos.

Tenemos 26 castillos de $15 \times 20 \text{ cm. y } 50 \text{ cm. de altura}$ $26 \times 0.15 \times 0.20 \times 0.5 = 0.39 \text{ m}^3$.

El rendimiento que tiene un peón demoliendo concreto es de $0.5 \text{ m}^3/\text{jornal}$.

Este concepto se demolerá en un día con un peón.

Corte de Varilla de Castillos

El diámetro de las varillas es de $3/8''$ y tenemos 4 varillas por castillo . . . tendremos $26 \times 4 = 104$ cortes.

104 x 3/8" = 39.52 pulgadas.

El rendimiento es de 720 pulgadas /jornal con 1 peón y 1 herrero ya que las varillas no se encuentran colocadas todas ellas juntas.

Por lo que:

$$\frac{39.52}{720} = 0.05 = 26.35 \text{ minutos} = 27 \text{ minutos.}$$

Demolición del Nivel 4

Demolición de la Losa

Considerando un rendimiento de 0.5 m^3 /jornal con un peón y que la superficie de trabajo es de 187.5 m^2 , pueden trabajar 9 personas sin estobarse, ya que cada una demolerá en un jornal 4.55 m^2 .

Area de la losa 187.5 m^2

Rendimiento 4.55 m^2 , 0.5 m^3 por jornal.

No. de Trabajadores = 9.

Este número se obtiene considerando que existen 9 tableros formados por traveses lo que es recomendable para que el trabajo se efectue con seguridad, ya que cada peón estará parado sobre alguna trabe en el caso de que una losa se desplome.

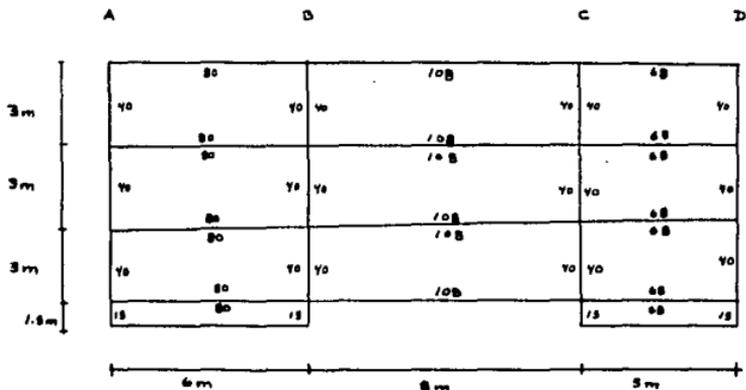
Por tanto:

$$\text{Tiempo para demoler losa de azotea} = \frac{187.5 \text{ m}^2}{9 \times 4.55 \text{ m}^2}$$

$$= 4.58 \text{ d. } 4,58 \hat{=} 5 \text{ días.}$$

Este tiempo incluye el corte de los armados en sus uniones con las trabes.

CORTE DEL ACERO DE LOSA NIVEL. 4



Cortes - 2,464.00

Si se considera a todas las varillas de las losas unidas, esto desarrollaría una longitud de 1,540 pulgadas, rendimiento real = 3.0 pulgadas/minuto para efectuar el corte nos tardaremos 513.00 minutos = 8.55 horas $\hat{=} 9$ horas.

Demolición de Traves de Azotea.

Como se vió anteriormente la mejor manera de demoler las traves es exponer el acero en ambos apoyos y hacer cortes en los dos con el equipo de oxiacetileno.

Area promedio de las traves = 0.23 m^2

Longitud necesaria de acero expuesta para hacer el corte - 0.40 m .

Volumen a demoler - $0.23 \text{ m}^2 \times 0.40 \text{ m} = 0.09 \text{ m}^3$

Número de cortes = 24

Volumen total = $24 \times 0.09 \text{ m}^3 = 2.21 \text{ m}^3$

No. de Jornales = $\frac{2.21 \text{ m}^3}{0.50 \text{ m}^3/\text{jor.}} = 4.42 \approx 5 \text{ trabaja}$
dores en 1 día.

Corte del Acero Expuesto en las Traves.

Considerando que es necesario cortar varios diámetros de varilla en las traves del nivel 4 y que éstos oscilan de $1/4''$ a $3/4''$, según la tabla de rendimiento de equipo de oxiacetileno tendremos una velocidad de corte de 6 pulgadas/minuto en trabajo continuo, pero al estar separadas las varillas de otras este rendimiento será afectado por un rendimiento del 40%.

Si se considera a todas las varillas de las trabes unidas como una placa, esto desarrollaría una longitud de 76" con un espesor de 5/8". Sabiendo que el rendimiento es realmente $6 \times 0,6 = 3.6$ pulgadas/minuto, para efectuar el corte nos tardaremos 25.3 minutos. Este tiempo no incluye las maniobras necesarias, sino exclusivamente tiempo de corte.

Tiempo para retirar las Trabes.

Como se vió anteriormente es necesario suspender a la viga en ambos extremos antes de efectuar el corte, para evitar el desplome de las pieza al ejecutarlo.

Estimando que es necesario ejecutar las maniobras de amarre y descenso de la trabe hasta el piso; y según rendimiento obtenidos en compañías demoledoras en México el tiempo necesario es de 20 minutos, con 4 personas por pieza (trabe).

Se tiene 30 trabes en cada piso por lo que el tiempo necesario es:

$$30 \times 20 \text{ minutos} = 600 \text{ minutos} = 10 \text{ horas.}$$

Demolición de Muros entrepiso 4.

Como se mencionó anteriormente la mejor manera de demoler los muros de tabique rojo de 14 cm., como en este caso, es la siguiente.

Como el mortero empleado es de una gran resistencia es prácticamente imposible separar los ladrillos del mortero a fin de recuperar algunos de ellos.

El proceso a seguir es el inverso al de construir, es decir demoler sin dejar ninguna hilada hasta llegar a nivel de piso.

En el entrepiso 4 tenemos muros de tabique en los ejes colindantes A y D.

Se tiene 72 m^2 de muro a demoler.

El rendimiento para demoler dicho muro de 14 centímetros es de $20 \text{ m}^2/\text{jornal}$ con un peón.

$$\text{No. Jornales} = \frac{72 \text{ m}^2}{20 \text{ m}^2/\text{jornal}} = 3.6 : \text{ Jornales.}$$

Se demolerá en un día con 4 peones.

Demolición de columnas Entrepiso 4.

Como se vió anteriormente la mejor manera de demoler las columnas es exponer el acero lo más cerca de la base, sosteniendo la parte superior de la columna con tensores que puede ser de cualquier tipo de cable; posteriormente cortar el acero de refuerzo con el equipo de oxiacetileno.

Volumen de Demoler.

Considerando 40 centímetros para exponer el acero de refuerzo tendremos un volúmen de 0.60 m^3 de concreto.

$$\text{No .de Jornales} = \frac{0.66 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3/\text{jornal}} = 1.32 \approx 2 \text{ jornales.}$$

Aproximadamente 2 jornales en un día.

Corte del Acero Expuesto en las Columnas

Considerando que es necesario cortar varios diámetros de varillas en las columnas del nivel 4 y que éstas oscilan de $1/4"$ a $1 1/2"$, según la tabla de rendimiento de equipo de oxiacetileno la velocidad de corte es de 6 pulgadas/minuto con un rendimiento de 40%.

Si se considera a todas las varillas de las columnas unidas como una placa tendremos una longitud de 38 pulgadas con un espesor de $1 1/4"$. Sabiendo que el rendimiento es realmente 3.0 pulgadas/minuto, para efectuar el corte nos tardaremos 12.6 minutos, aproximadamente 13 minutos. Este tiempo no incluye maniobras necesarias, sino exclusivamente tiempo de corte.

Tiempo para retirar las Columnas

Como vimos anteriormente es necesario sostener a la columna en su parte superior antes de efectuar el corte, para evitar el desplome de la pieza al ejecutarlo.

Estimando que es necesario ejecutar las maniobras de amarre y descenso de la columna hasta el piso; según rendimiento de las compañías demolidoras en México, éste tiempo por pieza se estima en 15 minutos, con 4 personas en la maniobra.

Se tiene 8 columnas en éste nivel por lo que el tiempo necesario será de $15 \text{ min.} \times 8 = 120 \text{ minutos}$ o sea -- 2:00 horas.

Demolición del Nivel 3

Demolición de la losa, Nivel 3;

Area de la losa - 187.50 m^2 ,

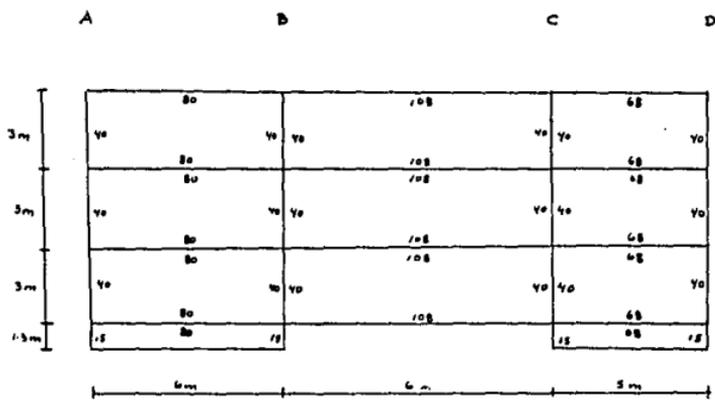
Rendimiento - 4.55 m^2 ; $0.5 \text{ m}^3/\text{jornal}$.

No. de Trabajadores = 9 (como se vió en el Nivel 4)

Por lo tanto:

Tiempo para demoler la losa Nivel 3 = $\frac{187.50 \text{ m}^2}{9 \times 455.}$

4.58 días \approx 5 días.



Cortes = 2,464.00

Si se considera a todas las varillas de las losas unidas, esto desarrollará una longitud de 1,540 pulgadas, rendimiento real = 3.0 pulgadas por minuto para efectuar el corte nos tardaremos 513,00 minutos - 8.55 horas = 9 horas.

Demolición de las Traves en Nivel 3.

Area promedio de las traves - 0.26 m^2

Longitud necesaria de acero expuesta para poder cortar con el equipo de oxiacetileno = 0.40 m.

Volúmen a demoler = $0.26 \text{ m}^2 \times 0.40 \text{ m} = 0.104 \text{ m}^3$.

No.de Cortes = 24

Volumen total a demoler - $24 \times 0.104 = 2.49$ apro-

aproximadamente 2.5 m^3

$$\text{No. de Jornales necesarios} = \frac{2.5 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3/\text{Jornal}} = 5 \text{ jornales.}$$

Se ejecutará con 5 trabajadores en un día.

Corte del Acero Expuesto.

La velocidad de corte según la tabla de rendimiento de equipo de oxiacetileno es la siguiente:

Es necesario cortar una longitud de acero idealizada de 85" con un espesor de 5/8" que resulta de sumar todos los diámetros a cortar.

El rendimiento real = $6 \times 0.60 = 3.6/\text{minuto} \approx 3.0$
donde 0.60 es el factor de eficiencia.

Para efectuar el corte de todo el acero $\frac{85 \text{ pulgadas}}{3.0 \text{ pulg/min}}$

Tiempo 28.33 minutos aproximadamente 29 minutos.

Este tiempo no incluye las maniobras sino solamente el tiempo de corte.

Tiempo para Retirar las Trabes

Resulta ser igual a nivel 4, calculado anteriormente y es de : 20 minutos por trabe con 4 personas.

No. de trabes en el piso = 30 . ' .

Tiempo = 30 trabes x 20 minutos - 600 minutos = 10 hr.

Demolición de Columnas

Considerando 40 centímetros para exponer el acero de refuerzo tendremos un volumen de 0.8 m^3 de concreto.

$$\text{No. de Jornales} = \frac{0.8 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3/\text{jornal}} = 1.6 \text{ jornales.}$$

Aproximadamente 2 jornales.

Dos peones en un día.

Corte del Acero Expuesto en las Columnas

El espesor de las varillas varía de 1/4" a 1 1/2" por lo que la velocidad de corte 3 pulgadas/minuto.

Si se considera a todas las varillas de las columnas unidas tendremos una longitud de cortar de 60 pulgadas con un espesor de 1 pulgada, el rendimiento real es de 3 pulgadas/minuto para efectuar el corte tardaremos: $\frac{60 \text{ pulgadas.}}{3.0 \text{ pulg/min}}$

$$= 20 \text{ min.}$$

Tiempo para Retirar Columnas.

Al igual que en el nivel 4 tardaremos 15 minutos con cuatro personas en la maniobra por pieza, por lo que el tiempo necesario será de 15 minutos x 8 columnas - 120 minutos ó sea 2 horas.

Demolición del Nivel 2.

Demolición de la losa.

Area de la losa 187.5 m^2

Rendimiento $4.55 \text{ m}^2 = 0.5 \text{ m}^3/\text{jornal}$.

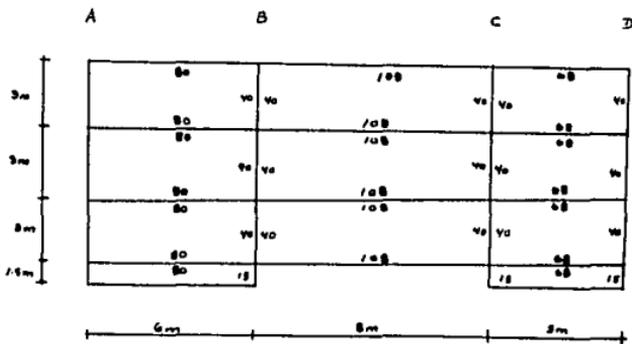
No. de Trabajadores 9) como se vió en el nivel 4)

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo para demoler la losa nivel 2.} & \frac{187.5 \text{ m}^2}{9 \times 4.55 \text{ M}^2/\text{jornal}} \\ & = 4.58 \text{ días.} \end{aligned}$$

Aproximadamente 5 días.

Corte del Acero de Losa Nivel 2.



Cortes = 2,464.00

Si se considera todas las varillas de las losas unidas, esto desarrollaría una longitud de 1,540 pulgadas. Rendimiento real = 3.0 pulgadas/minuto para efectuar el corte nos tardaremos 513 minutos - 8.55 horas - 9 horas.

Demolición de las Trabes.

Area promedio de las trabes 0.27 m^2 .

Longitud necesaria de acero expuesto para poder cortar con el equipo de oxiacetileno 0.40 m

Volúmen a demoler - $0.27 \text{ m}^2 \times 0.40 \text{ m} = 0.108 \text{ m}^3$.

Aproximadamente = 2.6 m^3

No. de Jornales necesarios = $\frac{2.6 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3/\text{jornal}} = 5.2 \text{ jor.}$

Aproximadamente 6 jornales.

Se efectuará con 6 trabajadores en un día.

Corte del Acero Expuesto.

Es necesario cortar una longitud de acero idealizada de 88.75" con un espesor de 5/8" que resulta de sumar todos los diámetros a cortar.

El rendimiento real - $6 \times 0.60 = 3.6 \text{ puls/minutos}$

Para efectuar el corte de todo el acero = $\frac{88.75"}{3.0 \text{ pulg/min}}$
= 39.58

Aproximadamente 30 minutos.

Tiempo para Retirar las Trabes.

Resulta ser igual al del nivel 4 de 20 minutos, con

4 personas.

No. de Trabes en el piso = 10.

Por lo tanto tiempo = 10 x 20 minutos = 200 minutos.

Aproximadamente 3 horas 20 minutos.

Demolición de Muros.

Es igual al de los pisos anteriores. Se demoleran los muros en un día con 4 peones.

Demolición de las Columnas

Considerando 40 centímetros para descubrir el acero de refuerzo necesario para hacer los cortes tendremos un volumen de 0.944 m^3 de concreto.

$$\text{No. de Jornales} = \frac{0.944 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3/\text{jornal}} = 1.88 \text{ jornal} \approx 2 \text{ - jornales.}$$

Corte de Acero.

El espesor de las varillas varía de 1/4" a 1 1/2" por lo que la velocidad de corte es de 6 pul/min.

Si se considera a todas las varillas de las columnas unidas tendremos 6 pulgadas. El rendimiento real es de 3.0 pulgadas/minuto.

$$\text{Para efectuar el corte tardaremos } \frac{60 \text{ pulgadas}}{3.0 \text{ pulg/min}} = 20 \text{ min.}$$

Aproximadamente 17 minutos.

Tiempo para retirar las columnas, al igual que en el nivel 4 tendremos 15 minutos con 4 personas en la maniobra por pieza, por lo que el tiempo necesario sería de 15 minutos x 8 columnas = 120 minutos ó sea 2 horas.

Demolición del Nivel 1.

Demolición de la losa:

Area de la losa 187.50 m²

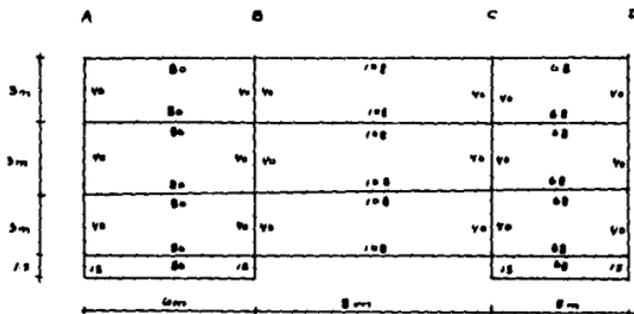
Rendimiento: 4.55 m²/jornal; 0.5 m³ jornal.

No. de trabajadores: 9 (como se vio en los niveles anteriores).

Por lo tanto : Tiempo para demoler la losa:

$$\frac{187.5 \text{ m}^2}{9 \times 4.55 \text{ m}^2/\text{jor.}} = T = 4.58 \text{ días} \approx 5 \text{ jornales.}$$

CORTE DEL ACERO DE LOSA NIVEL 1



cortes = 2.464.00

Si se considera a todas las varillas de las losas unidas, esto desarrollaría una longitud de 1 540 pulgadas. Rendimiento real = 3.0 pul/minuto para efectuar el corte nos tardaremos 513.00 minutos = 8.55 horas $\hat{=}$ 9 horas.

Demolición de las Trabes.

Area promedio de las trabes = 0.31 m^2

Longitud necesario de acero expuesta para poder hacer los cortes con el equipo de oxiácetilano $L=0.40\text{m}$

Volumen de demoler = $0.31 \text{ m}^2 \times 0.40 \text{ m} = 0.124 \text{ m}^3$.

No. de Cortes = 24

Volumen total a demoler = $24 \times 0.12 \text{ m}^3 = 2.976 \text{ m}^3$

$= 2.8 \text{ m}^3$

No. de jornales necesarios = $\frac{2.8 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3/\text{jornal}} = 5.6 \text{ jornales} \hat{=} 6$

jornales.

Se efectuará con 6 trabajadores en un día.

Corte del Acero Expuesto.

Es necesario cortar una longitud de acero idealizada de 106.25 pulgadas con un espesor de 5" que resulta de sumar todos los diámetros a cortar.

El rendimiento real es igual:

6 pulgadas x 0.60 = 3.6 pulgadas/minuto.

Para efectuar el corte de todo el acero, el tiempo es igual a:

$\frac{106.25 \text{ pulgadas}}{3.0 \text{ pulg/min.}} = 35.42 \text{ min.} \hat{=} 36$
minutos.

No'. de traveses en el piso = 10

Tiempo de retiro en las traveses = 10 x 20 min = 3hrs y 20 min
Demolición de Muros.

Es igual a la de los pisos anteriores.

Se demolerán los muros en un día, utilizando a 4 personas.

Demolición de las columnas

Considerando 40 cent. para descubrir el acero de refuerzo necesario para hacer los cortes, se tiene un volumen de 1.01 m^3 de concreto.

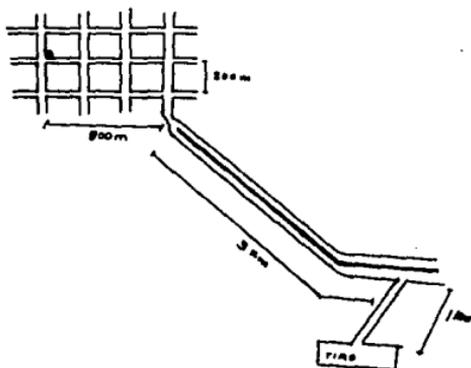
$$\text{No. de Jornales} = \frac{1.01 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3/\text{jornal}} = 2.02 \approx 2 \text{ jornales.}$$

Corte de Acero.

Al igual que los anteriores el tiempo será de 20 minutos.

Tiempo para retirar las columnas: al igual que en los pisos anteriores el tiempo será de 2 horas.

Rezaga del Material Producto de la Demolición.



5.4.4. Determinación del Costo total de la Demolición por medio
del Sistema Tradicional.

Costo Directo:

ESPECIFICACION:		UNIDAD	JOR	
CUADRILLA No. 1 (1 Peón)		RENDIMIENTO		
		DESTAJO	<u>2,629.21</u>	
C O N C E P T O	V	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
PEON	JOR	1.0000	2,783.57	2,783.57
CABO	JOR	0.0500	5,769.00	288.45
MAESTRO	JOR	0.0160	8,186.72	129.71
			S U M A	3,201.73
HERR. MENOR		0.0400	3,201.73	128.07
			S U M A	128.07
			COSTO DIRECTO	3,329.80

ESPECIFICACION:		UNIDAD	JOR	
CUADRILLA No. 2 (1 ALBANIL + 1 PEON)		RENDIMIENTO		
		DESTAJO	5,326.40	
C O N C E P T O	V	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
PEON	JOR	1.0000	2,793.57	2,783.57
OFICIAL ALBANIL	JOR	1.0000	3,943.67	3,943.67
CABO	JOR	0.1000	5,769.00	576.90
MAESTRO	JOR	0.0330	8,186.72	276.52
			S U M A	7,571.66
HERR. MENOR		0.0400	7,571.66	302.87
			S U M A	302.87
			COSTO DIRECTO	7,874.53

ESPECIFICACION:			UNIDAD	JOR
CUADRILLA NO. 3 (1 CARPINTERO O.N. + 1 AYUDANTE "B")			RENDIMIENTO DESTAJO	6,396.55
C O N C E P T O	V	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
AYUDANTE CLASE "B"	JOR	1.0000	3,046.57	3,046.57
CARPINTERO ON	JOR	1.0000	3,668.65	3,668.65
CABO	JOR	0.1000	5,769.00	576.90
MAESTRO	JOR	0.0330	8,186.72	267.52
			S U M A	7,559.64
HERR. MENOR	8	0.0400	7,559.64	302.39
			S U M A	302.39
COSTO DIRECTO				7,862.83

ESPECIFICACION:		UNIDAD	JOR	
CUADRILLA No. 4 (1 FIERRERO + 1 AYUDANTE "B")		RENDIMIENTO		
		DESTAJO		
C O N C E P T O	V	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
FIERRERO ON	JOR	1.0000	3,794.70	3,794.70
AYUDANTE CLASE "B"	JOR	1.0000	3,046.57	3,046.57
CABO	JOR	0.1000	5,769.00	576.90
MAESTRO	JOR	0.0330	8,186.72	276.52
			S U M A	7,685.69
HERR. MENOR	8	0.0400	7,685.69	307.43
			S U M A	307.43
COSTO DIRECTO				7,993.12

ESPECIFICACION:		UNIDAD	JOR	
CUADRILLA No. 6 (1 ALBAÑIL + 4 PEONES)		RENDIMIENTO		
		DESTAJA	₡14226.00	
C O N C E P T O	V	CANTIDAD	P. V.	IMPORTE
PEON	JOR	4.0000	2,783.57	11,134.30
OFICIAL ALBAÑIL	JOR	1.0000	3,943.67	3,943.67
CABO	JOR	0.2500	5,769.00	1,442.25
MAESTRO	JOR	0.0830	8,186.72	672.86
			S U M A	17,193.18
HERR. MENOR	8	0.0400	17,193.10	687.72
			S U M A	687.72
			COSTO DIRECTO	17,880.80

ESPECIFICACION:		UNIDAD	JOR	
CUADRILLA No. 16 (1 OPERADOR + 2 PEONES)		RENDIMIENTO		
		DESTAJO	8,843.97	
C O N C E P T O	V	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
OPERADOR	JOR	1.0000	3,881.25	3,801.25
PEON	JOR	2.0000	2,783.57	5,567.14
CABO	JOR	0.1500	5,769.00	865.35
MAESTRO	JOR	0.0500	8,186.72	405.34
			S U M A	10,369.10
HERR. MENOR	%	0.0400	10,639.10	425.56
			S U M A	425.56
			COSTO DIRECTO	11,064.60

ESPECIFICACION:		UNIDAD	JOR	
CUADRILLA No. 30 (1 OPERADOR + 1 PEON)		RENDIMIENTO		
		DESTAJO	5,505.86	
C O N C E P T O	V	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
OPERADOR	JOR	1.0000	3,801.25	3,801.25
PEON	JOR	1.0000	2,783.57	2,783.57
MAESTRO	JOR	0.0330	8,106.72	267.52
			S U M A	6,852.34
COSTO DIRECTO				6,852.34

ESPECIFICACION:		UNIDAD	JOR	
CUADRILLA No. 31 (1 CHOFER DE CAMION + 1 PEON)		RENDIMIENTO DESTAJO	5,696.08	
C O N C E P T O	V	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
CHOFER CAMION	JOR	1.0000	4,035.35	4,035.35
PEON	JOR	1.0000	2,783.57	2,783.57
MAESTRO	JOR	0.0330	8,106.72	267.52
			S U M A	7,086.44
			COSTO DIRECTO	7,086.44

ESPECIFICACION:			UNIDAD	JOR
CUADRILLA No. 33 (1 OPERADOR DE TRACTOR + 1 AYUDANTE B)			RENDIMIENTO	
			DESTAJO	6,068.16
C O N C E P T O	V	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
OPERADOR DE TRACTOR	JOR	1.0000	4,143.40	4,143.40
AYUDANTE CLASE "B"	JOR	1.0000	3,046.57	3,046.57
MAESTRO	JOR	0.0330	8.106.72	267.52
			S U M A	7,457.49
COSTO DIRECTO				7,457.49

DEMOLICON DE CONCRETO ARMADO		UNIDAD	M3	
		RENDIMIENTO	0.50 m3/J	
		DESTAJAJO		
C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	P. V.	IMPORTE
MANO DE OBRA				
CUADRILLA NO. 1 (1 PEON)	JOR	2.000	3,329.8	6,659.6
COSTO DIRECTO:				6,659.6

ACARREO EN CARRETILLA A 10.00 METROS		UNIDAD	M3	
		RENDIMIENTO	7.75 M3/J	
DESTAJOS				
C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
MANO DE OBRA				
CUADRILLA NO. 1 (1 PEON)	JOR	0.1290	3,329.8	429.54
COSTO DIRECTO:				429.54

DEMOLICION DE MURO DE TABIQUE DE BARRO	UNIDAD	M2		
RECOCIDO DE 14 CM.	RENDIMIENTO	20.00 M2/J		
	DESTAJO			
C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
MANO DE OBRA				
CUADRILLA No. 1 (1 PEON)	JOR	0.0500	3,329.80	166.49
			COSTO DIRECTO:	166.49

RETIRO DE TRABES Y COLUMNAS		UNIDAD	PZA.	
		RENDIMIENTO	24PZA/JOR	
		DESTAJO		
C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	P. V.	IMPORTE
MANO DE OBRA				
CUADRILLA No. 6 (1 ALBAÑIL + 4 PEONES)	JORNAL	0.0417	17,880.8	745.62
COSTO DIRECTO:				745.62

CARGADOR FRONTAL ARTICULADO CATERPILLAR 966-D LAB. BRASIL				UNIDAD
Vida útil llantas en horas.....	1,500	Valor de compra	76'900,000.00	RENDIMIENTO
Vida útil en horas.....	6,000	Valor de Res.	7,690,000.00	
Uso promedio por año en horas.....	1,200			DESTAJO
Vida útil en años.....	5			
Porcentaje para reparaciones.....	80			
C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
CARGOS FIJOS:				
INTERESES	¶	0.000488	76'900,000.00	36,912.00
DEPRECIACION	¶	0.000150	76'900,000.00	11,535.00
AJUSTE PARA REPOSICION	¶	0.000091	76'900,000.00	6,997.90
IMPUESTOS, SEGUROS Y ALMACENAJE	¶	0.000025	76'900,000.00	1,922.50
MANTENIMIENTO	¶	0.000093	76'900,000.00	7,151.70
OPERACION:				
CUADRILLA 1 OPERADOR TRACTOR + 1 AYUDANTE	JOR	0.125000	7,457.49	932.18
CONSUMOS:				
GASOLINA NOVA	LT.	1.000000	85.00	85.00
DIESEL	LT.	26.000000	50.00	1,300.00
ACEITE MULTIGRADO	LT.	0.610000	600.00	366.00
GRASA PARA MAQUINARIA	KG.	0.020000	1,000.00	20.00
FILTROS, ESTOPA Y OTROS ACEITES	LTE.	1.000000	138.00	138.00
LLANTA PARA CAMION F-600 10 x 20 12 CAP.	PZA.	4.000000	200,000.00	444.44
			COSTO HORARIO	67,438.77
			COSTO DIRECTO:	

EQUIPO DE CORTE DE OXI-ACETILENO		UNIDAD		
Vida útil en horas.....	7,000	RENDIMIENTO		
Uso promedio por año en horas.....	1,400			
Vida útil en años.....	5	DESTAJO		
Producción por Jor. de 8 horas....	300 c/jor			
Porcentaje de reparaciones.....	90			
Valor de compra.....	110,000.00			
Valor de rescate.....	0.00			
C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
OPERACION CUADRILLA:				
1 OPERADOR + 1 PEON	JOR	0.125	6,852.34	856.54
CARGOS FIJOS:				
INTERESES:	%	0.000718	110,000.00	78.10
DEPRECIACION	%	0.000142	110,000.00	15.62
AJUSTE POR REPOSICION	%	0.000087	110,000.00	9.57
IMPUESTOS, SEGUROS Y ALMACENAJE	%	0.000021	110,000.00	2.31
MANTENIMIENTO	%	0.000090	110,000.00	9.90
CONSUMOS:				
GAS ACETILENO	KG.	0.210000	2,447.00	513.81
GAS OXIGENO	M3	0.750000	582.00	436.50
			COSTO DIRECTO:	1,922.41
				/HORARIO

MALACATE DE ACCESORIOS 1 TONELADA 12.5 HP (INCLUYE OPERACION)		UNIDAD		
Vida útil en horas.....	8,000			
Uso promedio por año en horas....	1,600			
Vida útil en años.....	5			
Producción por Jor. de 8 Horas....	20 M3/Jor.			
Porcentaje por reparaciones.....	90			
Valor de compra.....	985,000.00			
Valor de rescate.....	0.00			
C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
CARGOS FIJOS:				
INTERESES	%	0.000366	985,000.00	360.51
DEPRECIACION	%	0.000125	985,000.00	123.12
AJUSTE PARA REPOSICION	%	0.000076	985,000.00	74.86
IMPUESTOS, SEGUROS Y ALMACENAJE	%	0.000018	985,000.00	17.73
MANTENIMIENTO	%	0.000078	985,000.00	76.83
CONSUMOS:				
GASOLINA NOVA	LT.	3.600000	85.00	306.00
ACEITE MULTIGRADO (ESSO)	LT.	0.120000	773.33	92.80
OPERACION				
CUADRILLA No. 16 (1 OPERADOR + 2 PEONES)	JOR	0.1250	11,064.64	1,383.08
			COSTO HORARIO:	2,434.95

CAMION DE VOLTEO FOR F-600 CAPACIDAD 6 M3 160 HP		UNIDAD
Vida Útil en horas.....	8,400	RENDIMIENTO
Uso promedio por año en horas.....	1,400	
Vida Útil en años.....	6	DESTAJO
Porcentaje para reparaciones.....	80	
Valor de compra.....	\$ 10'000,000.00	
Valor de rescate.....	0.00	

C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	P.V.	IMPORTE
CARGOS FIJOS:				
INTERESES	%	0.000418	10'000,000.00	4,180.00
DEPRECIACION	%	0.000119	10'000,000.00	1,190.00
AJUSTE PARA REPOSICION	%	0.000072	10'000,000.00	720.00
IMPUESTOS, SEGUROS Y ALMACENAJE	%	0.000028	10'000,000.00	280.00
MANTENIMIENTO	%	0.000068	10'000,000.00	680.00
OPERACION:				
CUADRILLA CHOFER DE CAMION + 1 PEON	JOR.	0.125000	7,086.44	885.80
CONSUMOS:				
GASOLINA NOVA	LT.	8.000000	85.00	680.00
ACEITE MULTIGRADO	LT.	0.100000	815.00	81.50
GRASA PARA MAQUINARIA	KG.	0.125000	1,000.00	125.00
SERVICIO, LUBRICACION PARA CAMION DE VOLTEO	SER.	0.005000	20,000.00	100.00
JUEGO LLANTAS CAMION 200,000 x 6/1900	HR.	1.000000	631.57	631.57
			COSTO HORARIO	9,553.11

DEMOLICION DE CONCRETO ARMADO			UNIDAD	M ³
			RENDIMIENTO	0.50 M ³ /O
			DESTAJOS	
CONCEPTO.	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE.
Mano de obra Cuadrilla No.1(1 peon)	JOR	2000	3,329.8	6,659.6
			COSTO DIRECTO.	6,659.6

ACARREO EN CARRETILLA A 10.00 M			UNIDAD	M ³
			RENDIMIENTO	7.75 m ³ /
			DESTAJO	
CONCEPTO	UNIDAD	CANTID	P.U.	IMPORTE.
Mano de Obra Cuadrilla No.1(1 peon)	JORNAL	0.1290	3,329.8	429.54
			COSTO DIRECTO.	429.54

COSTO INDIRECTO

El costo indirecto comprende la suma de gastos técnico- Administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo. (Ref. 31)

El costo indirecto, relacionado específicamente con la industria de la construcción lo podemos dividir en dos:

- Costo indirecto de operación
- Costo indirecto de obra.

Costo Indirecto de Operación.- Son todos aquellos gastos originados por la administración central, que compartirán todas las obras a cargo de esa administración central, y que por ende su cálculo debe ser la suma de todos esos gastos, en un lapso determinado (un año, por ej), dividida entre el volumen de obra ejecutado (a costo directo) en ese mismo periodo lo que dará un porcentaje correspondiente al Costo indirecto de Operación al costo Directo. Los gastos de operación se pueden encuadrar en cinco grupos principales

- 1.- Honorarios y Sueldos (Técnico-Administrativos).
- 2.- Depreciaciones, Mantenimiento y Renta
- 3.- Seguros, suscripciones y afiliaciones.
- 4.- Gastos de oficina.
- 5.- Capacitación y promoción.

Costo Indirecto de Obra.- La administración de obra es similar en su función a la administración central, solo que encaminada cien por ciento a la obra a la que esta asignada. Por esto se deberá valuar y tratar de igual manera que la administración central solo que tomando en cuenta el monto de esa obra exclusivamente, por lo que aqui también todos estos gastos se traducirán en un porcentaje referido al costo directo que sumado al costo indirecto de operación dará el Costo Indirecto total.

Los gastos de obra se pueden encuadrar en 7 grupos:

- 1.- Honorarios y Sueldos (técnico-administrativo)
- 2.- Traslado de Personal a la obra.
- 3.- Comunicaciones y fletes.
- 4.- Gastos de oficina y consumo
- 5.- Construcciones provisionales.
- 6.- Fianzas
- 7.- Financiamiento.

A continuación se presenta una tabla que muestra algunos porcentajes que de acuerdo con las estadísticas, podrán servir de orientación en lo que se refiere a conceptos de administración central como de obra.

ADMINISTRACION CENTRAL.				
CONCEPTO	CHICA 25 millones	MEDIANA 75 millones	GRANDE 350 millones	MONTO DE OBRA A COSTO DIRECTO
Honorarios y sueldos (técnicos y Admvos)	7.36	5.56	3.95	

CONCEPTO	CHICA 25 MILLONES	MEDIANA 73 MILLONES	GRANDE 350 MILLONES	MONTO DE OBRA A COSTO DIRECTO
Depreciaciones, Mantenimiento y Renta	1.76	1.75	0.62	PORCENTAJES - ANUALES EN -- FUNCION
Seguros, Suscrip- ciones y Afilia- ciones	0.12	0.16	0.07	
Gastos de Ofici- na	0.94	0.62	0.33	
Promociones	0.62	0.48	0.45	
	10.80	8.07	5.42	

ADMINISTRACION DE LA OBRA

CONCEPTO	5 MIL.		25 MILLONES		175 MILLONES		IMP. DE LA OBRA	DURACION UBICACION
	6 MESES	8 MESES	8 MESES	10 MESES	12 MESES	14 MESES		
Honora- rios y - sueldos- (Tec. y- Admvos.)	LOCAL 7.55	FOR. 11.26 300Km	LOCAL 4.50	FOR. 6.76 500Km	LOCAL 3.88	FOR 5.07 1000Km		
Traslado del per- sonal a- la obra		1.26		0.58		0.75		

CONCEPTO	5 MIL		25 MILLONES		175 MILLONES		IMP. DE LA OBRA
	6	8	8	10	12	14	DURACION
	MESES	MESES	MESES	MESES	MESES	MESES	
LOCAL	FOR. 300Km	LOCAL	FOR. 500Km	LOCAL	FOR. 1000Km	UBICACION	
Comunicaciones y Fletes	0.35	0.67	0.67	1.35	0.24	0.60	PORCENTAJE EN FUNCION DEL COSTO DIRECTO ESTIMADO DE OBRA
Gastos - de oficina y consumo	0.35	0.72	0.83	1.30	0.47	0.65	
Construcciones - provisionales	0.47	0.66	0.40	0.93	0.40	0.87	
Fianzas	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	
Financiamiento	5.06	6.58	4.59	6.02	3.89	5.22	
	14.05	21.72	11.36	17.21	9.15	13.43	

En las tablas también se han considerado imprevistos para obra de acuerdo con la siguiente tabla:

OBRA	PORCENTAJE
Local	3 %
Foranea	5 %
Rural	7 %

FACTOR SOBRE COSTO: Todos los conceptos ya anotados como integrantes del costo indirecto aunados a una utilidad integran el factor de sobre-costos, que como su nombre lo indica es el factor por el que hay que multiplicar el C.D., para obtener el precio unitario de venta al público.

La utilidad se ha considerado en general del orden del 12%.

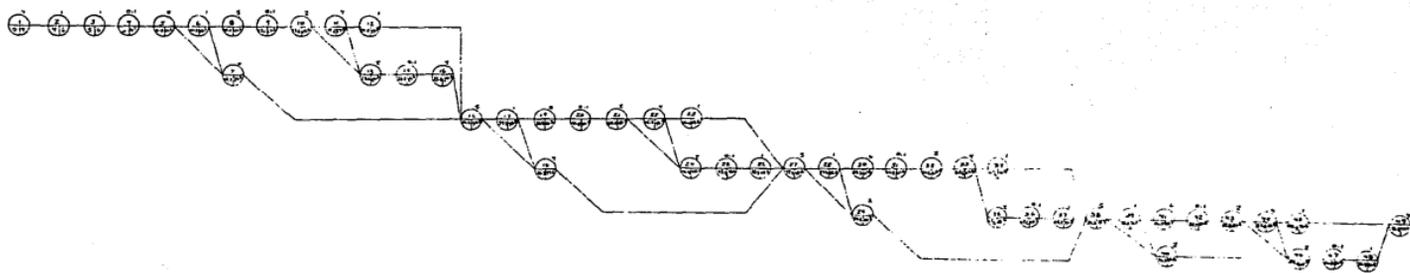
RESUMEN DE INDIRECTOS

TIPO DE OBRA

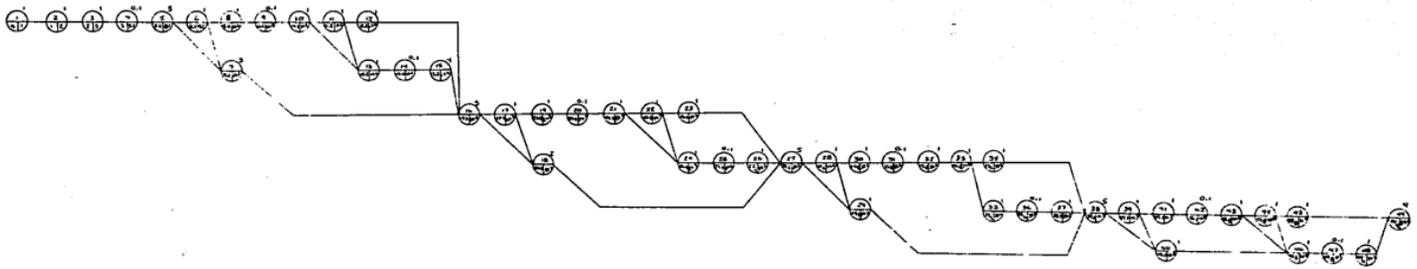
TIPO DE CONSTRUCCION	5 MILLONES		6-25 MILLONES		25-175 MILLONES	
	6 MESES	8 MESES	8 MESES	10 MESES	12 MESES	14 MESES
	LOCAL	FORANEA 300 km.	LOCAL	FORANEA 5000 km.	LOCAL	FORANEA 1000 km
CHICA	1.44	1.55	1.41	1.50		
MEDIANA	1.41	1.52	1.38	1.47		
GRANDE	1.38	1.29	1.35	1.44	1.32	1.40

En nuestro caso, tomaremos la categoría de constructora mediana y por el tipo de obra que planteamos de 6-25 millones, nuestro factor de sobre-costo será de 1.38.

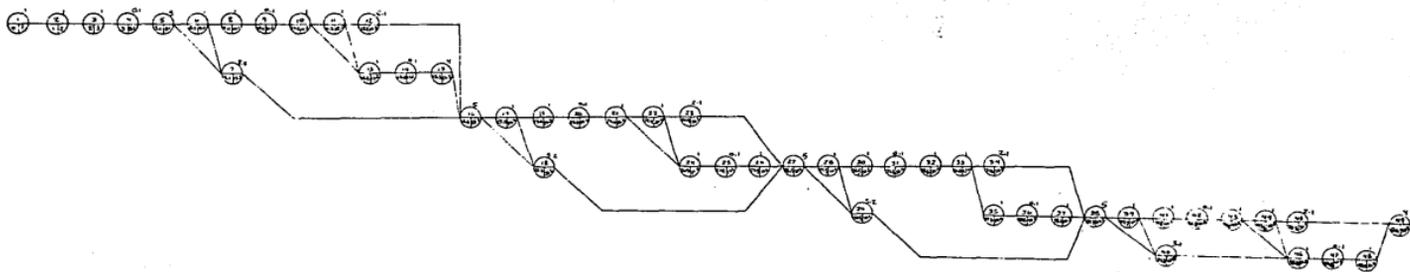
TIEMPO NORMAL



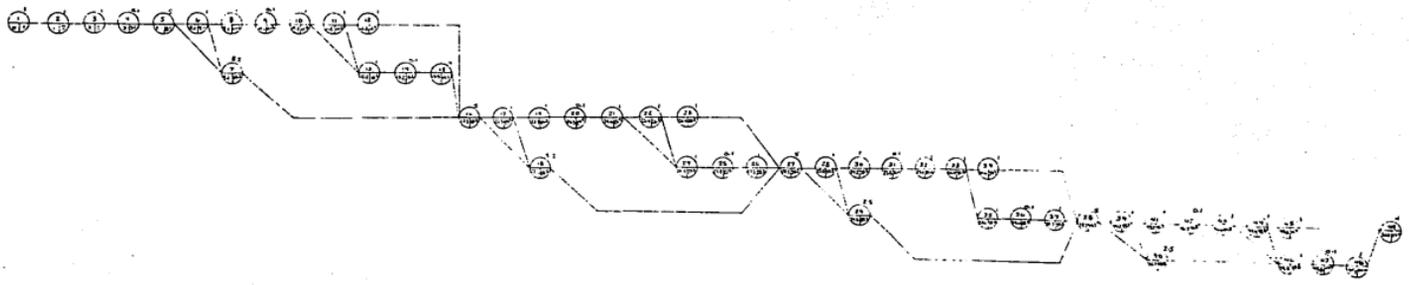
TIEMPO . LIMITE



OPHILACHNA CANTIGUINES J. & T. 1870



OPTIMIZACIÓN DEL PROYECTO



ruta critica.

Actividades:

- 1.- Demolición de muro pretil y colocación de tarima frontera.
- 2.- Acarreo del escombros del pretil.
- 3.- Demolición de castillos pretil.
- 4.- Corte de varilla de castillos pretil.
- 5.- Demolición losa nivel 4
- 6.- Corte de varillas losa nivel 4.
- 7.- Acarreo de material, losa nivel. 4
- 8.- Demolición de trabes, nivel 4
- 9.- Corte de varillas trabes nivel 4.
- 10.0 Retiro de trabes nivel 4
- 11.- Demolición de muros entrepiso nivel 4
- 12.- Retiro de escombros de muro nivel 4.
- 13.- Demolición de columnas nivel 4
- 14.- Corte de acero de columnas nivel 4
- 15.- Retiro de columnas nivel 4
- 16.- Demolición losa nivel 3
- 17.- Corte varillas losa nivel 3.
- 18.- Acarreo de escombros losa nivel 3
- 19.- Demolición de trabes nivel 3
- 20.- Corte de varillas trabes nivel 3
- 21.- Retiro de trabes nivel 3
- 22.- Demolición de muro nivel 3
- 23.- Retiro de escombros nivel 3

- 24.- Demolición columnas nivel 3
- 25.- Corte de varillas columnas nivel 3
- 26.- Retiro de columnas nivel 3
- 27.- Demolición de losa nivel 2.
- 28.- Corte de varillas losa nivel 2
- 29.- Acarreo de escombros losa nivel 2.
- 30.- Demolición trabes nivel 2

- 31.- Corte de varilla trabe nivel 2.
- 32.- Retiro de trabes nivel 2.
- 33.- Demolición muro nivel 2
- 34.- Retiro de escombros muro nivel 2
- 35.- Demolición columnas nivel 2
- 36.- Corte varillas columnas nivel 2
- 37.- Retiro de columnas nivel 2
- 38.- Demolición losa nivel 1
- 39.- Corte de varillas losa nivel 1
- 40.- Acarreo de escombros losa nivel 1
- 41.- Demolición trabe nivel 1
- 42.- Corte de varilla trabe nivel 1
- 43.- Retiro de trabes nivel 1
- 44.- Demolición muros nivel 1
- 45.- Retiro de escombros muros nivel 1
- 46.- Demolición columnas nivel 1
- 47.- Corte varillas columnas nivel 1
- 49.- Retiro columnas nivel 1
- 49.- Retiro de material a lugar de tiro.

TIEMPO NORMAL

DETERMINACION DE OPERACIONES CRITICAS, FECHAS LIMITE Y HOLGURAS

ACTIVIDAD	DURACION ESTIMADA	I N I C I O		TERMINACION		HOLGURAS		ACTIVIDAD CRITICA
		PRIMERO	ULTIMO	PRIMERA	ULTIMA	TOTAL	LIBRE	
1	4	0	0	4	4	0	0	+
2	1	4	4	5	5	0	0	+
3	1	5	5	6	6	0	0	+
4	0,1	6	6	6,1	6,1	0	0	+
5	5	6,1	6,1	11,1	11,1	0	0	+
6	1	11,1	11,1	12,1	12,1	0	0	+
7	6	12,1	23,3	18,1	29,3	11,2	11,2	+
8	5	12,1	12,1	17,1	17,1	0	0	+
9	0,1	17,1	17,1	17,2	17,2	0	0	+
10	2	17,2	17,2	19,2	19,2	0	0	+
11	4	19,2	19,2	23,2	23,2	0	0	+
12	1	23,2	28,3	24,2	29,3	5,1	5,1	+
13	2	23,2	23,2	25,2	25,2	0	0	+
14	0,1	25,2	25,2	25,3	25,3	0	0	+
15	4	25,3	25,3	29,3	29,3	0	0	+
16	5	29,3	29,3	34,3	34,3	0	0	+
17	1	34,3	34,3	35,3	35,3	0	0	+
18	4	35,3	45,5	39,3	49,5	10,2	10,2	+
19	5	35,3	35,3	40,3	40,3	0	0	+
20	0,1	40,3	40,3	40,4	40,4	0	0	+
21	2	40,4	40,4	42,4	42,4	0	0	+
22	4	42,4	42,4	46,4	46,4	0	0	+
23	1	46,4	48,5	47,4	49,5	2,1	2,1	+
24	2	46,4	26,4	48,4	48,4	0	0	+
25	0,1	48,8	48,4	48,9	48,5	0	0,4	+
26	1	48,5	48,5	49,5	49,5	0	0	+
27	5	49,5	49,5	54,5	54,5	0	0	+
28	1	54,5	54,5	55,5	55,5	0	0	+
29	2	55,5	68,7	57,5	70,7	13,2	13,2	+
30	6	55,5	55,5	61,5	61,5	0	0	+

CONTINUACION...

ACTIVIDAD	DURACION ESTIMADA	I N I C I O		TERMINACION		HOLGURAS		ACTIVIDAD CRITICA
		PRIMERO	ULTIMO	PRIMERA	ULTIMA	TOTAL	LIBRE	
31	0.1	61.5	61.5	61.6	61.6	0	0	+
32	2	61.6	61.6	63.6	63.6	0	0	+
33	4	63.6	63.6	67.6	67.6	0	0	+
34	1	67.6	69.6	68.6	70.7	2.1	2.1	
35	2	67.6	67.6	69.6	69.6	0	0	+
36	0.1	69.6	69.6	69.7	69.7	0	0	+
37	1	69.7	69.7	70.7	70.7	0	0	+
38	5	70.7	70.7	75.7	75.7	0	0	+
39	1	75.7	75.7	76.7	76.7	0	0	+
40	2	76.7	86.8	78.7	88.8	10.1	10.1	
41	6	76.7	76.7	82.7	82.7	0	0	+
42	0.1	82.7	82.7	82.8	82.8	0	0	+
43	2	82.8	82.8	84.8	84.8	0	0	+
44	4	84.8	84.8	88.8	88.8	0	0	+
45	1	88.8	90.9	89.8	91.9	2.1	2.1	
46	2	88.8	88.8	90.8	90.8	0	0	+
47	0.1	90.8	90.8	90.9	90.9	0	0	+
48	1	90.9	90.9	91.9	91.9	0	0	+
49	4	91.9	91.9	95.9	95.9	0	0	+

HOLGURA DE INTERFERENCIA: 22.2

TIEMPO LIMITE

DETERMINACION DE OPERACIONES CRITICAS, FECHAS LIMITE Y HOLGURAS

ACTIVIDAD	DURACION ESTIMADA	I N I C I O		TERMINACION		HOLGURAS		ACTIVIDAD CRITICA
		PRIMERO	ULTIMO	PRIMERA	ULTIMA	TOTAL	LIBRE	
1	1	0	0	1	1	0	0	+
2	1	1	1	2	2	0	0	+
3	1	2	2	3	3	0	0	+
4	0.1	3	3	3.1	3.1	0	0	+
5	5	3.1	3.1	8.1	8.1	0	0	+
6	1	8.1	8.1	9.1	9.1	0	0	+
7	3	9.1	14.3	12.1	17.3	5.2	5.2	+
8	1	9.1	9.1	10.1	10.1	0	0	+
9	0.1	10.1	10.1	10.2	10.2	0	0	+
10	1	10.2	10.2	11.2	11.2	0	0	+
11	1	11.2	11.2	12.2	12.2	0	0	+
12	1	12.2	16.3	13.2	17.3	4.1	4.1	+
13	1	12.2	12.2	13.2	13.2	0	0	+
14	0.1	13.2	13.2	13.3	13.3	0	0	+
15	4	13.3	13.3	17.3	17.3	0	0	+
16	5	17.3	17.3	22.3	22.3	0	0	+
17	1	22.3	22.3	23.3	23.3	0	0	+
18	2	23.3	26.5	25.3	28.5	3.2	3.2	+
19	1	23.3	23.2	24.3	24.3	0	0	+
20	0.1	24.3	24.3	24.4	24.4	0	0	+
21	1	24.4	24.4	25.4	25.4	0	0	+
22	1	25.4	25.4	26.4	26.4	0	0	+
23	1	26.4	27.5	27.4	28.5	1.1	1.1	+
24	1	26.4	26.4	27.4	27.4	0	0	+
25	0.1	27.4	27.4	27.5	27.5	0	0	+
26	1	27.5	27.5	28.5	28.5	0	0	+
27	5	28.5	28.5	33.5	33.5	0	0	+
28	1	33.5	33.5	34.5	34.5	0	0	+
29	1	34.5	36.7	35.5	39.7	4.2	4.2	+
30	1	34.5	34.5	35.5	35.5	0	0	+

CONTINUACION....

ACTIVIDAD	DURACION ESTIMADA	I N I C I O		TERMINACION		HOLGURAS		ACTIVIDAD CRITICA
		PRIMERO	ULTIMO	PRIMERA	ULTIMA	TOTAL	LIBRE	
31	0.1	35.5	35.5	35.6	35.6	0	0	+
32	1	35.6	25.6	36.6	36.6	0	0	+
33	1	36.6	36.6	37.6	37.6	0	0	+
34	1	37.6	38.7	38.6	39.7	1.1	1.1	+
35	1	37.6	37.6	38.6	38.6	0	0	+
36	0.1	38.6	38.6	38.7	38.7	0	0	+
37	1	38.7	38.7	39.7	39.7	0	0	+
38	5	39.7	39.7	44.7	44.7	0	0	+
39	1	44.7	44.7	45.7	45.7	0	0	+
40	1	45.7	47.8	46.7	48.8	2.1	2.1	+
41	1	45.7	45.7	46.7	46.7	0	0	+
42	0.1	46.7	46.7	46.8	46.8	0	0	+
43	1	46.8	46.8	47.8	47.8	0	0	+
44	1	47.8	47.8	48.8	48.8	0	0	+
45	1	48.8	49.9	49.8	50.9	1.1	1.1	+
46	1	48.8	48.8	49.8	49.8	0	0	+
47	0.1	49.8	49.8	49.9	49.9	0	0	+
48	1	49.9	49.9	50.9	50.9	0	0	+
49	4	50.9	50.9	54.9	54.9	0	0	+

ACTIVIDAD 1: Demolición de muro de tabique (pretil) y colocación de tarima frontera de protección.

COSTO NORMAL

PERSONAL:

Demolición \$ 166.49 x 31 m2 = \$ 5,161.19

Carpintería \$ 524.13 x 75.64 m2 = \$ 39,645.59

MATERIAL:

Madera de contacto \$ 4,805.80 x 75.64 m2 = \$ 363,514.49

Clavo \$ 189.33 x 16 kg. = \$ 3,029.37

Alambre # 18 \$ 171.01 x 6 kg. = \$ 1,026.09

Polvo de pino de 4" x 4" \$ 253.00 x Pt. = \$ 253.00

HERRAMIENTA:

\$ 367,822.86 x 0.04 = \$ 14,712.91

TOTAL = \$ 427,342.55

COSTO LIMITE

PERSONAL:

Demolición \$ 665.96 x 31 m2 = \$ 20,644.76

Carpintería \$ 2,096.52 x 75.64 m2 = \$ 158,580.77

MATERIAL:

\$ 367,922.86

HERRAMIENTA:

\$ 14,712.91

TOTAL = \$ 561,761.30

ACTIVIDAD 2: Acarreo del escombros del pretel.

COSTO NORMAL

PERSONAL:

Acarreo \$ 429.54 x 4.34 m3 = \$ 1,864.20

Material y Equipo \$ 962.92 x 7.16 m3/j = \$ 6,894.54

TOTAL = \$ 8,758.74

ACTIVIDAD 3: Demolición de castillos pretel.

COSTO NORMAL

PERSONAL:

Demolición \$ 6,659.60 x 0.4 m3 = \$ 2,663.84

TOTAL = \$ 2,663.84

ACTIVIDAD 4: Corte de Varilla de Castillos (pretel)

COSTO NORMAL

PERSONAL Y MAQUINARIA:

Lote = \$ 1,922.41 x 0.5 Jor. = \$ 961.20

TOTAL = \$ 961.20

ACTIVIDAD 5: Demolición Losa Nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL:

Demolición \$ 6,659.60 c 20.62 m3 = \$ 137,320.95

TOTAL: = \$ 137,320.95

ACTIVIDAD 6: Corte de varillas, losa Nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL Y EQUIPO:

\$ 1,922.41/hr x 8.56 Jor. = \$ 16,455.82

TOTAL = \$ 16,455.82

ACTIVIDAD 7: Acarreo de material, losa Nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL:

Acarreo \$ 429.54 x 20.63 m3 = \$ 8,861.41

EQUIPO:

\$ 962.92 x 34.02 m3/J = \$ 32,758.53

TOTAL = \$ 41,619.94

COSTO LIMITE

PERSONAL:

$$\$ 429.54 \times 2 \times 20.63 \text{ m}^3 = \$ 17,722.82$$

EQUIPO:

$$\$ 962.92 \times 34.02 \text{ m}^3/\text{J} = \$ 32,758.53$$

$$\text{TOTAL} = \$ 50,481.35$$

ACTIVIDAD 8: Demolición de trabes Nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL Y MAQUINARIA:

$$\$ 6,659.60 \times 2.21 \text{ m}^3 = \$ 14,717.71$$

COSTO LIMITE

$$\$ 6,659.60 \times 2.21 \times 5 = \$ 73588.58$$

ACTIVIDAD 9: Corte de varillas trabes Nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL Y EQUIPO:

$$\$ 1,922.41 \times 0.5 \text{ Jor} = \$ 961.20$$

$$\$ 961.20$$

ACTIVIDAD 10: Retiro de trabes nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL Y HERRAMIENTA:

\$ 745.62 x 30T = \$ 22,368.60

EQUIPO:

\$ 2,434.95 x 10 hrs. = \$ 24,349.50

TOTAL = \$ 46,718.10

COSTO LIMITE

PERSONAL Y HERRAMIENTA:

\$ 1,491.24 x 30 T = \$ 44,737.20

\$ 22,350.00

TOTAL = \$ 67,087.20

ACTIVIDAD 11: Demolición de Muros Entrepiso Nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL:

Demolición \$ 166.49x 72 m3 = \$ 11,987.28

Carpintería \$ 524.13 x 66.88 m2 = \$ 35,053.81

\$ 47,041.09

MATERIAL:

Se utiliza el de la Actividad No. 1 ---- \$ 0.00

HERRAMIENTA:

\$ 367,822.86 x 0.04 = \$ 14,712.91

TOTAL = \$ 61,754.00

COSTO LIMITE

PERSONAL:

Demolición \$ 665.96 x 72 m3 = \$ 47,949.12

Carpintería \$ 2,096.52 x 66.88 m2 = \$ 138,118.73

\$ 186,067.85

\$ 14,712.91

\$ 200,780.76

ACTIVIDAD 12: Retiro de Escombros de Muro Nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 429.54 x 4.5 m3 = \$ 1,932.93

EQUIPO:

\$ 962.92 x 7.43 m3/J = \$ 7,154.49

TOTAL = \$ 9,087.42

ACTIVIDAD 13: Demolición de Columnas Nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL Y HERRAMIENTAS:

\$ 6,659.60 x 0.66 m3 = \$ 4,395.33

\$ 4,395.33

COSTO LIMITE

PERSONAL Y HERRAMIENTAS:

$$\begin{aligned} \$ 6,659.60 \times 0.66 \text{ m}^3 \times 2 &= \underline{\$ 8,790.67} \\ &\$ 8,790.67 \end{aligned}$$

ACTIVIDAD 14: Corte del Acero de Columnas Nivel 4

PERSONAL, HERRAMIENTA Y MAQUINARIA:

$$\begin{aligned} \$ 1,922.41/\text{hr.} \times 0.25 &= \underline{\$ 480.60} \\ &\$ 480.60 \end{aligned}$$

ACTIVIDAD 15: Retiro de Columnas Nivel 4

COSTO NORMAL

PERSONAL:

$$\begin{aligned} \$ 745.62 \times 8 \text{ c} &= \underline{\$ 5,964.96} \\ &\$ 5,964.96 \end{aligned}$$

EQUIPO:

$$\begin{aligned} \$ 2,434.95 \times 5.34 \text{ Hr} &= \underline{\$ 13,002.63} \\ &\$ 13,002.63 \end{aligned}$$

TOTAL = \$ 18,967.59

ACTIVIDAD 16: Demolición Losa Nivel 3

COSTO NORMAL

PERSONAL:

$$\$ 6,659.60 \times 20.62 \text{ m}^3 = \$ 137,320.95$$

ACTIVIDAD 17: Corte Varillas Losa Nivel 3

COSTO NORMAL

PERSONAL Y HERRAMIENTA:

$$\$ 1,922.41 \times 8.56 \text{ hr} = \$ 16,455.82$$

$$\$ 16,455.82$$

ACTIVIDAD 18: Acarreo de Escombros Losa Nivel 3

COSTO NORMAL

PERSONAL:

$$\$ 429.54 \times 20.62 \text{ m}^3 = \$ 8,861.41$$

EQUIPO:

$$\$ 962.92 \times 34.02 \text{ m}^3/\text{j} = \$ 32,758.53$$

$$\text{TOTAL} = \$ 41,619.94$$

COSTO LIMITE

PERSONAL:

$$\$ 429.54 \times 2 \times 20.63 \text{ m}^3 = \$ 17,722.82$$

EQUIPO:

$$\$ 962.92 \times 34.02 \text{ m}^3/\text{j} = \$ 32,758.53$$

$$\text{TOTAL} = \$ 50,481.35$$

ACTIVIDAD 19: Demolición de trabes nivel 3

COSTO NORMAL

PERSONAL Y HERRAMIENTA:

\$ 6,659.60 x 2.5 m3 = \$ 16,649.00

COSTO LIMITE

PERSONAL Y HERRAMIENTA:

\$ 6,659.60 x 2.5 m3 x 5 = \$ 83,245.00

ACTIVIDAD 20: Corte de Varillas trabes Nivel 3

PERSONAL Y EQUIPO:

\$ 1,922.41 x 0.5 jor = \$ 961.20
\$ 961.20

ACTIVIDAD 21: Retiro de Trabes Nivel 3

COSTO NORMAL

PERSONAL Y HERRAMIENTA:

\$ 745.62 x 30 T = \$ 22,368.60

EQUIPO:

\$ 2,234.95/10 hrs. = \$ 24,349.50

TOTAL = \$ 46,718.10

COSTO LIMITE

PERSONAL Y HERRAMIENTA:

\$ 1,491.24 x 30 T = \$ 44,737.20

\$ 22,320.00

TOTAL: \$ 67,087.20

ACTIVIDAD 22: Demolición de Muro Nivel 3

COSTO NORMAL

PERSONAL:

Demolición \$ 166.49 x 72 m3 = \$ 11,987.28

\$ 11,987.28

COSTO MINIMO

PERSONAL:

Demolición \$ 665.96 x 72 m3 = \$ 47,949.12

\$ 47,949.12

ACTIVIDAD 23: Retiro de Escombros Nivel 3

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 429.54 x 16.63 m3 = \$ 7,143.25

EQUIPO:

\$ 962.02 x 16.63 m3 = \$ 16,013.35

TOTAL = \$ 23,156.60

ACTIVIDAD 24: Demolición Columnas Nivel 3

COSTO NORMAL

PERSONAL:

$$\begin{aligned} \$ 6,659.60 \times 0.88 \text{ m}^3 &= \underline{\$ 5,860.44} \\ &\$ 5,860.44 \end{aligned}$$

COSTO LIMITE

PERSONAL:

$$\begin{aligned} \$ 6,659.60 \times 0.88 \text{ m}^3 \times 2 &= \underline{\$ 11,720.88} \\ &\$ 11,720.88 \end{aligned}$$

ACTIVIDAD 25: Corte de varillas columnas nivel 3

PERSONAL Y EQUIPO:

$$\$ 1,922.41/\text{hr} \times 0.4 = \$ 768.96$$

ACTIVIDAD 26: Retiro de Columnas Nivel 3

PERSONAL:

$$\$ 745.62 \times 8 \text{ c} = \$ 5,964.96$$

EQUIPO:

$$\$ 2,434.95 \times 3 \text{ hr.} = \$ 7,304.85$$

TOTAL = \$ 13,269.81

ACTIVIDAD 27: Demolición Losa Nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 6,659.60 x 20.62 m3 = \$ 137,320.95

ACTIVIDAD 28: Corte de Varillas Losa Nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL Y EQUIPO:

\$ 1,922.41 x 8.56 hr. = \$ 16,455.82

ACTIVIDAD 29: Acarreo de Escombros Losa Nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 429.54 x 20.62 m3 x 1.65 = \$ 14,614.23

EQUIPO:

\$ 962.92 x 20.62 m3/J x 1.65 = \$ 32,761.42

TOTAL = \$ 47,375.65

COSTO LIMITE

PERSONAL Y EQUIPO:

\$ 47,375.65 x 2 = \$ 94,751.30

ACTIVIDAD 30: Demolición de trabes nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL:

$$\$ 6,659.60 \times 2.60 \text{ m}^3 = \underline{\$ 17,314.96}$$

$$\$ 17,314.96$$

COSTO LIMITE

PERSONAL:

$$\$ 6,659.60 \times 2.60 \text{ m}^3 \times 6 = \$ 103,889.76$$

ACTIVIDAD 31: Corte de Varilla trabe nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL Y EQUIPO:

$$\$ 1,922.41 \times 0.5 \text{ jor} = \$ 961.20$$

ACTIVIDAD 32: Retiro de trabes nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL:

$$\$ 745.62 \times 30 \text{ T} = \$ 22,368.60$$

EQUIPO:

$$\$ 2,434.95 \times 10 \text{ hr} = \$ 24,349.50$$

$$\text{TOTAL} = \$ 46,718.10$$

\$ 44,718.60 x 2 = \$ 89,437.20

COSTO LIMITE

ACTIVIDAD 33: Demolición muro nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL:

Demolición \$ 166.49 x 72 = \$ 11,987.28

COSTO LIMITE

PERSONAL:

\$ 11,987.28 x 4 = \$ 47,949.12

ACTIVIDAD 34: Retiro de Escombros Muro nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 429.54 x 16.63 m3 = \$ 7,143.25

EQUIPO:

\$ 962.92 x 16.63 m3 = \$ 16,013.35

TOTAL = \$ 23,156.60

ACTIVIDAD 35: Demolición Columnas Nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 6,659.60 x 0.944 = \$ 6,286.66

COSTO LIMITE

PERSONAL:

\$ 6,286.66 x 2 = \$ 12,573.32

ACTIVIDAD 36: Corte varillas columnas nivel 2

COSTO NORMAL

PERSONAL Y EQUIPO:

\$ 1,922.41/Hr x 0.4 = \$ 768.96

ACTIVIDAD 37: Retiro de Columnas nivel 2

PERSONAL:

\$ 745.62 x 8c = \$ 5,964.96

EQUIPO:

\$ 2,434.95 x 3 hr = \$ 7,304.85

TOTAL = \$ 13,269.81

ACTIVIDAD 38: Demolición Losa Nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 6,659.60 x 20.62 m3 = \$ 137,320.95

ACTIVIDAD 39: Corte de Varillas Losa Nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL Y EQUIPO:

\$ 1,922.41 x 8.56 hr. = \$ 16,455.82

ACTIVIDAD 40: Acarreo de Escombros Losa Nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 429.54 x 34.02 m3 = \$ 14,612.95

EQUIPO:

\$ 962.92 x 34.02 m3 = \$ 32,758.53

TOTAL = \$ 47,371.48

COSTO LIMITE

\$ 47,371.48 x 2 = \$ 94,742.96

ACTIVIDAD 41: Demolición trabe nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 6,659.60 x 2.8 m3 = \$ 18,646.88

COSTO LIMITE

\$ 18,646.88 x 6 = \$ 111,881.28

ACTIVIDAD 42: Corte de Varilla trabe nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 1,922.41 x 0.56 = \$ 1,076.54

ACTIVIDAD 43: Retiro de trabes nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 745.62 x 30T = \$ 22,368.60

EQUIPO:

\$ 2,434.95 x 10 hr. = \$ 24,349.50

TOTAL = \$ 46,718.10

COSTO LIMITE

\$ 44,718.68 x 2 = \$89,437.

ACTIVIDAD 44: Demolición Muros nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 166.49 x 108 = \$ 17,980.92

COSTO LIMITE

PERSONAL:

\$ 17,980.92 x 4 = \$ 71,923.68

ACTIVIDAD 45: Retiro de Escombros Muros nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 429.54 x 24.95 m3 = \$ 10,717.02

ACTIVIDAD 46: Demolición Columnas Nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 6,659.60 x 1.01 = \$ 6,726.19

PERSONAL:

\$ 6,659.60 x 1.01 x 2 = \$ 13,452.38

ACTIVIDAD 47: Corte Varillas Columnas nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL Y EQUIPO:

\$ 19,22.41/hr x 0.4 = \$ 768.96

ACTIVIDAD 48: Retiro Columnas Nivel 1

COSTO NORMAL

PERSONAL:

\$ 745.62 x 8 c = \$ 5,964.96

ACTIVIDAD 49: Retiro de Material al lugar de tiro

COSTO NORMAL

PERSONAL Y EQUIPO (TRACTOR):

\$ 67,438.77 x 30.61 = \$ 2'064,300.75

CAMION F-600:

\$ 9,553.11 x 30.61 = \$ 292,420.69

TOTAL: \$ 2'356.721.44

ACTIVIDAD	TIEMPO NORMAL	TIEMPO LIMITE	COSTO TIEMPO NORMAL	COSTO TIEMPO LIMITE
1	4	1	\$ 427,342.55	\$ 561,761.30
2	1	1	\$ 8,858.74	\$ 8,758.74
3	1	1	\$ 2,663.84	\$ 2,263.84
4	0.1	0.1	\$ 961.20	\$ 961.20
5	5	5	\$ 137,320.00	\$ 137,320.00
6	1	1	\$ 16,455.00	\$ 16,455.00
7	6	3	\$ 41,619.94	\$ 50,481.35
8	5	1	\$ 14,717.71	\$ 73,558.58
9	0.1	0.1	\$ 961.20	\$ 961.20
10	2	1	\$ 46,718.10	\$ 67,087.20
11	4	1	\$ 61,754.00	\$ 200,780.76
12	1	1	\$ 9,087.42	\$ 9,087.42
13	2	1	\$ 4,395.33	\$ 8,790.67
14	0.1	0.1	\$ 480.60	\$ 480.60
15	4	4	\$ 18,967.59	\$ 18,967.59
16	5	5	\$ 137,320.95	\$ 137,320.95
17	1	1	\$ 16,455.82	\$ 16,455.82
18	4	2	\$ 41,619.94	\$ 50,481.35
19	5	1	\$ 16,649.00	\$ 83,245.00
20	0.1	0.1	\$ 961.20	\$ 961.20
21	2	1	\$ 46,718.10	\$ 67,087.20
22	4	1	\$ 11,987.28	\$ 47,949.12
23	1	1	\$ 23,156.60	\$ 23,156.60
24	2	1	\$ 5,860.44	\$ 11,720.88
25	0.1	0.1	\$ 768.96	\$ 768.96
26	1	1	\$ 13,296.81	\$ 13,296.81
27	5	5	\$ 137,320.95	\$ 137,320.95
28	1	1	\$ 16,455.82	\$ 16,455.82
29	2	1	\$ 47,375.65	\$ 94,751.30
30	6	1	\$ 17,314.96	\$ 103,889.76

CONTINUACION....

ACTIVIDAD	TIEMPO NORMAL	TIEMPO LIMITE	COSTO TIEMPO NORMAL	COSTO TIEMPO LIMITE
31	0.1	0.1	\$ 961.20	\$ 961.20
32	2	1	\$ 46,718.10	\$ 89,437.20
33	4	1	\$ 11,987.28	\$ 47,949.12
34	1	1	\$ 23,156.60	\$ 23,156.60
35	2	1	\$ 6,296.66	\$ 12,573.32
36	0.1	0.1	\$ 768.96	\$ 768.96
37	1	1	\$ 13,269.81	\$ 13,269.81
38	5	5	\$ 137,320.95	\$ 137,320.95
39	1	1	\$ 16,455.82	\$ 16,455.82
40	2	1	\$ 47,371.48	\$ 94,742.96
41	6	1	\$ 18,646.88	\$ 111,881.28
42	0.1	0.1	\$ 1,076.54	\$ 1,076.54
43	2	1	\$ 46,718.10	\$ 89,437.20
44	4	1	\$ 17,980.92	\$ 71,923.68
45	1	1	\$ 10,717.02	\$ 10,717.02
46	2	1	\$ 6,726.19	\$ 13,452.38
47	0.1	0.1	\$ 768.96	\$ 768.96
48	1	1	\$ 5,964.96	\$ 5,964.96
49	4	4	\$ 2'356,721.44	\$ 2'356,721.44

TOTAL DE ACTIVIDAD	TIEMPO NORMAL	TIEMPO LIMITE	COSTO TIEMPO NORMAL	COSTO TIEMPO LIMITE
49	95.9	54.9	\$ 4'095,083.57	\$ 5'061.613.57

OPTIMIZACION CONDICIONES LIMITE

El objetivo de la optimización de las condiciones límite de la demolición del edificio por el sistema tradicional es llegar a determinar el programa de operaciones -- que proporcione el menor costo del proyecto con el tiempo - mínimo (que en este caso corresponde al tiempo de las condi ciones límite) para en estas condiciones poder comparar la demolición de la estructura entre los dos sistemas propues- tos.

La optimización de las condiciones límite la hare mos a base de convertir las actividades que no son críticas en críticas, aumentando la duración que tienen en duracio-- nes mayores logrando reducciones en los costos sin aumentar la duración globan en un solo día (REF. 12), pero haciendo todas las actividades críticas.

En un primer intento nos dimos cuenta que en el caso particular de esta obra hay.. algunas limitaciones:

Para la reducción de los costos (c) en función de la duración (t) de cada actividad, se propuso encontrar pa- ra cada actividad una función $C = F(t)$ de forma lineal en--

tre la duración-costo normal y la duración-costo límite ---
 (REF. 12), en donde se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

ACTIVIDAD 1:	CONDICIONES NORMALES	CONDICIONES LIMITE
	Duración 4 días	Duración 1 día
	Costo \$ 427,342	Costo \$ 561,761

$$m = \frac{561.761 - 427.342}{1 - 4} = - 44.086$$

$$Y - 427.342 = - 44.806 (x - 4)$$

$$Y = 179.224 + 427.342 - 44.806 x$$

$$C = 606.566 - 44.806 D$$

ACTIVIDAD 2: C = 8.758

ACTIVIDAD 3: C = 2.663

ACTIVIDAD 4: C = 0.961

ACTIVIDAD 5: C = 137.320

ACTIVIDAD 6: C = 16.455

ACTIVIDAD 7: C = 59.343 - 2.954D

ACTIVIDAD 8: C = 88.302 - 14.717D

ACTIVIDAD 9: C = 0.961

ACTIVIDAD 10: C = 87.456 - 20.369D

ACTIVIDAD 11: C = 247.122 - 46.342D

ACTIVIDAD 12: C = 9.087
ACTIVIDAD 13: C = 13.185 - 4,395D
ACTIVIDAD 14: C = 0.480
ACTIVIDAD 15: C = 18.967
ACTIVIDAD 16: C = 137.320
ACTIVIDAD 17: C = 16.455
ACTIVIDAD 18: C = 59.343 - 4.431D
ACTIVIDAD 19: C = 99.894 - 16.649D
ACTIVIDAD 20: C = 0.961
ACTIVIDAD 21: C = 87.456 - 20.369D
ACTIVIDAD 22: C = 59.935 - 11.987D
ACTIVIDAD 23: C = 23,156
ACTIVIDAD 24: C = 17.580 - 5,860D
ACTIVIDAD 25: C = 0.768
ACTIVIDAD 26: C = 13,296
ACTIVIDAD 27: C = 137.320
ACTIVIDAD 28: C = 16.455
ACTIVIDAD 29: C = 142.127 - 47.375D
ACTIVIDAD 30: C = 121.204 - 17.315D
ACTIVIDAD 31: C = 0.961
ACTIVIDAD 32: C = 132.156 - 42.719D
ACTIVIDAD 33: C = 59.935 - 11.897D
ACTIVIDAD 34: C = 23.156
ACTIVIDAD 35: C = 18.860 - 6.287D

ACTIVIDAD 36: C = 0.768
ACTIVIDAD 37: C = 13.269
ACTIVIDAD 38: C = 137.320
ACTIVIDAD 39: C = 16.455
ACTIVIDAD 40: C = 142.113 - 47.371D
ACTIVIDAD 41: C = 130.528 - 18.647D
ACTIVIDAD 42: C = 1.076
ACTIVIDAD 43: C = 132.156 - 42.719D
ACTIVIDAD 44: C = 89.904 - 17.981D
ACTIVIDAD 45: C = 10.77
ACTIVIDAD 46: C = 20.178 - 6,726D
ACTIVIDAD 47: C = 0.768
ACTIVIDAD 48: C = 5.974
ACTIVIDAD 49: C = 2356.721

Al realizar un primer intento de optimización de costo donde todas las actividades serían críticas nos dimos cuenta que las ecuaciones nos limitaban y no se podría llevar a cabo la operación ya que:

- a) Las actividades 12, 23, 34 y 45 deberían de aumentar en duración para hacerse críticas y así obtener una reducción en el costo de cada

una de ellas, sin embargo debido a como se --
plantearon las actividades desde un principio
en duración y en costo en las condiciones no
males y límite, estas actividades no pueden -
tener variantes y sus respectivas ecuaciones--
no nos representarían ningún ahorro.

- b) Los intervalos de las ecuaciones de las acti-
vidades 29 y 40 limitan el aumento de la dura-
ción de estas actividades, por lo que no se -
puede agregar en un 100% su holgura libre.
- c) Las únicas actividades que pueden pasar a ser
críticas aumentando su duración y proporcio--
narnos un ahorro completo son las actividades
7 y 16.

Por lo tanto tomando en cuenta las siguientes res-
tricciones, la optimización más viable para poder realizar-
el proyecto al menor tiempo y costo es la siguiente:

OPTIMIZACION CONDICION LIMITE 1er. INTENTO

ACTIVIDAD	DURACION ESTIMADA	I N I C I O		TERMINACION		HOLGURAS		C O S T O
		PRIMERO	ULTIMO	PRIMERA	ULTIMA	TOTALES	LIBRES	
1	1	0	0	1	1	0	0	561.761
2	1	1	1	2	2	0	0	8.758
3	1	2	2	3	3	0	0	2.663
4	0,1	3	3	3,1	3,1	0	0	0.961
5	5	3,1	3,1	8,1	8,1	0	0	137.320
6	1	8,1	8,1	9,1	9,1	0	0	16.455
7	8,2	9,1	9,1	17,3	17,3	0	0	35.120
8	1	9,1	9,1	10,1	10,1	0	0	73.588
9	1	10,1	10,1	10,2	10,2	0	0	0.961
10	1	10,2	10,2	11,2	11,2	0	0	67.087
11	1	11,2	11,2	12,2	12,2	0	0	200.780
12	5,1	12,2	12,2	17,2	17,3	0	0	- 9.087
13	1	12,2	12,2	13,2	13,2	0	0	8.790
14	0,1	13,2	13,2	13,3	13,3	0	0	0.480
15	4	13,3	13,3	17,3	17,3	0	0	18.867
16	5	17,3	17,3	22,3	22,3	0	0	137.320
17	1	22,3	22,3	23,3	23,3	0	0	16.455
18	5,2	23,3	23,2	28,5	28,5	0	0	36.301
19	1	23,3	23,3	24,3	24,3	0	0	83.245
20	0,1	24,3	24,3	24,4	24,4	0	0	0.961
21	1	24,4	24,4	25,4	25,4	0	0	67.087
22	1	25,4	25,4	26,4	26,4	0	0	47.949
23	2,1	26,4	26,4	28,5	28,5	0	0	- 23.156
24	1	26,4	26,4	27,4	27,4	0	0	11.720
25	0,1	27,4	27,4	27,5	27,5	0	0	0.768
26	1	27,5	27,5	28,5	28,5	0	0	13.296
27	5	28,5	28,5	33,5	33,5	0	0	137.320
28	1	33,5	33,5	34,5	34,5	0	0	16.455
29	5,2	34,5	34,5	38,7	39,7	0	0	
30	1	34,5	34,5	35,5	35,5	0	0	103.889

CONTINUACION...

ACTIVIDAD	DURACION ESTIMADA	I N I C I O		TERMINACION		HOLGURAS		C O S T O
		PRIMERO	ULTIMO	PRIMERA	ULTIMA	TOTALES	LIBRES	
31	0.1	35.5	35.5	35.6	35.6	0	0	0.961
32	1	35.6	35.6	36.6	36.6	0	0	89.437
33	1	36.6	36.6	37.6	37.6	0	0	47.949
34	-2.1	37.6	37.6	39.7	39.7	0	0	- 23.156
35	1	37.6	37.6	38.6	38.6	0	0	12.573
36	0.1	38.6	38.6	38.7	38.7	0	0	0.768
37	1	38.7	38.7	39.7	39.7	0	0	13.296
38	5	39.7	39.7	44.7	44.7	0	0	137.320
39	1	44.7	44.7	45.7	45.7	0	0	16.455
40	3.1	45.7	45.7	48.8	48.8	0	0	
41	1	45.7	45.7	46.7	46.7	0	0	111.881
42	0.1	46.7	46.7	46.8	46.8	0	0	1.076
43	1	46.8	46.8	47.8	47.8	0	0	89.437
44	1	47.8	47.8	48.8	48.8	0	0	71.923
45	2.1	48.8	48.8	50.9	50.9	0	0	10.717
46	1	48.8	48.8	49.8	49.8	0	0	13.452
47	0.1	49.8	49.8	49.9	49.9	0	0	0.768
48	1	49.9	49.9	50.9	50.9	0	0	5.964
49	4	50.9	50.9	54.9	54.9	0	0	2356.721

5032047.00

OPTIMIZACION DEL PROYECTO

ACTIVIDAD	DURACION ESTIMADA	I N I C I O		TERMINACION		HOLGURAS		ACTIVIDADES CRITICAS	C O S T O
		PRIMERO	ULTIMO	PRIMERA	ULTIMA	TOTALES	LIBRES		
1	1	0	0	1	1	0	0	✓	561.761
2	1	1	1	2	2	0	0	✓	8.758
3	1	2	2	3	3	0	0	✓	2.663
4	0.1	3	3	3.1	3.1	0	0	✓	0.961
5	5	3.1	3.1	8.1	8.1	0	0	✓	137.320
6	1	8.1	8.1	9.1	9.1	0	0	✓	16.445
7	8.1	9.1	9.1	17.3	17.3	0	0	✓	35.120
8	1	9.1	9.1	10.1	10.1	0	0	✓	73.588
9	0.1	10.1	10.1	10.2	10.2	0	0	✓	0.961
10	1	10.2	10.2	11.2	11.2	0	0	✓	67.087
11	1	11.2	11.2	12.2	12.2	0	0	✓	200.780
12	1	12.2	16.3	13.2	17.3	4.1	4.1	✓	9.087
13	1	12.2	12.2	13.2	13.2	0	0	✓	8.790
14	0.1	13.2	13.2	13.3	13.3	0	0	✓	0.480
15	4	13.3	13.3	17.3	17.3	0	0	✓	18.967
16	5	17.3	17.3	22.3	22.3	0	0	✓	137.320
17	1	22.3	22.3	23.3	23.3	0	0	✓	16.455
18	5.2	23.3	23.3	28.5	28.5	0	0	✓	36.301
19	1	23.3	23.3	24.3	24.3	0	0	✓	83.245
20	0.1	24.3	24.3	24.4	24.4	0	0	✓	0.961
21	1	24.4	24.4	25.4	25.4	0	0	✓	67.087
22	1	25.4	25.4	26.4	26.4	0	0	✓	47.949
23	1	26.4	27.5	27.4	28.5	1.1	1.1	✓	23.156
24	1	26.4	26.4	27.4	27.4	0	0	✓	11.720
25	0.1	27.4	27.4	27.5	27.5	0	0	✓	0.768
26	1	25.5	26.6	26.5	29.5	2	2	✓	13.296
27	5	28.5	28.5	33.5	33.5	0	0	✓	137.320
28	1	33.5	33.5	34.5	34.5	0	0	✓	16.455
29	2.5	34.5	37.2	37	39.7	2.7	2.7	✓	23.689
30	1	34.5	34.5	35.5	35.5	0	0	✓	103.889

ZZZ

CONTINUACION....

ACTIVIDAD	DURACION ESTIMADA	I N I C I O		T E R M I N A C I O N		H O L G U R A S		ACTIVIDADES CRITICAS	C O S T O
		PRIMERO	ULTIMO	PRIMERA	ULTIMA	TOTALES	LIBRES		
31	0.1	35.5	35.5	35.6	35.6	0	0	✓	0.961
32	1	35.6	35.6	36.6	36.6	0	0	✓	89.437
33	1	36.6	36.6	37.6	37.6	0	0	✓	47.949
34	1	38.7	38.7	39.7	39.7	0	0	✓	23.156
35	1	37.6	37.6	38.6	38.6	0	0	✓	12.573
36	0.1	38.6	38.6	38.7	38.7	0	0	✓	0.768
37	1	38.7	38.7	39.7	39.7	0	0	✓	13.296
38	5	39.7	39.7	44.7	44.7	0	0	✓	137.320
39	1	44.7	44.7	45.7	45.7	0	0	✓	16.455
40	2.5	45.7	46.3	48.2	48.8	0.6	0.6	✓	23.685
41	1	45.7	45.7	46.7	46.7	0	0	✓	111.881
42	0.1	46.7	46.7	46.8	46.8	0	0	✓	1.076
43	1	46.8	46.8	47.8	47.8	0	0	✓	89.437
44	1	47.8	47.8	48.8	48.8	0	0	✓	71.923
45	1	48.8	49.9	49.8	50.9	1.1	1.1	✓	10.717
46	1	48.8	48.8	49.8	49.8	0	0	✓	13.452
47	0.1	49.8	49.8	49.9	49.9	0	0	✓	0.768
48	1	49.9	49.9	50.9	50.9	0	0	✓	5.964
49	4	50.9	50.9	54.9	54.9	0	0	✓	2356.721

4889.918

5.4.5. PRECIOS UNITARIOS Y COSTO TOTAL

	DIAS	COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	COSTO TOTAL
Condiciones Normales	95.9	\$4'095,083.57	\$ 1'556,131.75	\$5'651,215.32
Condiciones Límite	54.9	\$5'061,613.57	\$ 1'923,413.15	\$6'985,026.72
*Optimización Condiciones Límite	54.9	\$4'889,918.00	\$ 1'858,168.84	\$6'748,086.84

5.5. Teoría de la Demolición de Estructuras de Concreto con el uso de explosivos.

En este apartado se establecen las bases fundamentales para la demolición de estructuras de concreto con explosivos.

Expondremos una recopilación de lo que consideramos más importante y práctico a nuestro juicio, basándonos principalmente en las referencias (24,25y 26). Cabe aclarar que la mayoría de artículos escritos sobre la demolición de edificios de concreto utilizando explosivos se basan en teorías o fórmulas empíricas, por lo que este estudio se basa practicamente en la teoría Checoslovaca expuesta por Jurjada que es una de las pocas por no decir la única que se encuentra basada en planteamientos matemáticos.

5.5.1. Principios Generales del Trabajo Destructivo

La demolición por medio de explosivos es un método para derribar estructuras. En la mayoría de los casos este método es, aún desde el punto de vista de seguridad en el trabajo, preferible al manual o mecánico.

Es un método rápido y menos costoso que los métodos ocupados para demoler estructuras de concreto. Este método es usado frecuentemente en los Estados Unidos y en Eu -

ropa para demoler puentes, silos y otras estructuras localizadas en localidades rurales y alejadas de otras estructuras que pudieran ser dañadas. Es poco empleado, aún en estos países, en zonas urbanas, pero un apropiado diseño así como una controlada ejecución ha llegado a crear, un método seguro, rápido y económico de demolición.

El principio que gobierna la destrucción de una estructura radica en la creación de condiciones que afecten la estabilidad, y, en algunos casos, la rigidez de la estructura. Por consiguiente, diferentes métodos de demolición se ocupan para estructuras a base de ladrillos, estructuras de concreto reforzado o para estructuras de acero.

En el caso de construcciones a base de mampostería, el punto esencial es el de considerar un desequilibrio en la junta o apoyo donde el ángulo formado por la fuerza resultante y la normal al apoyo deberá ser mayor al del ángulo de fricción y el esfuerzo máximo en la junta deberá ser mayor y exceder la resistencia a la compresión del material empleado en la construcción. Violando las condiciones de equilibrio se induce un desplome de la estructura y una desintegración de la mampostería. Por consiguiente, en la destrucción de una estructura por medio de cargas explosivas, un cinturón de voladura continuo (llamado el corte de destrucción) se produce, lo cual separa a la estructura de sus cimientos y causa la caída libre de aquellas partes de la estructura por enci-

ma del corte de destrucción. Cuando éstas porciones chocan al caer, el esfuerzo en las juntas excede la resistencia a la compresión y, con una inclinación simultánea de las partes verticales de la estructura, las condiciones remanentes de equilibrio se ven afectadas y la mampostería se desintegra en las juntas. Esta es la razón del porque en la demolición de estructuras a base de ladrillos por medio de explosivos, la proporción de ladrillos destruidos es substancialmente menor que una demolición manual.

En el caso de concreto reforzado y acero estructural es casi imposible ó poco razonable el de destruir el material estructural y en la mayoría de los casos es deseable dividir la estructura en partes y hacer fallar la estabilidad de tal modo que se pueda, después de derribar la estructura, recuperar las partes separadas o demolerlas en pedazos más pequeños para una apropiada carga y rezaga.

El propósito de el corte de destrucción es el de permitir la caída libre de la estructura. Por consiguiente se deduce que el material alrededor del área del corte de destrucción deberá de ser retirado de su lugar original inmediatamente o tan pronto como se a posible. Este requerimiento es decisivo para el tamaño de cargas empleadas, las cuales deberán de ser dimensiones para una suficiente expulsión del material de la zona de corte.

5.5.2 Parámetros Utilizados en la Demolición.

Parámetros para mampostería.

El tamaño de las cargas podrá ser calculado ocupando la fórmula dada por varios autores. La fórmula Wichelt ó Jurajda (ref. 27), es la usada más frecuentemente. Todas las fórmulas pueden ser consideradas idénticas para el cálculo de las cargas de deslizamiento o afloje de rocas; las variantes de las formas básicas en las fórmulas, consisten principalmente en el de determinar el valor del índice de cráter, y en la evaluación de los efectos de cooperación de las cargas.

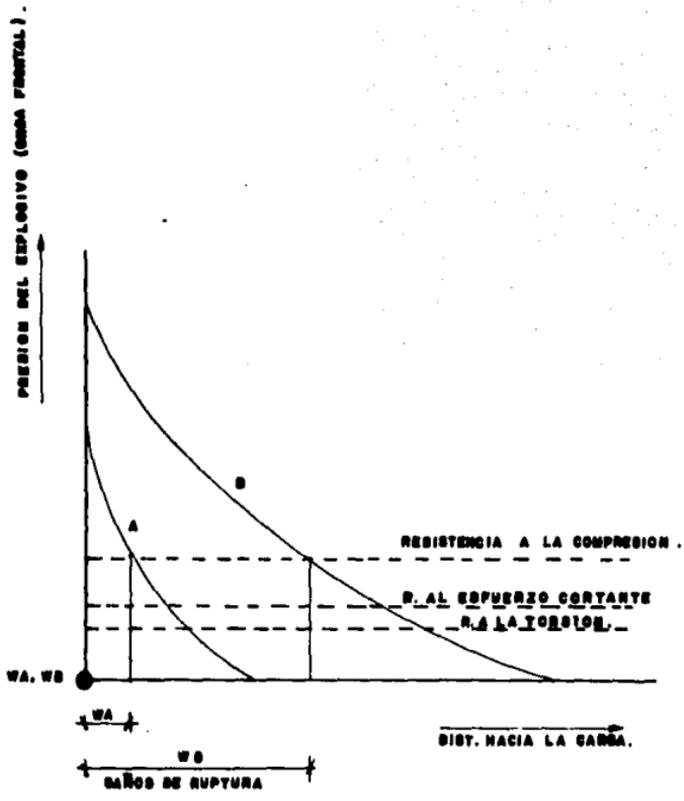
Para un correcto dimensionamiento de las cargas, - uno debe tomar en cuenta, que la carga detonante actúa en el medio circundante en dos fases. Explicándolo de una manera -- más sencilla, se puede decir que la primera fase del efecto de choque de la explosión, produce en el material un esfuerzo por la onda (una presión), con una presión inicial del orden de 10^5 a 10^6 kp/cm²., lo que en un medio o venticidad cerrada produce que dicha carga exceda la resistencia a la compresión del material. Debido a que la energía de la onda es consumida por el medio, la presión de la onda disminuye rápidamente en la distancia con respecto al lugar de colocación de la carga y pierde rápidamente su efecto de compresión en el material, por lo que sólo el esfuerzo cortante y el esfuerzo a tensión tienen efecto. En una onda de choque, las ondas de esfuerzo son

reflejadas y regresan en forma de onda de tensión; si ésta -- energía (dependiendo del tamaño de la carga) es suficiente pa ra sobrepasar la resistencia a tensión del material, ocurriría una desintegración del material (medio).

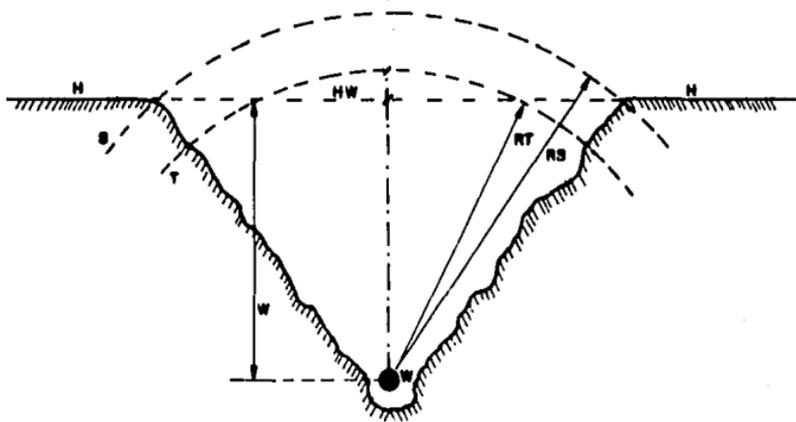
En la segunda fase, la presión de los gases expansivos de los explosivos (de el orden de 10^4 kp/cm²), empuja al material hacia afuera del cráter ocasionando una segunda desintegración del material.

El punto de partida básico de la fórmula es el de considerar un cráter formado por la explosión , con la fórmula de un cono cuya altura (carga w , es igual al radio de la base del cono r_k (crater standard). La punta del cono se localiza al centro de la carga concentrada W . Ya que el ángulo del cono es de 90° , el cráter se denomina cráter rectangular con índice (características de forma) $n = r_k/w = (\text{radio del cráter}) / (\text{altura de la carga}) = 1$. Para que nuestra carga de un tamaño específico pueda producir dicho cráter, la banda de desintegración de el material, S , deberá intersectar la superficie libre de la circunferencia de la base del cono.

Un cambio en la cantidad de carga W , llevará consigo cambios en los esfuerzos producidos independientes del medio circundante (W_a, W_b).



SOBRE PRESION MAXIMA DE UNA ONDA EXPLOSIVA EN FUNCION A LA DISTANCIA .



CRATER DE UN LADO.

En demoliciones a base de explosivos, el corte de destrucción, se producirá instantáneamente, para que el material desintegrado se removido tan rápido como sea posible. Las cargas por consiguiente deberán ser de un tamaño tal que la superficie de corte se intersekte con la "barda de expulsión" T de tal modo que el valor K_w tendrá una cierta magnitud mínima; y por consiguiente la "barda de desintegración", y colapso de el material, intersectará la superficie libre en un círculo de radio r_k/w , lo que significa que el índice del cráter $n = r_k/w$ y un cráter obtuso se produce. El ángulo de la punta del cono depende principalmente de la magnitud que deseemos expulsar al material. Su valor inferior se acerca al de un -- cráter rectangular ($r_k/w = 1$) y su límite superior se restringe sólo por requisitos prácticos como son la distancia permisible de dispersión del material, economía de demolición, etc. Por ejemplo las cargas que se ocupan a:b:c = 1: (4 ÷ 5) : - - (7 * 10) donde A se considera la carga básica (para colapso) B es la carga empleada para destrucciones civiles y C es la carga empleada para destrucciones intensificadas.

Es considerado, el radio de las bandas individuales usando una carga constante, depende de el tipo de explosivo y en el tipo de material a demoler.

La magnitud del ángulo de la punta del cono determina la altura hw de la tapa esférica de la región de expulsión T por encima de la superficie HH y sirve como un indicador del grado de expulsión del material.

Sin embargo, para cálculos prácticos es posible, - aún en el caso de un cráter obtuso, encontrar una superficie imaginaria a una distancia $^{\circ}Kw$ desde la superficie libre real, la cual intersectará la banda de desintegración y colapso en un círculo de radio $w + ^{\circ}Kw$ correspondiente a un cráter rectangular que tendrá una carga imaginaria $W + ^{\circ}Kw$ con un ángulo de cráter de 90° .

La magnitud del coeficiente de corrección $^{\circ}K$ depende de la magnitud deseada de expulso, el tipo de material y el tipo de explosivo. De esta forma, la fórmula para las cargas empleadas desintegración y colapso puede ser empleada para determinar las cargas necesarias para la expulsión del material. Son éstos los principios empleados por la fórmula Weichert y donde se derivan estudios posteriores de autores como Lares, Damburn, Hauser, Stubbe, Hofer y otros.

La fórmula básica para calcular una carga concentrada tiene la siguiente forma:

$$W = (k_3w^2 + k_3w^3) f(n) = (K_3w^2 + K_3w^3) (1 + n^2)/2^2$$

(forma general).

$$W = K_3w^3 f(n) = K_3 w^3 (1 + n^2)/2^2 \quad (\text{forma reducida})$$

donde: W es el peso de la carga kg , $f(n)$ es una función de las características propias del cráter, k_3 es el consumo específico del explosivo (kg/m^3) y w la carga del barreno (m).

El coeficiente K_3 se determina por la relación.

$$K_3 = {}^\circ f \frac{{}^\circ e}{{}^\circ a} {}^\circ s {}^\circ r {}^\circ d.$$

donde los valores de los coeficientes individuales han sido derivados empíricamente y se dan en las tablas; ellas determinan los efectos de la resistencia del material (${}^\circ f$), trabajabilidad de el explosivo (${}^\circ e$), densidad de la carga (${}^\circ a$), grado de desintegración del material (${}^\circ s$), fijación de la carga (${}^\circ r$) y retacado de la carga (${}^\circ d$).

Ocupando el principio anterior, Weichelt ha adoptado una forma más simplificada de la fórmula básica para obtener la carga necesaria para la destrucción de mampostería a la forma:

$$W = w + \frac{1}{6} w^3 {}^\circ c {}^\circ d$$

en donde $1/6 w$ substituye al índice original de el cráter obtenido por un desplazamiento imaginario de la superficie libre (y por consiguiente un incremento de la carga) una cantidad ${}^\circ K_w$ (${}^\circ K = 1/6$); ${}^\circ c$ es el producto de los coeficientes $of({}^\circ e/{}^\circ a){}^\circ s{}^\circ r$ y ${}^\circ d$ es el grado de retacado de la carga (densidad). (En las demoliciones con pequeñas cargas es muy importante éste último factor).

Para un mayor efecto de las cargas empleadas y para aquellas estructuras donde se permite un mayor grado de dispersión del material y donde se necesite una demolición muy exacta

(control), como por ejemplo en destrucción en chimeneas y torres donde la dirección del colapso depende de las cargas principales, la formula básica se transforma a:

$$W = (w + 1/3)^3 \quad {}^\circ c \quad {}^\circ d$$

donde el valor del coeficiente ${}^\circ K = 1/3$ se duplica al de una carga normal de demoliciones para mamposterías. Los valores de ${}^\circ c$ se dan en la siguiente tabla.

TIPO DE EXPLOSIVO				
carga w(n)	Gelatina ${}^\circ C_1$	Donarit 1 ${}^\circ C_2$	${}^\circ C_1$	Donarit 1
0 - 0.9	5.0	6.5	5.8	7.5
0.9 - 1.5	4.0	5.2	4.6	6.0
1.5 - 2.0	3.5	4.55	4.0	5.2
2.0 - 3.0	3.0	3.9	3.5	4.5
más de 3.0	2.3	3.0	2.7	3.5

${}^\circ C_1$ para muros que no sean de carga hasta 6.0 m de altura.

${}^\circ C_2$ para muros de carga de más de 6.0 m., cargas de esquina, chimeneas, torres.

Los valores de ${}^\circ d$ son los siguientes:

- 1) Concentradas, de gran densidad en el centro de la mampostería 1.0

- | | |
|---|------|
| 2) Longitud de la carga = 1/3 de la longitud de barra
no, carga de columna | 1.0 |
| 3) Concentradas sin retacar, en el centro de mampostería | 1.25 |
| 4) Carga en la parte inferior del muro sin retacar. | 2.0 |
| 5) Barrenos sin sello y con poco retacado | 4.5 |

Jurajda por otro lado derivo la formula de otra forma basando el dimensionamiento de las cargas de expulsión y colapso en función de las bandas de influencia de las cargas. La forma básica de su fórmula es:

$$W = 1_k (w^2 + w^3) (1_p + f^1) \frac{1_b}{1_h} 1_u 1_x 1_t 1_q 1_s$$

donde:

W = peso de la carga en Kg.

1_k = Coeficiente de eficiencia.

w = Altura de la carga en m.

1_p = Es la resistencia a la compresión de el material en t/cm_2 .

f^1 = Es el peso específico del material en t/m_3 .

1_b = Coeficiente de trabajabilidad del explosivo.

- l_h = Densidad de la carga.
- l_u = Coeficiente de fijación de las cargas.
- l_x = Coeficiente de cooperación de las cargas.
- l_t = Coeficiente de dispersión de las cargas.
- l_q = Coeficiente de efecto direccional de la carga.
- l_s = Coeficiente de influencia de compresión al material_

El coeficiente l_k toma valores de 3 a 10 veces el valor del coeficiente K para colapso ; usualmente un quintuplo se considera (por ejemplo 0.25).

Ya que en demoliciones la mayoría de los coeficientes son contrastes, la siguiente fórmula simplificada se emplea en la práctica.

$$W = w^3 \cdot l_{Pl} \cdot l_t$$

donde l_{Pl} es el coeficiente total de expulso y l_t es el coeficiente de dispersión y se tabulan en las siguientes tablas.

A) Valores del Coeficiente $^1 P_1$.

MATERIAL	w (n)			
	0-0.9	0.9-1.5	1.5-2.0	Mas de 2.0
Mampostería rígida (cementos y buenos ladrillos)	5	4	3.5	3
Concreto simple	5	4	3.5	3
Muros de retención	5	4	3.5	3
Mampostería pobre	3	3	3	3
Muros altamente car- gados, pilas de puente	6.5	5.2	4.5	4
Concreto reforzado	7	5.5	5	4

B) Valores del Coeficiente $^1 T$.

Longitud de dispersión	1.5w	1.2w	0.9w	0.75w	0.6w	0.3w sin presión
Coeficiente $^1 t$	1	1.1	1.2	1.35	1.5	2.0
						6.0

Es necesario considerar la cooperación de cargas en cualquier trabajo destructivo, debiendo establecer una banda continua de destucción sin interrupciones ya que podrían quedar secciones sin ser afectadas y dañar por consiguiente la se-

secuencia de colapso.

Para un correcto dimensionamiento de las cargas para la desintegración y el colapso, la condición para destruir al material entre cargas, se cumple con la expresión:

$$w = (0.5 a + w)^2 / 2w^2$$

válida para el coeficiente de cooperación donde se procura dejar una barda sin ser completamente destruída entre 2 que si se encuentren destruídas para producir una articulación y por consiguiente la estructura por encima de dicha articulación verá un disturbio en sus condiciones de equilibrio. Las estructuras de puro concreto son demolidas de la misma forma que las de mampostería.

Parámetros para Concreto Armado .

Un método diferente es necesario emplear para estructuras de concreto reforzado y estructuras de acero. En estas el corte destructivo no tiene el mismo efecto de cooperación de carga como en las de concreto simple. Las cargas se colocan espaciadamente de tal forma que su efecto produzca una variación en la estabilidad de la estructura "mutilando" los elementos individuales de la estructura. Para estructuras de concreto reforzado es necesario utilizar una carga que tendrá 2 funciones, la primera será para deseintegrar el concreto y la segunda para fracturar el acero de refuerzo. Como mencionamos

anteriormente la dimensión de las cargas para concreto se dimensionan igualmente la mampostería existiendo sólo la diferencia de efecto físico-mecánico de las propiedades del concreto.

Ya que una destrucción total de todos los elementos que componen una estructura resultaría demasiado peligrosa primero por la gran cantidad de concreto y acero que saldría expulsada por la explosión y segundo por la gran presión y sonido que producirían las ondas explosivas, es práctico y recomendable el emplear explosivos solamente para la desintegración y expulsión de elementos críticos donde su falla produciría un desplome general de la estructura. Se procura que una vez derrumbada se efectúen cortes secundarios ya sea por explosivos o con cortadoras para dividir los fragmentos en secciones más pequeñas para poder cargarlas y transportarlas fuera del sitio de la demolición.

Los cortes de destrucción usados en concreto reforzado son de tipo de varias hileras.

La ubicación del corte de destrucción y la posición del número de cargas empleadas en la destrucción de concreto reforzado siempre requerirán de un examen o análisis estático (donde la construcción se encuentra cargada únicamente por su propio peso) y una decisión previa de que elementos serán necesarios destruir por completo o por lo menos dañar (por ejemplo, el conocer el armado de estructuras a base de marcar; debilitar la sección transversal a lo largo del eje neutro donde

se colocarán las cargas, exposición e interrupción del acero de refuerzos de la columna en el lugar donde la tensión podría presentarse durante el derrumbe).

Una relación empírica para calcular la carga para cortar un elemento es:

$$W = Fk$$

donde:

W = Peso de la carga en g.

F = Sección transversal del elemento en cm^2

k = Consumo específico del explosivo en g/cm^2

El valor de K varía entre 25 y 75 g/cm^2

Por ejemplo:

1) Para un concreto reforzado con sección circular.

$$K = 50 \text{ g/cm}^2.$$

2) Para una sección de acero circular:

$$K = 50 \text{ g/cm}^2 \text{ a } 75 \text{ g/cm}^2$$

3) Para hojas remachadas:

$$K = 50 \text{ g/cm}^2.$$

Las ecuaciones anteriores son ocupadas cuando deseamos hacer fallar a una estructura por su centro como lo son estructuras a base de marcos, pero en el caso de arcos o chimeneas en donde un efecto de bóveda se presenta, es necesario considerar un incremento en la carga en un 10% hacia la super

ficie interna del arco.

En los efectos de bóveda aparte de la carga necesaria para producir el corte de destrucción, es necesario una carga adicional para expulsar rápidamente una sección del arco ó bóveda de tal modo que tengamos un grado de libertad y por ese grado de libertad se desplome la estructura. Para el caso de chimeneas este efecto es claro en donde es necesario el de dirigir la caída de la torre.

Un procedimiento similar se sigue para muros de contención ó retención con una superficie libre en donde se procura colocar la carga en el punto donde se localiza el centro de gravedad y así hacer una similitud a un giro en el muro y por consiguiente un desplazamiento.

5.5.3 Efectos Sísmicos Producidos por las Demoliciones.

Análisis del Fenómeno.

Los efectos sísmicos producidos por las demoliciones son causados principalmente por la detonación de las cargas. Un factor que puede disminuir este efecto es el de la distribución de la carga en los barrenos, cuyo número varía por lo general en varios cientos con una cantidad de explosivos por barreno que varía en un rango de 0.1 a 0.5 kg.

Otra fuente de ondas sísmicas es la caída o derrumbe de la estructura fragmentada. La intensidad de las ondas sísmicas debido a la explosión depende de la colocación de las cargas. Los casos que se recopilaron para esta Tesis coinciden en la colocación de los barrenos con explosivos en la parte inferior de los muros a una pequeña altura del nivel de banquetas y aquellas que produjeron el desplome se colocaron por abajo de dicho nivel en el sótano.

Bajo estas condiciones los efectos sísmicos de la explosión son mayores que aquellos ocurridos por el desplome de la estructura. El efecto del material que cae se reduce debido a que como las partes inferiores han sido ya destruidas por una secuencia de cargas de abajo hacia arriba de la estructura nos produce una especie de colchón sobre las partes ya fragmentadas.

La caída de las partes fragmentadas podrán en algún momento dado llegar a dañar las estructuras vecinas a las que se está demoliendo. Para moderar esto, se suele colocar montones de arena para que se amortigue el golpe o de algún modo confinar los fragmentos de estructura. Mediante la medición de doce casos distintos, los resultados obtenidos y por consiguiente las consideraciones planteadas muestran que excepto en pocos casos, la amplitud debido a las explosiones son mayores que aquellas producidas por la caída del material, (Ref.27). Debido a que las frecuencias de vibración producidas por el desplome del material son menores al de las explosiones, la intensidad de vibración desde el punto de vista de velocidad siempre será mayor para la explosión que para el desplome del material. (Ref. 27).

T A B L A No. 1 (1)

No. ESTRUCTURA	PESO		CARGA		BARRENOS		CARACTERISTICAS DE VIBRACION						
	Q (ton)	TOT W	PARCIAL 1 tiempo		NUMERO	CARGA POR KG MEDIO EN BA RRENO.	DISTANCIA R.M.	COMPONENTE	A	f HZ	m/s	mm/s ²	
1 Edificio 3,4 pisos	2,000	92	8,9		436	0.21	25	hl ht v	75 26 60 9 35 10 3	6 4 3			
2 Edificio,6 pisos 1/3*)	520	32	6.7		200	0.16	60	v hl	16 19 23 14 2	2 2	230 180		
3 Edificio,6 pisos 2/3*)	1,040	112	14.3	26.7	525	0.15	0.3	45	v hl	25 9 45 13 2	2.4 81 305		
4 Edificio,4 pisos	1,250	133	7	32.10	551	0.2	0.3	65	v hl	5 18 6 14 0.5	0.6 65 47		
5 Edificio, 3 pisos	200	22	5	5		NO SE DIO		18	hl	60	28	11	1800
6 Edificio, 3 pisos	620	45	2.25			NO SE DIO		8	hl	120	10	8	480
7 2 Edificios,3 pisos	1,500	168	3.6	19.6	679	0.15	0.4	30	v hl	58 18 44 16	6.5 745 4.4 450		
8 Chimenea	200	25	INSTANTANEO			NO SE DIO		90	v	15	40	3.8	960
9 Edificio,3 pisos	1,260	300	13		1,511	0.2		8	hl	240 5 10 10	8 240 0.6 40		
10 Torre de Televisión de acero	500	9	INSTANTANEO		95	0.1		95	v				
11 Edificio, 3 pisos	350	35	INSTANTANEO		600	0.06		175	hl	3	11	0.2	15
12 Edificio,3 pisos	350	35	7		600	0.06		4	v hl	140 19 295 10	17 2010 19 12		

NOTAS EXPLICATORIAS:

Componentes de Vibración: V= Vertical hl = Horizontal longitudinal ht = Horizontal transversal.
 A= Amplitud de desplazamiento f= Frecuencia de vibración M= Máxima velocidad de vibración
 = Máxima aceleración de vibración.

*) El edificio fué demolido en 2 etapas; aproximadamente 1/3 de la estructura (No.2) en la primera y 2/3 (No.3) en la segunda etapa.

T A B L A No. 2 (1).

VIBRACIONES PRODUCIDAS POR EL IMPACTO DE LA CAIDA DE LA ESTRUCTURA:

CARACTERISTICAS DE VIBRACION.

No.	PESO Q/CARGA W	NUMERO DE CARGAS PARCIALES	PESO POR CARGA PARCIAL	PESO POR 1 KG. DE EXPLOSIVO	DISTANCIA (R) M	COMPONENTE	A	f Hz	mm/s	mm/s ²
1	2000/92	11	182	22	25	v	20(4)	13(35)	1,6	135
2	530/32	5	104	16	60	v h	7 6	19 13	0,9 0,5	100 40
3	1040/112	6	174	9	45	v h	6(2) 11	12(25) 10	0,5 0,7	37 44
7	1500/168	15	100	9	30	v h	17 13	33 31	3,5 2,5	740 500
10	500/9	1 inst.	500	55	95	v	10	10	0,6	40 $\frac{1}{2}$
11	280/28	1	280	10	65	v	9	4,5	0,25	7
	350/35	1	350	10	55	v	23	4,5	0,65	18
	450/45	1	450	10	45	h h	14 37	4,5 3	0,4 0,7	11 13
12	350/35	5	70	10	4	v	70(5)	10(100)	4,5	280
						h	100(11)	5,5(80)	6	256
						v	23	7	1	45
						h	37	4	1	25

NOTAS :

* COMPONENTES DE VIBRACION v= vertical h= horizontal, A= amplitud del desplazamiento, f= Frecuencia
 = máxima velocidad de vibración = máxima aceleración de vibración

* LOS NUMEROS DE REFERENCIA CORRESPONDE A LAS ESTRUCTURAS DE LA TABLA No. 1

5.6 Demolición de la Estructura con el uso de Explosivos.

En este apartado presento la secuencia del trabajo necesario para la demolición de la estructura propuesta con el uso de explosivos. Esto incluye, el cálculo de las cargas necesarias para provocar las fallas en los elementos claves de la estructura, para que se produzca el colapso. Es importante aclarar que con el fin de evitar daños a las estructuras vecinas (según la hipótesis del trabajo) se han utilizado tensores para orientar adecuadamente su caída, a su vez se presentan también el diagrama de barrenación y el circuito de voladura, con sus respectivos cálculos.

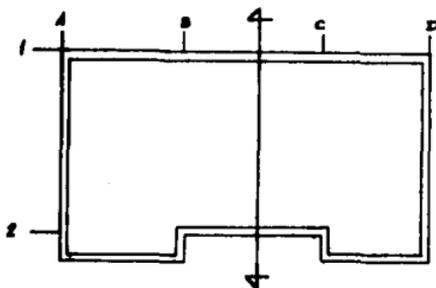
Como parte importante de lo que comprende el capítulo se obtienen el tiempo y el costo necesario para realizar la demolición de la estructura utilizando explosivos.

5.6.1. Secuencia General del Colapso.

El principio que gobierna la destrucción de la estructura radica en producir condiciones que afecten la estabilidad esencialmente, como se mencionó con anterioridad.

Violando las condiciones de equilibrio se causa el desplome de la estructura que es a fin de cuenta nuestro pro-

pósito. Esto se debe a que sería poco razonable el destruir el material estructural en su totalidad; debido a esto en la mayoría de los casos es deseable dividir la estructura en secciones, por lo que basándonos en estos principios dividiremos la estructura en estudio en dos secciones, como se muestra en la siguiente figura:

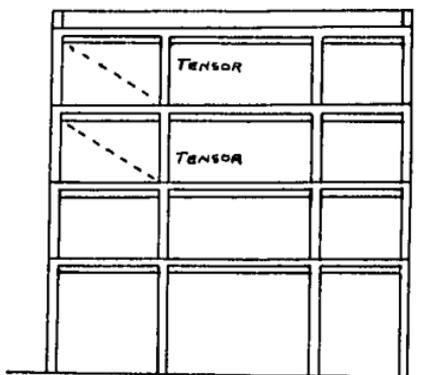
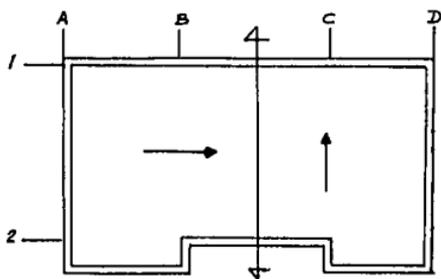


Efectuando este corte y después de demoler la estructura en su totalidad, será posible transportar las partes separadas o demoler en pedazos más pequeños, lo cual nos facilitará la carga y la rezaga.

La demolición se realiza de la siguiente manera:

- 1° Corte de las trabes 1 y 2 en su tramo B-C de los niveles 4, 3, 2 y 1. Se colocarán cargas de explosivos en los puntos donde el momento es máximo con la carga cortante necesaria para hacer fallar el miembro en cuestión.

- 2° Corte de columnas C-1 y D-1 de los niveles 1 y 2.
Inmediatamente del corte de las trabes se harán fallar estas columnas de tal modo para guiar la sección 2 hacia el lote de estacionamiento como se indica en la figura siguiente:



Ubicación de los Tensores.

NOTAS

1. Se colocarán tensores en los 4 niveles de la base de las columnas B-1 y B-2 a la parte superior de las columnas A-1 y A-2.
2. Se colocarán tensores en los 4 niveles de la base de las columnas C-1 y D-1 a la parte superior de las columnas C-2 y D-2.
3. La última sección en caer será la 1 con la ayuda del corte de las columnas B-1 y B-2 la cual guiará la sección 1 a desplomarse por gravedad sobre la sección 2 previamente derribada.

5.6.2. Cálculo de las Cargas por el Método de Jurajda.

Para la destrucción de estructuras unicamente cierto tipo de explosivos se pueden emplear para este propósito. Con relativas cargas pequeñas, el criterio decisivo en la selección del tipo de explosivos es su presión de detonación.

Explosivos de una alta velocidad de detonación se deberán de emplear, estos requerimientos son satisfechos por explosivos plásticos gelatinizados o cualquier explosivo que contenga como base PETH ó Hexogeno.

Explosivos ligeros cuya base es de nitrato de amonio son poco recomendables para este tipo de trabajos.

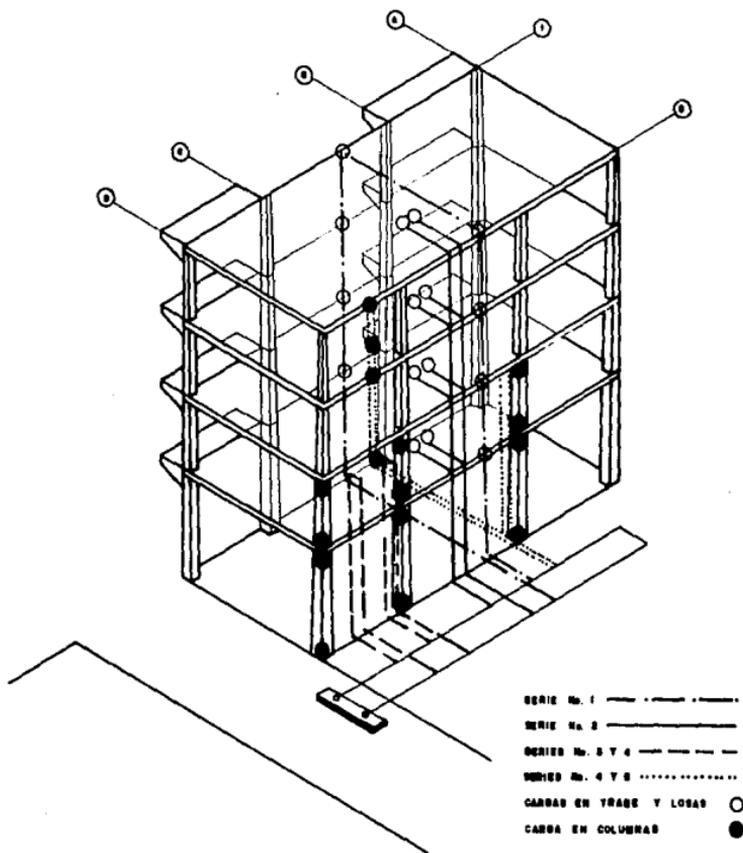
Un ejemplo de PETN lo es el SEMPTES 1.

El tipo de explosivo que utilizaremos en la voladura es un tovox 100, por ser el hidrogel de más alta velocidad de detonación comercial en México.

La siguiente tabla muestra algunas características de diferentes tipos de explosivos.

EXPLOSIVO	Volumen específico de los gases del explosivo	Calor específico de la explosión	Temperatura de la explosión	Velocidad de la detonación	Temp. de inflamación	Sensibilidad del impacto	Densidad del explosivo.
	Vb(l/kg)	Qv(kcal/Kg)	* C	D(m/seg)	* C	cm	Gr/cm ³
Nitroglicerina	717	1470	4110	8210	210	4	1.6 actual
Nitroglicol	738	1690	4230	8300	215	7	1.49 actual
Cuncoton	936	810	2640	6300	200	17-18	0.30 vertido
Hexogeno	908	1500	3850	8300	290	29	1.0 vertido 1.7 actual
PETN	780	1410	4010	8200	220	28	4.0 vertido. 1.75 actual.
Tretil	742	1078	3915	7200	195	30	1.0 Vertido 1.60 Actual
Trinitotolueno	728	1000	2950	6800	310	60-70	1.0 Vertido 1.60 Actual
Dinitronaftaleno	219	695	2535	2500	320	150	1.0 Vertido 1.40 Actual
Acido Pícrico	685	920	3620	7250	290	40.60	1.0 Vertido 1.6 Actual.
Pólvora Negra	259	581	2615	400	300	75	0.9-1.0 Vertido.
Dinamita G24	634	1200	4040	6600	205	17	1.45
Ammonita No.6	860	938	2600	5000	320	60	1.30
Dynamon	939	722	2220	2220	300	70-85	0.90

DIAGRAMA DE BARRENACION Y CIRCUITO DE VOLADURA



Método de Jurajda

Fórmula:

$$W = w^3 P_1 't$$

Donde:

W= Peso de la carga en Kg.

w= Altura de la carga en m.

'P₁ = Coeficiente total de expulsi6n.

't = Coeficiente de dispersi6n en funci6n del retacado.

TABE eje 1 TRAMO B-C Nivel 4

$$W = w^3 'P_1 't$$

$$w = 0.3 \text{ m.}$$

$$'P_1 = 7 \text{ (concreto reforzado)}$$

$$'t = 1.35 \text{ (para un retacado de } 0.75 w \text{)}$$

por lo tanto:

$$W = (0.3)^3 (7) (1.35) = 0.26 \text{ kg.}$$

$$V = r^2 L$$

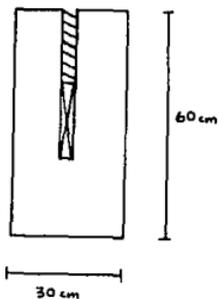
La densidad del explosivo a usar

(PETN) es de 1.38 gr/cm³

$$\delta = P/V$$

$$V = P/\delta = \frac{260 \text{ gr}}{1.28 \text{ gr/cm}^3} = 188.4 \text{ cm}^3$$

$$r = \sqrt{\frac{V}{0.3}}$$



$$r = \frac{188.4 \text{ cm}^3}{(3.1416)(30\text{cm})} = 1.4139 \text{ cm}$$

$$\text{Diámetro } d = 2.82\text{cm} = 1.113$$

$$\phi = 1 \frac{1}{4}''$$

La trabe eje 2 TRAMO B-C Nivel 4 tiene la misma sección

Por lo que

$$W = 0.26$$

$$\phi = 1 \frac{1}{4}''$$

Trabe eje 1 TRAMO B-C Nivel 3

$$W = 0.33\text{m}$$

$$p1 = 7$$

$$t = 1.35$$

Por lo tanto:

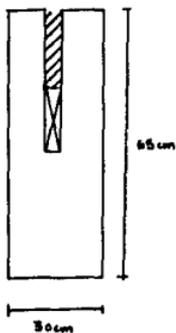
$$W = (0.33)^3 (7) (1.35) = 0.34 \text{ Kg}$$

$$V = \frac{340 \text{ gr}}{1.38 \text{ gr/cm}^3} = 246.3 \text{ cm}^3$$

$$r = \frac{2.46 \text{ cm}^3}{(33 \text{ cm})} = 1.54 \text{ cm}$$

$$\text{Diámetro } d = 3.08 \text{ cm} = 1.21''$$

$$\phi = 1 \frac{1}{4}''$$



La TRABE eje 2 TRAMO B-C Nivel 3 tiene la misma sección

Por lo que:

$$W = 0.34 \text{ Kg.}$$

$$\phi = 1 \frac{1}{4}''$$

TRABE eje 1 TRAMO B-C Nivel 2

$$W = 0.35 \text{ m}$$

$$'p_1 = 7$$

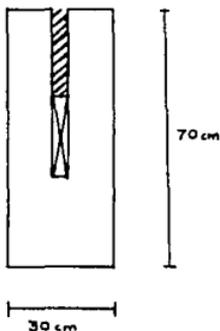
$$'t = 1.35$$

por lo tanto:

$$W = (0.35)^3 (7) (1.35) = 0.41 \text{ Kg.}$$

$$V = \frac{410 \text{ gr}}{1.38 \text{ gr/cm}^3} = 297.10 \text{ cm}^3$$

$$r = \sqrt{\frac{297.10 \text{ cm}^3}{(35 \text{ cm})}} = 1.64 \text{ m}$$



$$\text{Diámetro } d = 3.29 \text{ cm} = 1.29''$$

$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

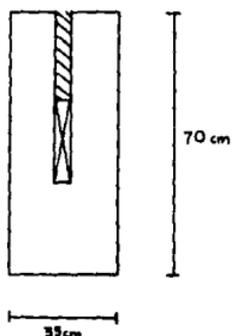
La TRABE eje 2 TRAMO B-C Nivel 2 tiene la misma sección

Por lo que:

$$W = 0.41 \text{ Kg.}$$

$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

TRABE eje 1 TRAMO B-C Nivel 1



$$W = 0.35 \text{ m}$$

$$P_1 = 7$$

$$t = 1.35$$

Por lo tanto:

$$w = (0.35)^3 (7) (1.35) = 0.41 \text{ Kg.}$$

$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

La TRABE eje 2 TRAMO B-C Nivel 1 tiene la misma sección.

Por lo que:

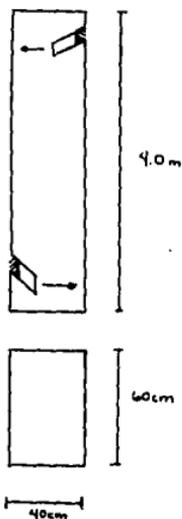
$$W = 0.41 \text{ Kg.}$$

$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

CANTIDAD DE EXPLOSIVOS PARA TRABES.

2.48 kg.

COLUMNA D-2 Nivel 2



$$W = w^3 \cdot p_1 \cdot t$$

$$w = 0.25 \text{ m}$$

$$p_1 = 7 \text{ (concreto reforzado)}$$

$$t = 1.35$$

$$W = (0.25)^3 (7) (1.35) (2) = 0.295 \text{ Kg}$$

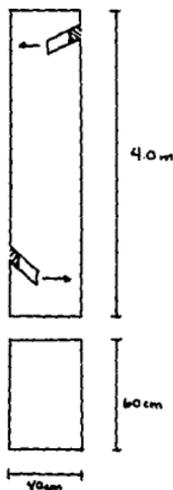
$$V = \frac{447.50 \text{ gr.}}{1.38 \text{ gr/cm}^3} = 106.88 \text{ cm}^3$$

$$r = \sqrt{\frac{106.88 \text{ cm}^3}{(25 \text{ cm})}} = 1.17 \text{ cm}$$

$$d = 2.33 = 0.92''$$

$$\phi = 1''$$

COLUMNA C-2 Nivel 2



$$W = 0.30$$

$$P_1 = 7$$

$$t = 1.35$$

$$W = (0.30)(7)(1.35) = 0.51 \text{ Kg.}$$

$$V = \frac{225 \text{ gr.}}{1.38 \text{ gr/cm}^3} = 184.78 \text{ cm}^3$$

$$r = \sqrt{\frac{184.78 \text{ cm}^3}{(30)}} = 1.40 \text{ cm}$$

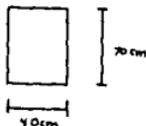
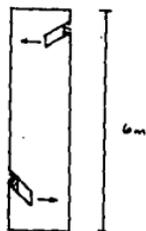
$$d = 2.80 \text{ cm} = 1.10''$$

$$\phi = 1 \frac{1}{4}''$$

La COLUMNA B-1 Nivel 2 y B-2 tiene la misma sección que la COLUMNA C-2 Nivel 2. por lo que:

$$W = 0.51 \text{ Kg} \times 2 = 1.021 \text{ Kg.}$$

COLUMNA D-2 Nivel 1



$$W = 0.25 \text{ m}$$

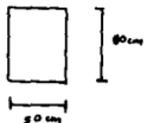
$$P_1 = 7$$

$$t = 1.35$$

$$W = (0.25)^3 (7) (1.35) (2) = 0.295 \text{ Kg.}$$

$$\phi = 1''$$

COLUMNA C-2 Nivel 1



$$W = 0.30$$

$$P_1 = 7$$

$$t = 1.35$$

$$W = (0.30) (7) (1.35) (2) = 0.51 \text{ Kg.}$$

$$\phi = 1 \frac{1}{4}$$

Las COLUMNAS B₂ y B-1 Nivel 1 tienen la misma sección que la COLUMNA C-2 Nivel 1. Por lo que:

$$W = 0.51 \text{ Kg.} \times 2 = 1.021 \text{ Kg.}$$

=====

Cantidad de explosivo para COLUMNAS:

$$3.652 \text{ Kg.}$$

=====

RADIO DE BARRENOS (DIAMETER)

TRABE	V (gr)	L (cm)	$\frac{V}{L}$	$\frac{V}{L} \frac{1}{II}^{-1}$	S	β (cm)	β (pul aprox)
Eje 1-BC							
N 4	188.4	30	6.28	2.00	1.41	2.83	1 1/4"
Eje 2-BC							
N 4	188.4	30	6.28	2.00	1.41	2.83	1 1/4"
Eje 2 B-C							
Eje 1 B-C							
N 3	246.30	33	7.46	2.37	1.54	3.08	1 1/4
Eje 2 B-C							
Eje 1 B-C							
N 2	297.10	35	8.49	2.70	1.64	3.29	1 1/2
Eje 1 B-C							
N 1	297.10	35	8.49	2.70	1.64	3.29	1 1/2
Eje 2 B-C							
N 1	297.10	35	8.49	2.70	1.64	3.29	1 1/2
COLUMNA							
D-2 N 2	106.88	25	4.25	1.36	1.17	2.33	1"
C-2 N 2	184.78	30	6.16	1.96	1.40	2.80	1 1/4"
B-1 N 2	184.78	30	6.16	1.96	1.40	2.80	1 1/4"
B-2 N 2	184.78	30	6.16	1.96	1.40	2.80	1 1/4"
D-2 N 1	106.88	25	4.28	1.36	1.17	2.33	1"
C-2 N 1	184.78	30	6.16	1.96	1.40	2.80	1 1/4"
B-2 N 1	184.68	30	6.16	1.96	1.40	2.80	1 1/4"
B-1 N 1	184.78	30	6.16	1.96	1.40	2.80	1 1/4"

5.6.3 Cálculo del Circuito de Voladura.

El circuito de voladura esta basado en la secuencia de colapso de tal modo que la estructura a través del defasamiento de tiempos en las cargas, nos da los grados de libertad para obtener una demolición apropiada y segura.

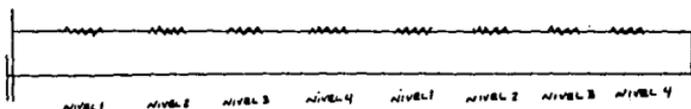
Como mencionamos en la secuencia de colapso es necesario "dividir" a la estructura en dos partes, con el propósito de que una sección sea demolida previamente a la otra, lo cual crea un grado de libertad a esta última y nos permite -- orientar su colapso.

Proponemos que el circuito de voladura sea en serie paralelo por los siguientes motivos,

1. Se obtiene una menor resistencia en el circuito total.
2. Es más fácil detectar una falla en el circuito (en cualquiera de los estopines).
3. La potencia de la máquina explosora es menor.
4. El tener varias series en paralelo nos permite delimitar claramente la sección y tiempos de demolición.

* Cálculo de las Series,

Serie # 1. Para detonar las cargas de las trabes en los tramos BC.



Longitud de cable - 47 metros.

$$R_T = R \text{ estopines} + R \text{ calbe.}$$

$$R_T = R_e + R_c.$$

La longitud total del cable se obtuvo sumando las siguientes distancias:

Del nivel de piso a nivel 1	6 m
Del nivel 1 al nivel 2	4 m
Del nivel 2 al nivel 3	4 m
Del nivel 3 al nivel 4	4 m.
Cruzar el edificio para azo- tea 1-2	10,5 m
Cruzar el edificio para P.B. 1-2	<u>10,5 m</u>
	47 m

El cable que consideramos apropiado es del # 14 de cobre, con una resistencia de 2.525 R/1,000 pies de longitud.

$$R_c = \frac{47 \text{ m}}{0.305} \times \frac{2.525}{1.000} = 0.39 \Omega$$

Los estopines son instantáneos con una resistencia de 1.42 por ohm con cable de 10 pies.

$$R_e = 1.42 \times 8 = 11.36 \Omega$$

$$R_t = 0.39 \Omega + 11.36 \Omega = 11.75 \Omega$$

$$\underline{\underline{R_t = 11.75}}$$

Serie # 2 : Para dividir las losas en el tramo BC Nivel 4:

$$R_t = R_e + R_c$$

Longitud del cable:

Del nivel de piso a nivel azotea 18 m.

Del nivel azotea a nivel piso 18 m
36 m

Longitud al alimentador principal 4 m

Cable usado igual a la serie anterior. 40 m

$$R_c = \frac{40 \text{ m}}{0.305} \times \frac{2.525}{1,000} = 0.33 \Omega$$

Los estopines son instantáneos con una resistencia de 1.4Ω /1,000 pies de longitud de cable.

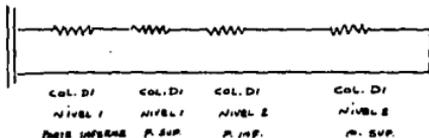
$$R_e = 1.42 \times 8 = 11.36 \Omega$$

$$R_t = R_c + R_e = 0.33 + 11.36 = 11.69 \Omega$$

$$R_t = \underline{\underline{11.62 \Omega}}$$

Serie para detonar la columna D-1 nivel 1 y 2 serie

3.



Longitud de cable.

Del nivel de piso a nivel 2 10 m.

Del nivel 2 a nivel piso 10 m.

Longitud a alimentador prin
cipal. $\frac{4 \text{ m}}{24 \text{ m.}}$

$$R_e = \frac{24 \text{ m}}{0.305} \times \frac{2.545}{1,000} = 0.20 \Omega$$

Los estopines son de retardo para que la porción AB-1-2 del edificio tenga un defasamiento y le permita caer.

La longitud de los cables del estopín de 10 pies con una resistencia de $1.42 \Omega / 1,000$ pies,

$$R_e = 4 \times 1.42 = 5.68 \Omega$$

$$R_t = 5.68 \times 6.2 = 5.88 \Omega$$

$$\underline{\underline{R_t = 5.88 \Omega}}$$

Serie # 4. Para detonar las columnas C-1 de los niveles 1 y 2

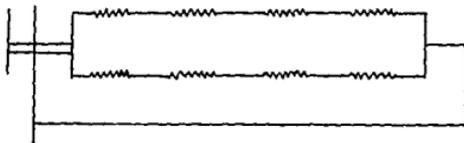
Longitud del cable = 24 m.

$$R_c = \frac{24 \text{ m}}{0.305} \times \frac{2.525}{1,000} = 0.20 \Omega$$

$$R_e = 4 \times 1.42 = 5.68 \Omega$$

$$R_t = 5.88 \Omega$$

Serie # 5. Para detonar las columnas B-1 y B-2 de los niveles 1 y 2.



Longitud del cable serie 1.

Para atravesar el edificio 21 m

Para subir al nivel 2 20 m

Para alimentarse el alimentador.

$$\frac{4 \text{ m}}{45 \text{ m}}$$

$$R_{c_1} = \frac{45 \text{ m}}{0.305} \times \frac{2.525}{1,000} = 0.37 \Omega$$

$$R_{e_1} = 4 \times 1.42 = 5.68 \Omega$$

$$R_{t_1} = 0.37 + 5.68 = 6.05 \Omega$$

Longitud del cable serie # 2

Para alcanzar nivel 2 = 20 m.

$$Rc_2 = \frac{20 \text{ m}}{0.305} \times \frac{2.525}{1,000} = 0.17 \Omega$$

$$Re_2 = 4 \times 1.42 = 5.68 \Omega$$

$$Rt_2 = 5.68 + 0.17 = \underline{\underline{5.85 \Omega}}$$

$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{Rt_1} + \frac{1}{Rt_2} = \frac{1}{6.05} + \frac{1}{5.85} = \frac{1}{0.34}$$

$$Rt = \underline{\underline{2.94 \Omega}}$$

Resistencia final de series.

$$\frac{1}{RFS} = \frac{1}{11.75} + \frac{1}{11.62} + \frac{1}{5.88} + \frac{1}{5.88} + \frac{1}{2.94} = 0.85 \Omega$$

$$RFS = 1.17 \Omega$$

Resistencia del alimentador:

La longitud del alimentador es de 250 m, por hilo con un calibre del # 12 con resistencia de 1.588 Ω /1,000 pies.

$$Ra = \frac{500}{0.305} \times \frac{1.588}{1,000} = \underline{\underline{2.60 \Omega}}$$

$$R \text{ final} = R_{fs} + R_a.$$

$$R_f = 1.17 + 2.60 = 3.77 \Omega$$

Intensidades:

Serie # 1 1.5 ampers .

Serie # 2 1.5 ampers.

Serie # 3 2 ampers.

Serie # 4 2 ampers.

Serie # 5 2 ampers.

I = 9 ampers.

Voltaje:

$$V = RI$$

$$V = (3.77) (9) = 33.97 \text{ volts.}$$

$$V = 33.97 \text{ volts.}$$

Potencia:

$$W = RI^2$$

$$W = 3.77 (9)^2 = 305.37 \text{ watts.}$$

$$W = 305.77 \text{ watts.}$$

5.6.4. Procedimiento para la demolición de la estructura con explosivos.

El procedimiento a seguir es el siguiente :

1. Barrenación de columnas, traves y losas.
2. Colocación de los tensores.
3. Elaboración del circuito de voladura.
4. Carga de los barrenos y colocación de tacos.
5. Protección de las cargas y revisión del circuito.
6. Protección del edificio.
7. Detonación del circuito.
8. Rezaga del material.

Barrenación de columnas, traves y losas.

Para barrenar concreto utilizaremos un rotomartillo marca HILTI cuyo rendimiento es de 10 cms./minuto para un barreno de 1 1/4 de diámetro y para barrenos de 1/2" es de 15 centímetros.

Nivel 4

Barrenación de las traves:

2 Pzs. de 30 cms. c/u = 60 cms.

$$\text{tiempo} = \frac{60 \text{ cms.}}{10 \text{ cms./minuto}} = 6 \text{ minutos.}$$

Consideramos un tiempo promedio de traslado por cada barreno de 10 minutos, incluye movimiento de andamios.

2 barrenos x 10 min. = 20 minutos.

Tiempo de barrenación = 26 minutos.

Barrenación de la losa.

Esta barrenación se hace necesaria debido a que se requiere provocar un corte transversal en la losa para que se presente el colapso como se explico anteriormente.

Los barrenos se harán a cada 50 centímetros de 1/2" cada uno, el espesor de la losa es de 10 centímetros, por lo tanto:

Longitud a barrenar: 18 barrenos x 10 cms. = 180 cms.

Tiempo = $\frac{180 \text{ cms}}{15 \text{ cms./min.}}$ = 12 minutos.

Tiempo de Maniobras = 3 minutos por barreno

18 Barrenos y 3 minutos = 54 minutos

Tiempo de Barrenación = 66 minutos

Nivel 3.

Barrenación de Trabes 26 minutos

Barrenación de losa 66 minutos

Nivel 2

Barrenación de las columnas.

8 Barrenos de 25 cms. cada uno = 200 cms.

Tiempo = $\frac{200 \text{ cms.}}{10 \text{ cms/min}}$ = 20 minutos.

Tiempo de maniobras 10 minutos por barreno .

8 barrenos x 10 minutos = 80 minutos.

Barrenación de trabes 26 minutos.

Barrenación de losa 66 minutos.

Nivel 1

Barrenación de columnas 100 minutos.

Barrenación de trabes 26 minutos.

Barrenación de losas 66 minutos.

Por lo tanto el tiempo necesario para efectuar la
barrenación total será :

Nivel 4 92 minutos.

Nivel 3 92 minutos.

Nivel 2 192 minutos.

Nivel 1 192 minutos

568 minutos.

568 minutos = 9.47 horas = 10 horas.

Este tiempo es considerando una cuadrilla de 4 per
sonas especializadas.

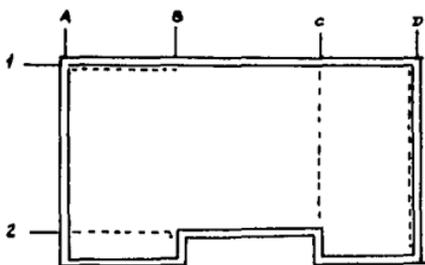
Colocación y cálculo de los tensores.

Los tensores se colocarán como se mencionó ante-
riormente para inducir el edificio a la zona deseada, se uti-
lizarán tensores de acero de 1 1/4" de diámetro, son 8 pzs,
por lo que un ingeniero supervisando y 2 peones realizan esta
actividad en un día.

Los tensores tienen como función primordial el de guiar al colapso de la estructura. Comúnmente se ocupan tensores de acero cuya función principal es la de transmitir una fuerza normal de tensión (positiva).

El propósito de guiar un colapso es con el fin de no dañar ninguna estructura vecina dentro de una zona urbana.

En este caso particular se colocarán los tensores como se muestra en la figura.



El tensor tipo 1 tiene como función el de impedir el desplazamiento de la porción A-B, 1-2 hacia la estructura vecina.

El tensor tipo 2 tendrá como función principal el de guiar a la porción C-D, 1-2 hacia el lote de estacionamiento y dejando a su vez su grado de libertad para la porción A-B.
1-2. \

Los tensores estarán trabajando bajo una fuerza estática (Fc) ocasionada por el propio peso de la estructura -- (trabes, columnas, muro), y otra dinámica (Fd) ocasionando por el movimiento de dichos elementos durante el desplome ó colapso de la estructura ver figura.

La fuerza dinámica esta basada en la segunda ley de Sr. Issac Newton ($F = ma$) donde la aceleración se considera igual a la caída libre de un cuerpo accionado por la fuerza de gravedad.

Por consiguiente nuestra fuerza total para diseñar nuestro calbe será :

$$\underline{\underline{F_t = F_e + F_d}}$$

Cálculo de los tensores.

Tensor Tipo 1

Tensores.

Columna C-2.

$$\begin{aligned} \text{Losa: } & 4.50 \times 6.50 + 2.50 \times 1.50 = 33 \times 0.08 = \\ & = 2.64 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 6336 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Columna: } & 0.50 \times 0.70 \times 4.00 = 1.40 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ & = 3360 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Trabe 2 C-D: } & 0.30 \times 0.70 \times 6.50 \text{ m} = 1.37 \text{ m}^3 \times 2400 \\ & \text{Kg/m}^3 = \frac{3276 \text{ Kg.}}{\Sigma} = 12972 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

$$F_c = 12972 \text{ Kg.}$$

$$\begin{aligned} F_d &= 12972 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/seg}^2 = 127,555.32 \text{ kg.m/seg}^2 \\ & \text{(Newtons)} \end{aligned}$$

$$\frac{127,555.32}{4,448} = 28,609.56 \text{ lbs.} \times 0.454 = 12,988.74 \text{ kg.}$$

=====

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{PL}{AE} ; A = \frac{PL}{\delta E} = \frac{P\cancel{L}}{\delta E} = \frac{25,960.74 \text{ kg.}}{(0.002)(2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2)} \\ & = 6.18 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Columna A-2.

$$\begin{aligned} \text{Losa: } & 3.00 \times 4.50 + 1.50 \times 3 \times 0.08 = 144 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = \\ & 3456 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

$$\text{Columna: } 0.4 \times 0.60 \times 4.0 = 0.96 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2304 \text{ Kg.}$$

$$\text{Trabe 2 A-B: } 0.30 \times 0.70 \times 3.00 \text{ m} = 0.63 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1512 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Trabe A 1-2: } & 0.35 \times 0.75 \times 4.50 \text{ m} = 1.18 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = \\ & 2835 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Muro A 1-2} &: 4.50 \text{ m} \times 4.00 \times 0.12 = 2.16 \text{ m}^3 \times 1800 \text{ kg/m}^2 \\ &= 3888 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

Lo siguiente hace un total de : 13,995 kg.

$$F_e = 13,995 \text{ kg.}$$

$$F_d = 13,995 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/seg}^2 = 137,290.95 \text{ N.}$$

$$\frac{137,290.95}{4.448} = 30,865.77 \text{ lbs.} \times 0.454 = 14,013.06 \text{ kg.}$$

$$F_t = 13,995 + 14,013.06$$

$$F_t = 28,008.06 \text{ kg.}$$

$$A = \underline{\underline{6.67 \text{ cm}^2}}$$

Columna A-1.

Tensor:

$$\text{Losa: } 4.50 \text{ m} \times 3.00 \times 0.08 = 1.08 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2592 \text{ kg.}$$

$$\text{Columna: } 0.4 \times 0.6 \times 0.4 = 0.96 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2304 \text{ kg.}$$

$$\text{Trabe : 1 A-B: } 0.3 \times 0.7 \times 3 \text{ m} = 0.63 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1512 \text{ kg.}$$

$$\text{Trabe A 1-2: } 0.35 \times 0.75 \times 4.50 = 1.18 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2835 \text{ kg.}$$

$$\text{Muro A 1-2: } 4.50 \times 4.00 \times 0.12 = 2.16 \text{ m}^3 \times 1800 \text{ kg/m}^3 = \frac{3888 \text{ kg.}}{13131 \text{ kg.}}$$

$$F_e = 13,131 \text{ kg.}$$

$$F_d = 13,131 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/seg}^2 = 128,815.11 \text{ newton.}$$

$$\frac{128,815.11}{4.448} = 28,960.23 \text{ lbs.} \times 0.454 = \underline{\underline{13,147.94 \text{ kg}}}$$

$$F_t = 13,131 \text{ kg} + 13,147.94 = 26,278.94 \text{ kg.}$$

$$\delta = \frac{PL}{Ae} = A = \frac{PL}{SE} = \frac{PV}{FKE} = \frac{26,278.94 \text{ kg.}}{(0.002)(2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2)} = \frac{6.26}{\text{cm}^2}$$

Columna D-2

Tensor:

$$\begin{aligned} \text{Losa: } & (4.50 \times 2.50 + 1.50 \times 2.50) \times 0.08 - 1.20 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ & = 2880 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\text{Columna: } 0.4 \times 0.60 \times 4.00 = 0.86 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2304 \text{ kg.}$$

$$\text{Trabe: 2-C-D: } 0.30 \times 0.70 \times 2.5 = 0.53 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1260 \text{ kg.}$$

$$\text{Trabe D 1-2: } 0.35 \times 0.75 \times 4.50 = 1.18 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2835 \text{ kg.}$$

$$\text{Muro D 1-2: } 4.50 \times 4 \times 0.12 = 2.16 \text{ m}^3 \times 1800 \text{ kg/m}^3 = 3888 \text{ kg.}$$

T O T A L 13,167.00

$$F_e = 13,167.00 \text{ kg.}$$

$$F_d = 13,167 \times 9.81 = 129,168.27 \text{ newton.}$$

$$\frac{129,168.27}{4.448} = 29,039.63 \text{ lbs.} \times 0.454 = 13,183.99 \text{ kg.}$$

$$F_t = 13,167.00 + 13,183.99 \text{ kg.} = 26,350.99 \text{ kg.}$$

$$A = \frac{26,350.00}{(0.002)(2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2)} = 6.27 \text{ cm}^2$$

Elaboración del circuito de voladura.

La construcción física del circuito de voladura dentro de la estructura es una de las tareas más delicadas e importantes por las siguientes razones:

* Cualquier serie que no se encuentre debidamente conectada ó inclusive un estopín, puede alterar las condiciones del colapso.

* Al fallar un estopín puede quedar algún barrenó sindetonar, pudiendo provocar algún accidente durante la rezaga.

El tiempo necesario para elaborar el circuito es de 20 minutos por estopín aproximadamente. Este tiempo incluye el cableado de la línea principal, la interconexión con las líneas secundarias y la colocación del estopín dentro del barrenó. Este trabajo se puede efectuar con 2 personas especializadas.

Este tiempo por estopín es una estimación, obtenida de la demoliciones realizadas en México.

Nivel 4

No. de estopines = 4 x 20 minutos = 80 minutos.

Nivel 3

No. de estopines = 4

4 x 20 = 80 minutos.

Nivel 2

No. de estopines = 12

12 x 20 = 240 minutos.

Nivel 1.

No. de estopines = 12

12 x 20 = 240 minutos.

Por lo tanto el tiempo necesario para instalar el circuito de voladura será:

Nivel 4 80 minutos.

Nivel 3 80 minutos.

Nivel 2 240 minutos.

Nivel 1 240 minutos.

640 minutos.

640 minutos = 10.67 horas 11 horas.

Carga de los barrenos y colocación de tacos.

Los barrenos serán cargados con Tovex 100 por las razones anteriormente expuestas, y como taco se usará un mortero bajo en cemento.

Este trabajo puede efectuarlo un Ingeniero con conocimientos de explosivos con un ayudante. Esto se recomienda debido a la importancia y precisión con que ha de efectuarse el trabajo.

El tiempo necesario para cargar el barreno y colocar el taco en cada uno de ellos es aproximadamente de 15 minutos debido a que hay que hacerlo con sumo cuidado.

Al igual que el tiempo para la instalación del circuito de voladura, estos tiempos fueron obtenidos también en demoliciones realizadas en México.

Tiempo de carga.

Nivel 4.

Número de cargas 4

Tiempo por carga 15 minutos.

4 x 15 = 60 minutos.

Nivel 3.

Número de cargas 4.

Tiempo por carga 15 minutos.

4 x 15 = 60 minutos.

Nivel 2

Número de cargas 12.

Tiempo por cargas 15 minutos.

12 x 15 = 180 minutos.

Nivel 1.

Número de cargas 12

Tiempo por cargas 15 minutos.

12 x 15 = 180 minutos.

Tiempo total;

Nivel 4 60 minutos.

Nivel 3 60 minutos.

Nivel 2 180 minutos.

Nivel 1 180 minutos.

480 minutos.

480 minutos = 8 horas.

Protección de las cargas y revisión del circuito

Protección de las cargas.

Para evitar que durante la detonación de las cargas sean expulsados fragmentos de las trabes o columnas es necesario colocar en cada uno de los barrenos cajas de madera que rodean al elemento estructural en cuestión.

Estas cajas pueden ser elaboradas en un taller y colocadas en sitio una vez que se han cargado los barrenos; con un carpintero y un ayudante se puede efectuar este trabajo.

Tiempo necesario para su elaboración y colocación es de 60 minutos por caja.

Por lo tanto el tiempo necesario para hacer esto - será :

No. de Cajas = 28

$28 \times 60 = 1680$ minutos.

1680 minutos = 28 horas \approx 4 días. de labores

Revisión de circuitos.

Una primera revisión consiste en un recorrido por todo el circuito de voladura, para verificar cualquier desperfecto.

Posteriormente y a través de un ohmetro se verifica que la resistencia calculada sea la que marque el aparato (\pm - 5%). De ser así el circuito está correcto y puede efectuarse la voladura.

Si la resistencia no llega a la calculada esto implica que hay algún falso contacto o alguna serie o series estan desconectadas y hay que revisar una a una éstas mismas.

Este trabajo lo terminamos en 2 horas con un ingeniero especialista en este trabajo.

Protección del Edificio.

Le hemos llamado protección del edificio a la barra que debe circundar a éste para evitar que las áreas colindantes sufran algún daño durante la demolición y también se impida el paso a la zona de voladura.

La barrera en el caso de nuestra voladura debe construirse según el croquis siguiente.

La barrera o barda de protección es la que se mostró en el capítulo. 6°

Es necesario colocar 68 metros para cubrir 3 lados, como se marca en el croquis.

Para la construcción de esta necesitamos por metro lineal el siguiente material:

4.61 m. poste 2" x 10"

9 clavos de 6" con cabeza

16.41 m. barrote 2" x 4"

18 calvos de 2 1/2" con cabeza

3 m canal de acero de 1"

4.61 m x 68 = 313.48 m poste 2" x 10" = 130 pzas.

16.41 m x 68 = 115.88 m barrote 2" x 4" = 457 pzas.

3m x 68 = 204 m canal de acero = 34 pzas/6m c/u

9 clavos x 68 = 612 pzas. clavo de 6" con cabeza.

18 clavos x 68 1224 pzas. clavo de 2 1/2" con cabeza.

Es necesario construir 83 m².

Un oficial carpintero y su ayudante rinden 8 m² por jornal (catálogo auxiliar de precios unitarios, Juan Ramírez).

Por lo que el tiempo será de 10.37 días 11 días.

4 oficiales carpinteros y 4 ayudantes se tardarán 3 días .

Detonación del circuito.

Antes de la demolición del edificio se debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. Solicitar permisos ante las autoridades correspondientes.
2. Dar aviso del día y la hora en que se efectuará la demolición tanto a las autoridades como a los propietarios de los inmuebles de la zona.

3. Cerrar el acceso al público a la zona de la demolición en un área de 250 metros a la redonda
4. Evacuar los edificios vecinos.
5. Colocar puestos de vigilancia para evitar el acceso de cualquier persona.
6. Colocar una alarma que indique el momento previo a la demolición.
7. Una vez que la alarma ha sonado se hace las conexiones necesarias a la máquina explosora. Es de vital importancia realizar esto después de haber accionado la alarma para evitar que existan personas en el área de la demolición
8. Por último se activa la máquina explosora.

Rezaga del material.

La rezaga se efectuará de la misma manera en que se realizó cuando se demolió la estructura por el sistema tradicional.

5.6.5 Determinación del Costo Total de la Demolición con el uso de explosivos.

Costo Directo.

Actividad 1. Barrenación.

Mano de Obra:

Personal: 4 personas especializadas en obra

tiempo requerido: 10 horas.

\$ 320,000.00 = \$ 10,666.66/día
30 días.

\$ 10,666.66 a \$ 1,333.33/hora.

8 horas.

Sub-total = 10 x \$ 1,333.33 x 4 = \$ 53,333.33

Materiales:

No hay en este concepto.

Herramienta:

Rotomartillo Hilty = \$ 520.00/hora.

Sub-total = \$ 520.00 x 10 horas = \$ 5,200.00

TOTAL = \$ 58,533.33

ACTIVIDAD 2 Colocación de tensores.

Mano de obra:

1 peón = \$ 1,650.00/día.

2 x 1,650.00 = 3,300.00/día.

Sub- total = \$ 3,300.00 x 1 = \$ 3,300.00

Materiales:

Cable de acero de 1 1/4" (2.8 kg/m) tipo boa

longitud necesaria = 120 m.

120 m x \$ 2.092,50 = \$ 251,100.00

Sub-total = \$ 251,100.00

Herramienta:

Sub-total. = \$ 251,100.00 x 0.03 = \$ 7,533.00

TOTAL = \$ 261,933.00

ACTIVIDAD 3: Elaboración del circuito de Voladura.

Mano de obra: (tiempo necesario : 11 horas)

Personal: 2 personas especializada en obra.

\$ 1,333.23/hora x 11 horas x 2 personas = \$29,333.26

Materiales:

Estopines

No. de estopines = 32

Precio por Estopín = \$ 549.20/pza.

32 Pzs x \$ 549.20 = \$ 17,574.40

Cable No. 14

No. Metros = 220m.

Cable No. 12

No. Metros = 500 m.

Costo: T.W. 14 = \$35.00/m x 220 m = \$7,700.00

Costo :T.W. 12 = 46.00/m x 500 m. = \$23,000.00

Cables = \$ 30,700.00

Herramienta y Equipo.

Máquina explosora = \$ 722.60/hora.

8 horas x 722.60 = \$ 5,780.80

Ohmetro = \$ 242.00/hora.

8 horas x 242.00 = \$ 1,936.00

\$ 7,716.80

Por otros conceptos \$ 7,716.80 x 0.05 = 385.84

sub-total = \$ 8,102,64

TOTAL = \$ 85,710,30

ACTIVIDAD 4 Carga de Barrenos.

Mano de obra:

1 oficial y 1 ayudante.

Cuadrilla = \$ 7,999.93/Jor.

Sub-total = 7,999.93 x 1 dia= \$ 7,999.93

Materiales:

Explosivo Tovex 100

Cantidad necesaria= \$ 6.492 kg 7 kg.

\$ kg = 1,200.00

Sub-total = \$ 8,400.00

TOTAL = \$ 16,339.93

**ACTIVIDAD 5 Construcción y colocación de cajas de
madera.**

Mano de obra:

Personal necesario: 1 carpintero y 1 ayudante

Cuadrilla = \$ 7,862.03/Jor.

Sub-total = \$ 7,862.03 x 4 días = \$ 31,448.12

Materiales: Cajas de madera 60x60x60 cms. se ne
cesitan 28 cajas.

Triplay de pino de 1.22 m x 2.44m x 6mm, 14 hojas

Pino de 3a. barrote de 2" x 4" x 8" 34 pzas.

Clavo = 10 kg. de 4"

14 hojas x (1.22 x 2.44)= 41.67 m² x 52,164.00

= \$ 90,185.13

84 piezas x 5.33 P.T. x \$ 220.00/pr = \$ 98,560.00

10 kg. x \$ 166.37 = \$ 1,663.70

Sub- total = \$ 190,408.83

TOTAL = \$ 221,856.95

ACTIVIDAD 6.- Protección del Edificio.

Esta consiste en la barrera de protección cuyo costo es el siguiente:

Mano de obra:

Personal : 1 carpintero + 1 ayudante \$7,862.03

x 11 días = 86,482.33

Materiales:

130 Pzs. poste 2" x 10" de 3a.

457 pz. barrote 2" x 4" x 8"

34 pzs. de 6 m de canal de acero 1"

612 pzs. clavo = 6" = 12.24 kg.

1224 pzs. clavo de 2 1/2' = 15.30 kgs.

130 pzs x 2.5 pr x \$230 = \$ 74,750.00

457 pzs x 5.33 p.t x \$220 = \$107,175.64

Canal de acero = \$ 8,000.00 x 34 = 54,400.00

5 usos.

Clavos 27.54 kg x \$ 166.37 = \$ 4,581.82

Sub-total = \$ 240,907.46

Herramienta:

\$ 240,907.46 x 0.005 = \$ 12,045.37

TOTAL = \$ 339,435.16

ACTIVIDAD 7.- Detonación del Circuito.

Personal : 20 personas para efectuar el trabajo

Costo total = 20 x \$ 4,000.00/día x 1 día =

\$ 80,000.00

ACTIVIDAD 8.- Rezaga del Material.

La actividad de rezaga es similar a la efectuada en el sistema tradicional de demolición, cuyo costo se calculó con anterioridad y es de:

TOTAL = \$ 2'356,721.44

Costo Directo total de toda la Demolición.

\$ 3'420,530.10 (en 14 días).

Costo Directo.

Al tratar la demolición de la estructura por el sistema tradicional, explicamos la formación del costo directo y la importancia que tiene en el costo total del proyecto.

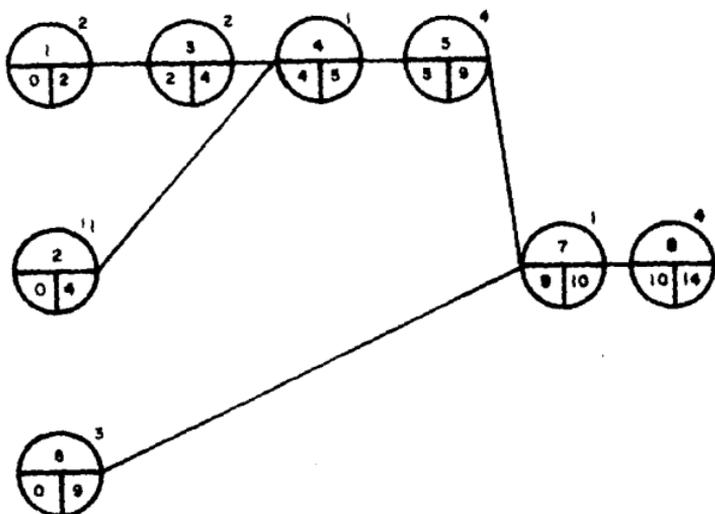
Basándonos en la experiencia del mercado de los Estados Unidos y simulando la formación de una nueva empresa mexicana que se dedicará a la demolición por medio de explosivos, podríamos darnos cuenta de las diferencias que existen en los costos indirectos entre una empresa que -- efectúa sus trabajos con el sistema tradicional y otra que utiliza explosivos.

Una empresa que se dedica a efectuar demoliciones con explosivos vé incrementados sus costos indirectos en relación con una compañía que se ocupa del sistema tradicional, debido a que, se aplica un costo por tecnología de - aplicación y el número de demoliciones que se efectúan con explosivos en un año es menor con relación a las que se realizan por el sistema tradicional (esto debido a diversas causas, entre las cuales está la falta de difusión e investigación en la demolición por explosivos), por lo que la primera tendría que cargarlos a un número menor de trabajos y por otro lado tiene que seguir manteniendo sus gastos fijos.

Basándonos en lo anteriormente explicado tomaremos un factor de sobrecosto de 1,55

RUTA CRITICA.

A C T I V I D A D E S	DURACION(días)
1.- Barrenación	2
2.- Colocación de tensores	1
3.- Elaboración del circuito de voladuras	2
4.- Carga de barrenos y colocación de tacos	1
5.- Protección de cargas y revisión	4
6.- Protección del edificio	3
7.- Detonación del circuito	1
8.- Rezaga del material	4



ACTIVIDAD	DURACION ESTIMADA	INICIO		TERMINACION		HOLGURAS		ACTIVIDADES CRITICAS.
		PRIMERO	ULTIMO	PRIMERO	ULTIMA	TOTALES	LIBRES	
1	2	0	0	2	2	0	0	✓
2	1	0	3	1	4	3	3	
3	2	2	2	4	4	0	0	✓
4	1	4	4	5	5	0	0	✓
5	4	5	5	9	9	0	0	✓
6	3	0	6	3	9	6	6	
7	1	9	9	10	10	0	0	✓
8	4	10	10	14	14	0	0	✓

PRECIOS UNITARIOS Y COSTO TOTAL.

	DIAS	COSTO DIRECTO	COSTO INDIR	COSTO TOTAL
Condiciones Normales	14	\$3'420,530.10	\$1'881,291.55	\$5'301,821.65

— DIAGRAMA DE BARRAS —

ACTIVIDAD.	DÍAS.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. BARRERACION.	■	■												
2. COLOCACION DE TENSORES.	■		■	■										
3. ELABORACION DEL CIRCUITO DE VOLAD.			■	■	■									
4. CARGA DE BARRENOS Y COLOCACION DE T.					■	■	■							
5. PROTECCION DE CARGAS Y REVISION.						■	■	■	■					
6. PROTECCION DEL EDIFICIO.	■	■	■											
7. BETONACION DEL CIRCUITOS										■	■			
8. REZAGA DEL MATERIAL.											■	■	■	

5.7 Evaluación.

De las experiencias recopiladas de las demoliciones efectuadas en la Ciudad de México y el estudio que realicé - anteriormente, llegué a la conclusión de que los sistemas que se habían empleado se habían planteado en su mayoría adecuadamente sin embargo, el problema radica en que la industria de la construcción en México no cuenta con normas básicas para la dirección de este tipo de trabajos, debido a la poca - experiencia que se tenía en el ramo y la escasez de ingenieros civiles especializados en la materia.

Por otra parte era importante plantear un caso que nos pudiera ilustrar las ventajas y desventajas desde los puntos de vista técnico y financiero de los dos métodos más empleados, para lo cuál planteé una estructura hipotética de cuatro niveles. Efectuando todos los cálculos necesarios para demolerla, primero utilizando el sistema al que denominé tradicional y luego utilizando explosivos, llegué a los siguientes resultados donde queda de manifiesto dos ventajas que son fundamentales en favor del sistema de demolición con explosivos en relación con el sistema tradicional. La demolición de la estructura de concreto utilizando explosivos se hace en menos tiempo y con un costo menor, ya que como pudo verse el trabajo de demolición se efectuó en un tiempo de 14 días y con un costo de \$ 5'301,821.65 en tanto que efec-

tuando la demolición utilizando el sistema tradicional esta se realizó en 55 días y con un costo de \$ 6'748,086.84 . Por lo que usando explosivos nos ahorramos 41 días y \$ 1'446,265.20 Es decir más de un mes en tiempo y más de un millón en dinero.

El hecho anterior bastaría para demostrar que la - demolición de estructuras de concreto con el uso de explosivos es un método evidentemente mejor que el convencional. - Sin embargo no son éstas las únicas dos razones para tratar de implementar el uso del método en México. En cuestión de seguridad el método ofrece un riesgo mínimo para los trabajadores ya que para ejecutarlo existen una serie de pruebas y medidas de control que lo hacen sumamente confiable.

En resumen el método planteado en este trabajo es más rápido, seguro y económico que los métodos convencionales actualmente empleados, características necesarias para nuestro tiempo y la situación del país, que exige la modernización en todos sus sectores.

**CAPITULO 6 SEGURIDAD Y SALUD EN LAS
DEMOLICIONES .**

6.1. Generalidades

Las condiciones de trabajo, cuando se demuelen estructuras de concreto, por lo general, son muy severas y, de acuerdo con un estudio realizado por la Organización de la Industria de la Construcción para las condiciones de Trabajo, la Seguridad y la salud de Suecia, ésta profesión tiene las peores condiciones laborales de la construcción.
(Ref. 17)

Las severas condiciones de trabajo de las demoliciones pueden explicarse parcialmente por la naturaleza del tipo de trabajo (como es el caso de las realizadas en estructuras dañadas) y por el hecho de que resulta muy difícil demoler un material duro y pesado como el concreto reforzado. Otra explicación puede ser que en este campo se ha realizado muy poca investigación, en comparación con la realizada en los nuevos métodos de construcción.

La experiencia que se tiene en México al respecto es muy poca, a raíz de los sismos de Septiembre de 1985 nos hemos dado cuenta de lo importante del tema, por lo que en este capítulo, haremos una exposición de las experiencias y estudios más importantes a mi juicio, que nos pueden servir de parámetro para una adecuada planeación en los trabajos de demolición, con el fin de buscar la salud y seguridad del trabajador y terceras personas que pudieran ser afectados con los trabajos.

6.2. Precauciones en un Trabajo de Demolición

Este Apartado es una recopilación de los datos más importantes de la Ref. 16

6.2.1. La Seguridad del Trabajador

El número de accidentes en la Industria de la Construcción y del Sector de la demolición en particular es extremadamente alto y la mayor parte de las Organizaciones Gubernamentales Británicas (Ref. 16), coinciden en la opinión de que

éstos se reducirían con una apropiada supervisión y organización. Dichos accidentes pueden ser numerados en el siguiente orden de incidencia:

- A) Desplome o caída del trabajador de un sitio elevado. (3.00 m o más).
- B) Accidentes causados por:
 - 1. Caídas de un material o secciones de estructura.
 - 2. Colapso no intencional de partes del edificio.
 - 3. Operaciones de subida de equipo y maquinaria poco protegida.
 - 4. Fuego y explosiones (no intencionales de gases).
 - 5. Choques eléctricos.

Es obvio que muchos trabajadores en el trabajo de demolición no conozcan el comportamiento estructural de lo que se derribará y es conveniente dar una guía superficial del trabajo que realizarán siendo esta guía constante durante todo el trabajo.

Una correcta supervisión lleva consigo el conocer los planos de como fueron construídas las propiedades vecinas y si no existen, realizar una inspección a éstas. La primera tarea a realizar es la de asegurarse de que los servicios (luz, agua, gas, etc.) han sido desconectados y protegidos del sitio a demoler.

Existen varios problemas que pueden surgir durante el proceso de la demolición y éstos pueden ser los siguientes, se dará una solución posible a cada uno (Ref. 16):

- 1) Dentro de lo posible, las ventanas se deben retirar para prevenirse de vidrios rotos. Sin embargo, los marcos de las ventanas se deben dejar en su lugar para ayudar a mantener la resistencia de los muros.

- 2) Los claros de las ventanas y puertas se deberán cerrar.
- 3) Las entradas internas a los cubos de elevadores serán tapiadas.
- 4) En los lugares donde se trabajó, pero se encuentra un proceso de terminación, se deberá marcar los sitios de cuidado especial.
- 5) Los balcones de cualquier especie, se derriban antes de que la demolición principal comience.
- 6) Las escaleras metálicas se pueden encontrar en malas condiciones por lo que se necesita una supervisión de ellas antes de usarlas.
- 7) Ningún tipo de escaleras de concreto una vez comenzada a demoler se empleará para subir o bajar.
- 8) Si existe la posibilidad de dañar alguna propiedad vecina al de la demolición, deberá ser indicado a los trabajadores para su control adecuado.

6.2.2. Precauciones generales en la demolición a mano

- A) El escombro y cascajo no se deberá amontonar para no sobrecargar las losas y provocar un colapso prematuro.
- B) Los trabajadores no se deberán parar sobre el miembro que están demoliendo o sobre alguno que esté unido a él.
- C) Después de un día completo de trabajo no se recomienda dejar ningún elemento voladizo.

6.2.3. Precauciones generales de la demolición con el uso de cables.

- A) Los cables deberán estar en buenas condiciones de resistencia y el sistema de fijación en buen estado.

- B) Cuando se emplee este método o cualquiera que lleve consigo el uso de maquinaria en movimiento, es necesario vigilar que los trabajadores estén en lugares seguros.
- C) Si por cualquier razón, la máquina o la barda se encuentran en mal estado y la estabilidad de la estructura muy diezmada, se podrá terminar el trabajo con un brazo empujador o bola demoleadora.

6.2.4. Precauciones generales en la demolición con el uso de Bola Demoledora.

- A) El operador deberá estar enterado y familiarizado con el uso del equipo, se deberá asegurar no exceder las especificaciones dadas por el fabricante del equipo, principalmente en el peso de la bola, el radio de giro de la grúa y el balanceo de la bola.
- B) La bola rompedora deberá estar sujeta a un cable que la fije de tal modo que en caso de un accidente no se suelte de la grúa. Se recomienda no balancear la bola en ángulos mayores a 30° con respecto a la vertical.
- C) La cabina del operador deberá estar lo suficientemente reforzada para resistir impactos.

6.2.5. Precauciones generales en la demolición con el uso del Brazo Mecánico.

- A) Es el método más controlable, debido a que el operador puede orientar hacia donde lo desee el material producto de la demolición, a diferencia de la Bola Rompedora.
- B) Este tipo de maquinaria se encuentra restringida por la altura del brazo.

- C) La maquinaria debe colocarse siempre a nivel del terreno natural para evitar cualquier contingencia.

6.2.6. Precauciones generales en la demolición por el Método de Colapso

Este Método resulta ser muy económico pero existen ciertos factores que hay que considerar.

- A) El edificio se puede colapsar y los fragmentos pueden caer fuera del área esperada.
- B) La estructura puede quedar en un estado de equilibrio crítico y por consiguiente será difícil su tratamiento posterior.
- C) Fragmentos de la estructura pueden salir disparados a una gran distancia provocando daños a construcciones vecinas.
- D) Como una regla general, ninguna persona deberá estar cerca en el momento de la demolición. La distancia mínima necesaria para estar dentro de los límites de seguridad es igual a dos veces la altura del Edificio.

6.2.7. Defensas de Protección

El siguiente tipo de protección es el recomendado por la Ref. 16 ("A complete Guide to Demolition") por ser el más económico y más eficiente, las medidas pueden variar.

La altura de la defensa será de 2.40 m (8') de madera, se limpiará la zona a un metro de distancia de la línea propuesta para la defensa.

Los postes deberán estar en una sección no menor a 100 cm², hundidos en el terreno natural a una profundidad no menor de 60 cms (2') y tener la altura de la defensa.

6.3. Salud en la Demolición

6.3.1. Ruido

El ruido es, probablemente, uno de los problemas más graves en la vida laboral; además de la tensión nerviosa, la dificultad de comunicación, la incomodidad y otros desórdenes, el ruido produce la pérdida de la audición.

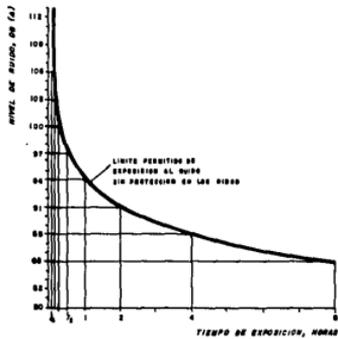
Se calcula que alrededor del 7% de los trabajadores de la construcción sufren grave pérdida auditiva bilateral producida por el ruido (Ref 18). En la figura 6.2. se muestra que el nivel de ruido es excesivamente alto en muchas máquinas y herramientas manuales y que el tiempo de exposición sin daño cada día para niveles altos de ruido de este tipo es extremadamente corto. Dicha figura muestra que algunas máquinas utilizadas en trabajos de demolición tienen niveles muy altos de ruido; por ejemplo, el martillo neumático tiene un nivel de ruido de más de 110 decibeles (db)

Fig. 6.2.

MARTILLO DEMANTADO
 MACHO PARA
 TALADRAR BLOQ

PIEDRA CIRCULAR
 DE MOTO

COJIN DE PULVER
 ESCALERA
 MACHO TALADRADORA
 DE PERFORACION
 SIEMPRE MAS CONCRETO
 MACHO MUEL
 PARA TALADRAR
 LADRAS TUBOS
 MACHO DE SACA
 COMBENOR DE ALB



EJEMPLOS DE LIMITES PERMITIDOS DE EXPOSICION AL RUIDO. ESTE DIAGRAMA MUESTRA LA CORRELACION ENTRE EL NIVEL DE RUIDO EN DB(A) Y EL TIEMPO DE EXPOSICION EN HORAS. LOS EJEMPLOS CORRESPONDEN A NIVELES PERMITIDOS DE RUIDO PARA DIFERENTES TIPOS DE HERRAMIENTAS Y MAQUINAS QUE PRODUCEN RUIDO UTILIZADAS EN OBRAS DE DEMOLICION.

6.3.2. Polvo

Los valores límite de umbral (VLU) de concentraciones dañinas (ppm o mg/m³) en muestras de aire de un gran número de compuestos se presentan en un informe del Swedish National Board of Occupational Safety and Health (Ref. 19). Se ha seleccionado el nivel que permita la exposición para una vida entera de trabajo sin que haya daños o desórdenes, con excepción, no obstante, de alergias y cáncer generalmente.

El valor VLU para el polvo que genera silicosis (partículas de cuarzo más pequeñas de 5 micras) es de 0.2 mg/m³. Este valor es normalmente de 0.1 mg/m³ medido respecto al polvo de sílice respirable, de acuerdo con la convención de Johannesburgo, en el aire inhalado por los empleados con separadores centrifugos (Ref 19). El valor adoptado en Suecia para polvo de asbesto es de 1 fibra/cm³, más de 5 micras de longitud.

Encuestas realizadas en Suecia en 1969 (Ref. 20) comprobaron que el límite fué rebasado en muchos casos. Esto se comprobó en trabajos de barrenación, esmerilado y cincelado, así como en plantas de trituración. La tabla 6.1. muestra que el trabajo típico de demolición de estructuras de concreto, por ejemplo, el cincelado, la ruptura del concreto y la demolición de muros, tiene una concentración de polvo muy alta.

El umbral límite para el polvo total es de 10mg/m³ y fué rebasado en muchos casos. El valor para el polvo que genera silicosis (0.1mg/m³) también fué rebasado. Por lo tanto se recomienda tomar medidas de protección ante el polvo como puede ser el que los trabajadores utilicen mascarillas durante los trabajos de ruptura de concreto.

6.3.3. Vibraciones

El daño por vibraciones tiene lugar particularmente en relación con la barrenación, la ruptura del concreto, el despedazado y el cincelado. Se ha informado de problemas como:

dedos blancos (desórdenes vasculares periféricos), entumecimiento y punzadas (desórdenes nerviosos periféricos) (Ref. 21). Se ha descubierto que la edad y el hábito de fumar incrementan estos efectos. (Ref. 21).

Los operadores de las máquinas están expuestos a vibraciones en todo el cuerpo, las cuales pueden producir daños en la espalda. Las frecuencias menores a 20Hz pueden causar desórdenes en las articulaciones, la espalda y el estómago. La espalda es particularmente sensible a frecuencias de 4 a 5 Hz, en tanto que los vasos sanguíneos son sensibles a frecuencias mayores de 40Hz.

El creciente uso de máquinas, especialmente herramientas manuales, tiene varias ventajas; pero se teme que los desórdenes causados por las vibraciones se incrementen en el futuro.

Por lo cual consideramos importante que la Industria de la Construcción realice investigaciones a fin de atenuar las vibraciones provocadas por la maquinaria manual para beneficio de los operadores.

6.3.4. Ergonomía *

El aspecto ergonómico es probablemente un problema general y muy serio. El trabajo de demolición a menudo origina posturas incómodas para el obrero, por ejemplo, cuando se rompe el concreto con herramientas manuales.

Los daños debidos al transporte de cargas pesadas combinado con posturas incómodas son también comunes, como es el caso del acarreo de equipo pesado en áreas limitadas, como las escaleras.

Es importante que se prevean y se tomen medidas respecto a los espacios de trabajo y el transporte de cargas exageradas por parte de los trabajadores, con el fin de evitar accidentes de graves consecuencias.

* Ergonomía: Estudio del alcance, posiciones y medidas del cuerpo humano.

6.4. Secuencia de Inspección de Seguridad y Salud en cualquier demolición.

6.4.1. Lista a ser revisada por el Responsable

A) Antes de la demolición:

1. ¿ Se han establecido las responsabilidades legales con el trabajador ?
2. ¿ Los muros de las propiedades vecinas necesitan ser tratados ?
3. ¿ Las cercas se encuentran en buenas condiciones ?
4. ¿ Qué árboles se conservarán, existe alguno obligatorio?
5. ¿ Los sótanos se rellenarán o no ?
6. ¿Cuál es la condición del pavimento alrededor del lugar ?
7. ¿ Es necesaria alguna protección al público para poder tener fácil acceso de vehículos.
8. ¿ Se han notificado a las autoridades de los trabajos ?
9. ¿ Se sellarán o desviarán los servicios?
10. ¿ Es necesario el tomar fotografías para demostrar los trabajos ?
11. ¿ Por ruido será necesario parar de trabajar a ciertas horas ?
12. ¿ Es necesaria protección contra polvo ?
13. ¿ Algún servicio público se mantendrá en servicio cerca del sitio de los trabajos?
(Teléfono, alumbrado, etc.)

14. ¿ Es necesario el clausurar la circulación tanto de personas como de vehículos en algún momento del trabajo ?

B) Durante la demolición:

1. ¿ El trabajo de algún modo ha creado problemas a propiedades vecinas ?
2. ¿ El método de demolición es el apropiado y está organizado ?

C) Antes de que se acepte como terminados los trabajos:

1. ¿ Ha sido la cerca segura ?
2. ¿ Han sido elaborados todos los trabajos estipulados en el contrato ?
3. ¿ Ha sido el terreno nivelado y limpiado satisfactoriamente ?
4. ¿ Existe algún deterioro a las propiedades vecinas, o al pavimento ?

6.4.2. Lista a ser revisada por el Residente

A) Antes de la demolición:

1. ¿ Todos los trabajadores han sido informados del tipo de trabajo a realizar, su parte dentro del trabajo, y como puede llevar en mejores condiciones su trabajo seguramente ?
2. ¿ No existe ningún tipo de substancias tóxicas en el lugar ?
3. ¿ Es necesario poner una cerca al lugar de trabajo?

B) Durante la demolición:

1. ¿ Se usa ropa de trabajo apropiada ?
2. ¿ El equipo de seguridad se está usando ?
3. ¿ Se encuentra el sitio de trabajo suficientemente restringido y existe suficiente protección contra peatones ?
4. ¿ Todos los trabajadores laborando se encuentran en condiciones físicas aceptables, y todos ellos son competentes?
5. ¿ El equipo de trabajo se encuentra en buenas condiciones ?
6. ¿ Todo el personal se encuentra en un lugar seguro mientras se está empleando la bola demoledora, brazo mecánico, explosivos, etc.?
7. ¿ Se ha aplicado suficiente agua para prevenir el polvo ?

C) Antes de que se acepten como terminados los trabajos:

1. ¿ Se encuentra el sitio completamente cercado?
2. ¿ Se ha estipulado alguna fecha para terminar los trabajos ?

6.5. Mejoramiento de las condiciones de trabajo

En general, el objetivo debe ser la posibilidad de alejar al trabajador de la vecindad del área de demolición, así como mejorar las viejas técnicas y desarrollar otras nuevas con mejores condiciones de trabajo. El Cuerpo Humano no debe usarse como un caballete ni debe obligarse a estar continuamente sentado adentro o encima de una máquina vibradora.

En Europa se han desarrollado máquinas que pueden romper el concreto, las cuales se controlan por medio de un cable, lo cual permite al operador estar fuera del área inmediata de demolición, todo esto con el fin de mejorar las condiciones de trabajo.

Para los trabajadores de la demolición y desde el punto de vista de las condiciones de trabajo, es importante que la demolición se efectúe con rapidez y más o menos automáticamente, con explosivos por ejemplo. Los expansores hidráulicos poseen características atractivas a este respecto, ya que no causan ni ruido, ni polvo, ni vibración ni representan una carga pesada; sin embargo, la necesaria barrenación de agujeros puede causar algunos problemas.

Como se mencionó anteriormente, la demolición del concreto y otros materiales de mampostería origina mucho polvo, particularmente en áreas limitadas, lo cual representa un serio problema.

Por esta razón, es importante que se reduzcan las concentraciones de polvo; el medio más común para lograrlo es un rociado de agua. Sin embargo, no siempre es posible utilizar agua, por ejemplo, en la demolición parcial de edificios existentes, debido al riesgo de causar daños; así pues, la manera más efectiva es utilizar extractores de polvo, los cuales han sido principalmente ideados para usarse en el taladro de roca o en obras en que interviene el asbesto.

Los principales problemas de las herramientas de percusión son que pueden causar vibración excesiva y ruido; algunas también son muy pesadas para alzarlas. Se han llevado a cabo mejoras para reducir las vibraciones, especialmente para el rompimiento vertical, aunque los dispositivos silenciadores externos para reducir el ruido deben adaptarse si no vienen incluidos en el equipo.

Durante el trabajo de demolición a menudo se está expuesto a levantar cargas pesadas y a adoptar posiciones incorrectas de trabajo, por lo que es importante que se reduzcan estas cargas ergonómicas, muy comunes en la demolición. Esto puede lograrse por medio de la elección del método adecuado, la reducción del peso del equipo, los dispositivos para transportar las máquinas, etc.

Trabajos de investigación realizados en Alemania indican que si se reduce la carga ergonómica relativa, disminuye la necesidad de descansar y se incrementa la productividad.

**CAPITULO 7 RECICLADO DEL CONCRETO
REFORZADO PRODUCTO DE
UNA DEMOLICION**

7.1. Generalidades

El concreto reforzado ha tenido una amplia difusión en la Industria de la Construcción en México, este material se ha esparcido sobre el país en forma de edificios, caminos, o - bras civiles, fábricas, estaciones de energía y otras obras, que representan en volúmen, millones de metros cúbicos.

En el futuro esta enorme cantidad de material se encontrará en un ciclo de desecho, como resultado de la inevitable demolición debida a los cambios, a la falla final para satisfacer normas de seguridad (como fué el caso de muchos edificios afectados por los sismos de Septiembre) o a un cambio de función.

Dado el hecho de que en algunas regiones del país el suministro de agregados naturales presenta dificultades ya sea porque la explotación de canteras origina oposición o por la existencia limitada de materias primas, es obvio que deben hacerse intentos para reciclar el concreto de demolición.

Es probable que la actividad de la demolición se incremente en un futuro en la Ciudad de México en respuesta a los problemas ecológicos y a la necesidad de un rápido desarrollo en el concepto de vivienda y comunicaciones que hacen necesaria la opción de modificar y sustituir las estructuras existentes.

Este problema ya ha sido planteado en varias ciudades del Mundo por lo que se ha empezado a investigar sobre la posibilidad de reciclar el concreto de demolición, para utilizarlo como agregado para el concreto nuevo y sobre las dificultades que ello implica.

En este capítulo expongo lo que considero más importante sobre el reciclado del concreto reforzado, que en un momento determinado puede llegar a ser un factor económico que ayude en el costo de la demolición.

7.2 El concreto reforzado de demolición como materia prima

7.2.1. Plantas de Trituración

(Ref. 8)

Una vez realizada la demolición el primer problema que surge respecto al reciclado del material es la separación del concreto del acero de refuerzo, tanto en elementos de concreto reforzado como de concreto presforzado. Después de que el concreto ha sido separado del acero de refuerzo, debe fragmentarse para producir un agregado con un tamaño adecuado.

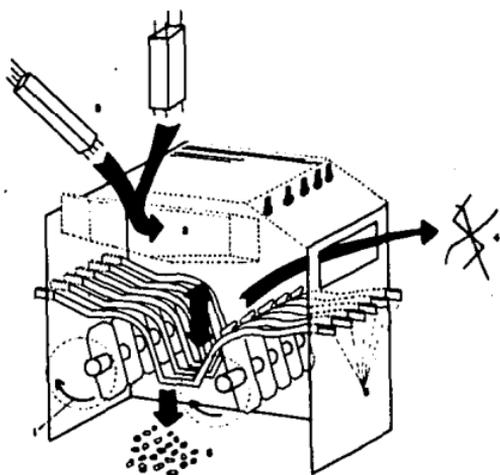
Para este trabajo hay varios métodos disponibles y otros están en desarrollo. Existen las tradicionales plantas de trituración (trituradoras de mandíbulas o martillos), en las cuales la fragmentación se basa principalmente en fuerzas de compresión y cortante y las piezas que se van a triturar son prensadas entre las mandíbulas o los martillos.

Estas plantas, tal y como hasta ahora están diseñadas, son sólo adecuadas para concreto no reforzado o ligeramente reforzado (por ejemplo, con malla de refuerzo ligera).

Otras plantas Trituran el material por medio de fuerzas de tensión y cortante, lo cual es una ventaja cuando se trabaja con concreto que tiene una resistencia a la tensión relativamente baja. Estas son trituradoras de martillo, en las que los martillos giran en dirección opuesta a la utilizada normalmente, con el resultado de que el elemento que va a romperse no se prensa entre los martillos, sino que se proyecta continuamente hacia arriba hasta que los pedazos son lo suficientemente pequeños para pasar a través de la parrilla.

El acero de refuerzo, que se comporta de manera diferente al concreto durante el proceso de trituración, sube y baja por encima de los martillos y luego es expulsado a través de una escotilla diseñada especialmente.

Fig. 7.1.



1° MANTILLO DENTADO
2° ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO
3° ALMOCENA
4° CILINDRO DE SOPORTE
5° CILINDRO
6° CONCRETO FRAGMENTADO

TRITURADORA PARA CONCRETO REFORZADO

En países Europeos como Bélgica se están impulsando métodos de fragmentación diferentes, donde se utilizan explosivos para romper los elementos de concreto demolidos.

En un estudio hecho recientemente se colocaron cargas explosivas sobre un elemento de concreto reforzado en agujeros taladrados en él, con el fin de examinar los siguientes parámetros:

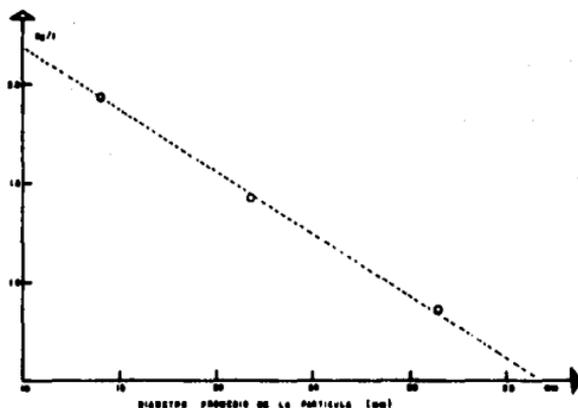
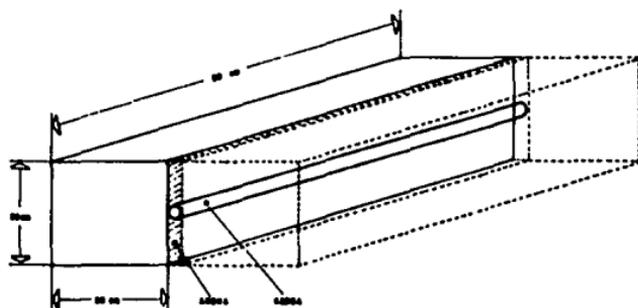
- A) La potencia de la carga explosiva
- B) La cantidad de cargas explosivas por pieza de prueba.
- C) La ubicación del agujero para la carga

La investigación demostró que todo concreto puede separarse del acero de refuerzo mediante una sola carga de explosivos, y que el tamaño de partícula de los fragmentos

producidos está muy relacionado con la potencia de la carga usada, de tal modo que puede hacerse un ajuste de la potencia de la carga para regular el tamaño de la partícula.

Posteriormente para evitar la costosa operación de taladrado se hicieron pruebas con cargas colocadas sobre el elemento de prueba. En este caso también se observó una clara relación entre el tamaño de partícula de los fragmentos y la potencia de carga.

Fig. 7.2.



FRAGMENTACION DE LOS TRAZOS DE CONCRETO DEPOSITADO POR ENCIMA DE UNA CARGA EXPLOSIVA.

Es importante mencionar que el método de demolición empleado en la estructura influye en la posibilidad de aplicar uno o más de los métodos de fragmentación descritos anteriormente.

7.2.2. El Concreto de Demolición como agregado (Ref. 8)

Una vez que se ha obtenido el agregado por algún procedimiento, surge la pregunta de si los fragmentos pueden emplearse como agregados en concreto nuevo y, si es así, que influencia producirán las características del concreto de demolición en las propiedades del concreto reciclado.

El concreto de demolición como agregado consiste en el agregado natural original utilizado en la producción del concreto original, y la matriz de arena-cemento endurecida del concreto original o de demolición.

La porosidad del agregado de concreto de demolición depende de la porosidad del concreto original y es, por lo tanto mayor que la porosidad del agregado natural. Esto puede influir en la trabajabilidad del concreto reciclado. Se debe tomar en cuenta la relación Agua/Cemento efectiva. La misma cantidad de agua de mezclado puede producir un grado menor de trabajabilidad en un concreto reciclado que en un concreto similar con agregado natural.

7.2.3. Propiedades del Concreto Reciclado

Acerca de las propiedades del concreto reciclado existe muy poca información escrita, sin embargo Japón y EUA han estado investigando al respecto durante un largo tiempo; por otra parte, países europeos como Holanda, Belgica, República Federal de Alemania, Francia y Gran Bretaña han comenzado a investigar en el campo y están desarrollando varios proyectos.

La resistencia a la compresión de concreto reciclado, de acuerdo con diversas fuentes (Refs. 8 y 14), es de 10 al 20% menor que la de un tipo idéntico de concreto normal con agregado natural; éste puede ser el caso cuando sólo se sustituye el agregado grueso por agregado de concreto de demolición. Si además se sustituye el agregado fino por agregado fino de demolición, la reducción de la resistencia es todavía mayor. En la siguiente tabla están resumidos algunos resultados de fuente Japonesa, líder en este campo.

Tabla 7.1. Resistencia a la compresión y a la tensión del concreto reciclado. (Según Ref. 14)

Tipo de Concreto	Resistencia a la compresión a los 28 días		Resistencia a la tensión a los 28 días	
	%	Δ%	%	Δ%
Concreto de referencia con agregado grueso natural y arena natural	100	-	100	-
Concreto reciclado con agregado grueso reciclado y arena natural	86	-14	81	-19
Concreto reciclado con agregado grueso reciclado y una mezcla de agregado fino reciclado y arena natural	75	-25	76	-24
Concreto reciclado con agregado grueso reciclado y agregado fino reciclado	68	-32	69	-31

Se considera que el módulo de Elasticidad del concreto reciclado es del 20 al 30% menor que el de un concreto similar con agregado natural. En la siguiente tabla se muestran algunos resultados obtenidos de pruebas hechas en Japón.

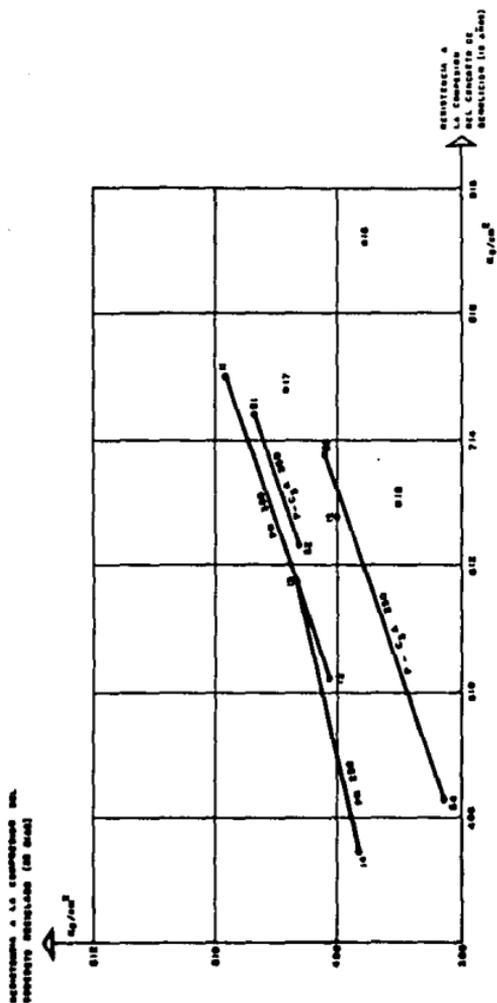
Tabla 7.2. Módulo de Elasticidad del concreto reciclado. (Según Ref. 14)

Tipo de Concreto	Módulo de Elasticidad %			
	7 días	28 días	90 días	
Concreto de referencia con agregado grueso natural y arena natural	88	100	-	107
Concreto reciclado con agregado grueso reciclado y arena natural	66	77	-23	79
Concreto reciclado con agregado grueso reciclado y una mezcla de agregado fino reciclado y arena natural	51	63	-37	60
Concreto reciclado con agregado grueso reciclado y agregado fino reciclado	56	61	-39	66

En Bélgica se está estudiando la influencia de algunas propiedades del concreto viejo en la calidad del concreto reciclado, es decir, el tipo de cemento, el contenido de cemento, la trabajabilidad inicial, la porosidad, la resistencia a la compresión después de 28 días, la resis

tencia a la compresión en el momento de la demolición, etc. En la siguiente figura y tabla se muestran algunos resultados de esta investigación.

Fig. 7.3.



INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL CONCRETO DE DEMOLICIÓN EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO RECICLADO Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO DE 10 AÑOS.

Tabla 7.3. Características de un concreto de 15 años de edad

Clave	Composición (l m ³)			Consistencia	
	Contenido y Tipo de Cemento. (Kg) (a)*	Tipo y Contenido de agregado grueso. (Kg) (b)*	Tipo y Contenido de agregado fino. (Kg) (c)*	Relación Agua/Cemento	Mesa de Fluidez
11	PN 350	P 1 200	R 650	0.53	1.28
12	PN 350	P 1 200	R 650	0.67	1.54
13	PN 250	P 1 260	R 715	0.65	1.16
14	PN 250	P 1 260	R 715	0.80	1.36
51	P-C3A 350	P 1 200	R 650	0.50	1.38
52	P-C3A 350	P 1 200	R 650	0.59	2.37
53	P-C3A 250	P 1 260	R 715	0.65	1.22
54	P-C3A 250	P 1 260	R 715	0.81	2.23
15	PN 350	P 1 200	C 630	0.50	1.27
16	PN 350	P 1 200	L 721	0.50	1.11
17	PN 350	P 1 200	R 653	0.53	1.41
18	PN 350	C 1 200	C 635	0.50	1.28

* (a) PN: Cemento Portland
P-C3A: Cemento Portland sin C3A

* (b) P: Pórfido (triturado)
C: Caliza (triturada)

* (c) R: Arena de río
C: Caliza triturada
L: Escoria de Alto Horno (fundida)

7.2.4. Impurezas

Un aspecto importante que ha llamado la atención de los investigadores es el efecto que las impurezas encontradas en los escombros del concreto de edificios, como metales, tabique, vidrios, madera, yeso y pintura ejercen sobre el concreto reciclado.

Por la experiencia se sabe que los metales, tabiques y vidrios producen un efecto limitado sobre las propiedades del concreto reciclado, en cambio el ataque de sulfatos al concreto debido a la presencia de yeso en forma de plasta o de tablero presenta un serio problema.

En Estados Unidos se ha llevado a cabo una detallada investigación sobre este aspecto, de la cual se concluye que si el yeso en la mezcla de concreto nuevo constituye el 5% por peso del agregado grueso, la resistencia del producto será de un 50% de la resistencia del concreto con agregado natural. En un caso extremo, cuando el yeso constituye el 100% del agregado grueso, la resistencia baja hasta un 15% de la del concreto con agregado natural.

En contraste con los escombros de concreto obtenido de edificios, el escombros producido en la demolición de caminos y firmes de concreto está básicamente libre de contaminantes, con excepción quizás de una cantidad limitada de acero de refuerzo, asfalto y tierra.

En Japón se ha llevado a cabo un trabajo de investigación sobre este aspecto, así como sobre los escombros obtenidos de la demolición de edificios con el fin de averiguar los valores máximos permisibles de impurezas en escombros de concreto para propósitos de reciclado. En la siguiente tabla presentamos los resultados obtenidos

Tabla 7.4. Valores máximos permisibles de impurezas en el concreto reciclado (Según Ref 14)

Impurezas	Valor máximo permisible como porcentaje del volúmen de agregado para alcanzar el 85% de la resistencia a la compresión del concreto de referencia.
Yeso	7%
Tierra	5%
Madera (ciprés japones)	4%
Yeso hidratado	3%
Asfalto	2%
Pintura (acetato de vinilo)	0.2%

7.2.5. Economía

Aún prevalece la duda acerca de la factibilidad económica del concreto reciclado. Se deben equilibrar los costos de demolición, los costos de transporte a los tiraderos y los gastos por descarga de escombros comparándolos con el costo de explotación de canteras y de transporte de agregados naturales. Además, se deben considerar el capital respectivo y los gastos de funcionamiento de las plantas de trituración y de cribado tanto para escombros de concreto como para agregados naturales. En alguna parte dentro de esta ecuación también deben incluirse los costos más intangibles de la conservación del ambiente natural.

En el Instituto Tecnológico de Massachusetts se llevó a cabo un interesante estudio respecto a la economía de utilizar desechos de la demolición de concreto como agregado en áreas que han sufrido destrucción por Sismo (Ref.15). En la conclusión del informe se afirma que: "En términos de Economía, el reciclado de los escombros de concreto que quedan después de un desastre importante es atractivo. Hemos realizado un cálculo de la utilidad sobre inversión, con base

en la suposición de ventas de agregado reciclado al precio que tendría un concreto reciclado del mismo que un concreto de agregado natural de igual comportamiento. Observamos que, en los casos en que el desastre natural produce un millón de Toneladas de escombros de concreto, la operación de reciclado debe arrojar una utilidad de al menos 19%. A medida que se incrementan las cantidades de escombros aumenta la utilidad sobre inversión en las operaciones de reciclado".

7.3. Elementos de Concreto Reforzado de Demolición de Estructuras.

7.3.1. Estructuras Monolíticas

Una proporción muy grande de todas las estructuras existentes en la Ciudad de México se ubican parcial o totalmente dentro de esta categoría que resulta desfavorable para el reciclado en caso de demolición, ya que sus partes componentes son menos manejables que los elementos de estructuras prefabricadas.

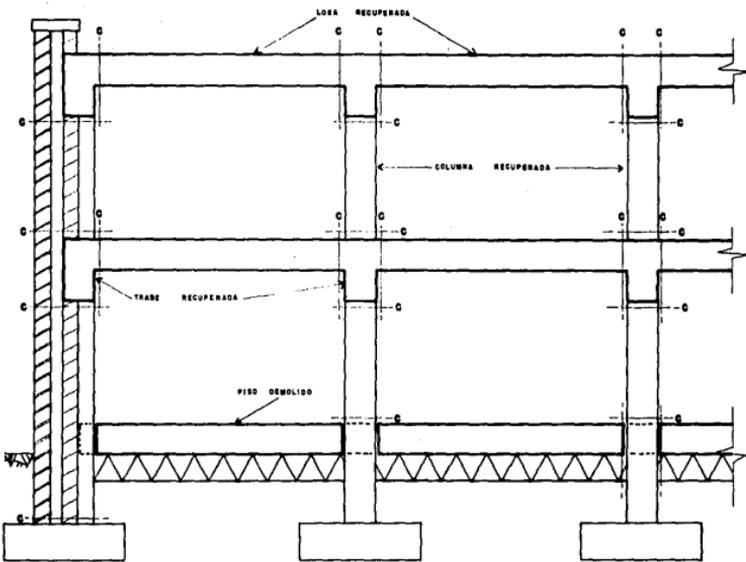
- A) Cimentaciones: Si están fracturadas, las cimentaciones difícilmente son reutilizables, pero si están estructuralmente sanas pueden volver a usarse, prolongarse, reforzarse, apuntalarse o apoyarse sobre pilotes. En fin, para propósitos prácticos solamente son reutilizables en obra.
- B) Losas: Teóricamente las losas de piso y azotea pueden volver a usarse en otras estructuras. En el diseño de la nueva estructura tiene que considerarse el espesor y la calidad del concreto, así como la cantidad de refuerzo presente. La forma obvia de colocación de tales losas sería como elementos simplemente apoyados

sobre vigas o muros. Sin embargo, es muy posible agregar un remate estructural de acción compuesta de dichas losas y colocar una placa de acero sobre los apoyos para proporcionar continuidad.

- C) Vigas: Suponiendo que no sean vigas presforzadas, se pueden cortar el elementos simplemente apoyados (una vez que se hayan removido las losas adyacentes) para formar elementos rectangulares o de sección "T". Después las vigas pueden usarse simplemente apoyadas o ser unidas rompiendo una pequeña cantidad de concreto en los extremos y prolongando el acero de refuerzo dentro de las conexiones extremas del nuevo concreto colado en obra. Si es necesario puede agregarse concreto de acción compuesta adicional y acero de refuerzo.
- D) Columnas: Estas pueden cortarse y transportarse a otra parte para usarse como nuevas columnas, pilotes cortos o como vigas. También pueden prolongarse fácilmente si se requiere.
- E) Muros: Al igual que las losas, estos pueden cortarse en tableros y volver a usarse como muros o, sujetos a revisión del diseño como losas de piso de planta baja y como firmes para vehículos o bases para maquinaria.

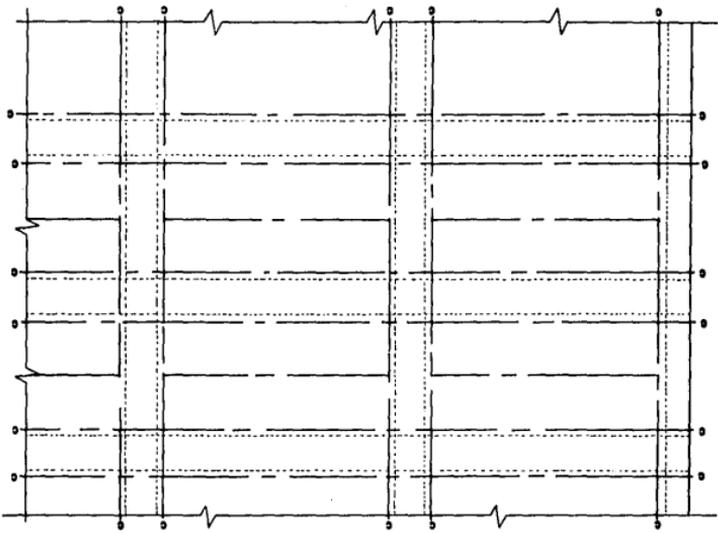
En la figura 7.4. se muestra la secuencia típica de corte para la recuperación de losas monolíticas vigas y columnas.

Fig. 7.4.



REGION TRANSVERSAL TIPICA QUE MUESTRA LAS POSICIONES DE CONTE

PLANTA TIPIKA DE PISO PARA MUESTRAS LAS POSICIONES DE CONTROL EN LA LINDA DE PISO



7.3.2. Reutilización de Elementos Estructurales

Antes de considerar la reutilización de elementos estructurales es necesario investigar su capacidad de carga a partir de los planos de construcción actualizados cuando éstos están disponibles, o mediante la prueba y certificación hecha por ingenieros capacitados.

Además los elementos destinados a un nuevo uso deben ser:

- A) Removidos con cuidado, manejados, soportados y transportados de tal modo que no sufran un sobreesfuerzo o se dañe.
- B) Examinados visualmente
- C) Sometidos a pruebas no destructivas cuando sea necesario.
- D) Modificados cuando sea necesario para su reutilización.
- E) Reparados superficialmente también cuando se requiera.

En ciertas circunstancias, cuando se remueve gran número de elementos similares de una estructura, puede ser conveniente probar muestras bajo carga hasta la falla si es necesario.

7.3.5. Economía

Se puede concluir que el ahorro que representa volver a utilizar elementos de estructuras en obra depende de los siguientes aspectos:

- A) Planos detallados actualizados de construcción de los elementos y del edificio que va a demolerse.

- B) Costo del corte con sierra u otro tipo de corte del concreto reforzado.
- C) Problemas de ruido asociados con el corte del concreto y el refuerzo.
- D) Costo de la remoción, la prueba, el manejo, el transporte y el almacenamiento de los elementos.

Desafortunadamente se tiene la experiencia de que la mayoría de las demoliciones efectuadas en la Ciudad de México se realizaron sin ninguna atención a la reutilización de sus partes componentes, todo esto como resultado de la falta de investigación en este campo en el país.

Se presenta la situación de que el contratista tiene instrucciones para simplemente demoler el edificio y eliminar los escombros. Con la problemática surgida a raíz de los terremotos de Septiembre de 1985 se tuvo poco tiempo (en la etapa propuesta) para encontrar un nuevo uso a elementos estructurales o a un área adecuada de almacenamiento para los elementos, hasta poderles encontrar un nuevo uso.

Así pues, vemos que los principales obstáculos para la reutilización actualmente es el costo de la remoción, la prueba, el manejo, el transporte y el almacenamiento de los elementos en un mercado desconocido e incierto.

CONCLUSIONES

Como resultado del presente trabajo llegamos a las siguientes conclusiones:

- El Sismo del 19 de Septiembre de 1985 tuvo características desusadas en relación a otros de gran intensidad que han afectado la Ciudad de México:

La primera característica es el período medio del Sismo que se estableció en 2 segundos.

La segunda fué la larga duración del fenómeno y el hecho de que durante casi un minuto se produjeron sacudidas de aceleración, con un ritmo desusadamente uniforme.

Estas características combinadas con las condiciones del subsuelo de la zona comprendida en el Ex-Lago del Valle de México nos llevan a la explicación de los daños sufridos en la Ciudad.

- Es importante destacar el papel fundamental que desempeñó el actual Reglamento de Construcciones vigente en el Distrito Federal, especialmente en su parte relativa al diseño sísmico. Una conclusión evidente es que sólo gracias a él y a su cumplimiento, logrando limitarse los daños que eventualmente podrían haber producido un cataclismo de mayores dimensiones al que se abatió sobre la Ciudad. Sin embargo, las experiencias obtenidas y las investigaciones realizadas deben dar pie al planteamiento de un nuevo reglamento que considere sucesos como el acaecido con el fin de tener seguridad en las construcciones de la Ciudad de México.
- En un estudio realizado en una superficie aproximada de 43 Km² en la Ciudad de México, que abarca un total de 53,358 construcciones, se detectaron 768 estructuras dañadas por el Sismo, donde: 253 fueron totalmente destruidas,

412 deben ser demolidas y 103 pueden ser reparadas. Del sondeo realizado el 53% de los daños pertenecen a estructuras de concreto y el 3.77% a estructuras de acero.

- Los datos anteriores llevaron a la impetuosa necesidad de realizar un gran número de demoliciones en un corto lapso de tiempo como consecuencia del peligro que representaban dichas construcciones para la comunidad.
- Nos dimos cuenta que la Industria de la Construcción en México no estaba preparada para llevar a cabo este tipo de trabajos en zonas urbanas, en gran parte por la falta de Ingenieros Civiles especializados y, el poco desarrollo que se ha dado al campo de la Demolición en México,.
- Pudimos percatarnos de que las demoliciones que en un principio se llevaron a cabo, se realizaron de una manera muy rudimentaria, que implicaba una gran lentitud, un gran riesgo para los trabajadores y graves pérdidas económicas.
- Un aspecto importante de mencionar es que no existen en México dentro de los métodos tradicionales de trabajos de demolición, normas básicas que puedan seguirse para dirigir y optimizar el trabajo, lo que lleva a realizarlos de una manera anárquica.
- La Ingeniería Mexicana ha tenido grandes logros e importantes avances en diversos campos, sin embargo, en lo referente a demolición de estructuras de concreto, se ha rezagado y se sigue demoliendo a base de pico y marro como se hacía hace un siglo.

De la confrontación de las dos opciones que planteamos como los métodos más acordes a las circunstancias y la realidad de la construcción en este campo, llegamos a los siguientes resultados:

La demolición de la estructura de concreto propuesta, utilizando explosivos se hace en menos tiempo y con un costo menor, ya que como pudo verse en el trabajo, la demolición utilizando el sistema tradicional se realizaría en cuatro veces el tiempo requerido por explosivos con un costo 467% superior. Cabe mencionar que para una estructura de mayores dimensiones que la que aquí estudiamos, el ahorro en tiempo y dinero, empleando explosivos es considerablemente mayor.

- Queda también de manifiesto que el Método de Demolición de estructuras de concreto con explosivos en cuestión de seguridad ofrece un riesgo mínimo para los trabajadores.
- La experiencia que se tiene en México en cuestión de seguridad en los trabajos de demolición es muy poca; por lo que consideramos muy importante antes de cualquier trabajo, realizar una adecuada planeación.
- El reciclado del concreto reforzado producto de una demolición puede llegar a ser un factor económico importante que ayude a la amortización del costo de la demolición.
- Es probable que la actividad de la demolición se incremente en un futuro en la Ciudad de México en respuesta a los problemas ecológicos y a la necesidad de un rápido desarrollo en el concepto de vivienda y comunicaciones que harán necesaria la opción de modificar y substituir las estructuras existentes. Este problema debe plantearse en la Ingeniería Nacional, a su vez debemos cambiar el concepto de demolición como un trabajo rudo, sucio e intenso, y en su lugar, imponer la pericia de un Ingeniero calificado en demoliciones, quien muy bien puede ser un científico en el futuro,

REFERENCIAS

- 1.- Dowrick, D.J., "Diseño de Estructuras Resistentes a Sismos" Editorial Limusa, México 1984.
- 2.- Instituto de Ingeniería de la UNAM, "Manual de Diseño, según el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal"; Publicación 406, México 1977.
- 3.- Bazán Zurita E., Meli Piralla R., "Manual de Diseño Sísmico de Edificios"; Editorial Limusa, México 1985.
- 4.- Dewey, J.A. "Tectónica de Placas". Información Científica y Tecnológica. Vol. II, Num.33 CONACYT México 1980.
- 5.- Meli R., " Sismos y Construcciones en la Ciudad de México" Revista Información Científica y Tecnológica. CONACYT Vol. 1 No. 2, México 1977.
- 6.- Instituto de Ingeniería de la UNAM, "Características del Temblor del 19 de Sep. de 1985" y "Efectos del Temblor del 19 de Sep. de 1985 en las construcciones de la Ciudad de México" Informe Oficial.
- 7.- Lefomex, S.A "Lista de Edificios dañados emitida por la Comisión Metropolitana de Emergencia" el 25 de Septiembre de 1985.
- 8.- IMCYC, "Demolición de Estructuras de Concreto Reforzado y Presforzado " Editorial Abeja, S.A, Septiembre de 1984.
- 9.- Estrada Uribe G., "Estructuras Antisísmicas" Editorial CECSA, México 1981.

- 10.- Ingenieros Constructores Asociados, " Características y Efectos de los Sismos del 19 y 20 de Septiembre de 1985. México.
- 11.- Díaz Canales M., "¿Cuál es la causa de los Temblores en México?"
Rico Rodríguez A., "El subsuelo de la Ciudad de México"
Del Valle Calderón E., "Comportamiento de las Estructuras"
Sanchez Aldana A., "Demolición"
Revista Mexicana de la Construcción, CNIC No. 374
México, Diciembre 1985.
- 12.- Zaldivar Martín J., "Administración de Obra" Escuela de Ingeniería Universidad La Salle, México 1981.
- 13.- D.M. Pledger "A complete Guide to Demolition" Press LTD
Lunesdale House, Hornby Lancaster, LA2 8NB, Inglaterra
1963.
- 14.- Mukai T., Kemi T., Nakagawa M., y Kikuchi M., "Study on Reuse of waste concrete for agregate of concrete" Seminar on Energy and Resources Conservation on Concrete Technology, San Francisco, E.U.A. Septiembre 10-13 de 1979.
Inédito.
- 15.- Frondistou- Yannis, S.A y Ngih, T.S. "Use of Concrete De molition waste agregates in Areas that have suffered des truction". Massachusettes Institute of Tecnology R77-37. Cambridge Mit. 1977.
- 16.- Hartland, R.A "Techniques of Concrete Demolition Concrete" Vol. 13 de Marzo 1979. E.E.U.U.
- 17.- The Construction Industry's Organization for Working Envi roment, Safety and Health. "Miljobeskrivning av Sysselsatt ningab inom Byggnadsbranschen" Bygghalsan (en sueco) Estocolmo 1977.

- 18.- Health and Safety Executive. Safeti in Demolition Work.
"Informe del Subcomité del Joint Advisory Committee on
Safety and Health in the Construction Industries".
Londres, HMSO, 1979 24 pags.
- 19.- National Board fo Occupational and Health. "Hygieniska
Gransvarden Arbetarskyddsstyrelsens Anvisningar 100"
(En sueco) 1978.
- 20.- Westlin A. "Silicosis on reasearch and regulations in
Sweden" The Swedish Work Enviroment Fund, Estocolmo 1977.
- 21.- Ostlund, E., and Lowing H. "Forekomst av Periferia Vibra
tionsslador Hos Anstallada Inom Byggnadsbranschen"
Byghalsans Forkningsinstitut (En Sueco) Estocolmo 1976.
- 22.- Pérez Alama V., "El concreto armado en las Estructuras"
Editorial Trillas , México 1976.
- 23.- Cesin, J., "Proposición de un Método Numérico para la
Determinación de Fuerzas Horizontales por Sismo en estruc
turas tridimensionales de Edificios" Tesis Profesional
Escuela de Ingeniería, Universidad La Salle México 1985.
- 24.- Loisaux M., "Precision Application of Explosives" Amer.
Concr. Inst. Montreal Mayo 1978.
- 25.- Aford J. L. Housner, G. Measured Response of a Structure
to an Explosive Generated Ground Schock. Bulletin 1954
- 26.- Dupont' "Manual para el Uso de Explosivos" México 1980
- 27.- Henrych Josef' "The Dinamycs of Explosion and its Use"
Praga Checoslovaquia 1976.

- 28.- Peurifoy "Métodos, Planeamiento y Equipos de Construcción"
México 1979
- 29.- M. González Cuevas. Robles F.V., Casillas G. de L., Díaz de
Cossio R. "Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado"
Edit. Limusa, México 1982
- 30.- Olivares Prud'Homme J. Investigación de Rendimientos en
obras de demolición por parte de varias empresas construc-
toras en México y U.S.A
- 31.- Antill James W. Ronald W. Woodhead "Método de la Ruta Críti-
ca y su aplicación a la Construcción, México Edit. Limusa
1974