

1. Resumen

El objeto de este PFC es producir a un guía de las diferentes técnicas de la renovación estructural en la construcción.

Este proyecto lo he realizado en mi estancia laboral la empresa francesa Bouygues Bâtiment Ile de France Rénovation Privée, especialista de la renovación de edificios en París.

En primer lugar, se describirán las características del edificio parisino por épocas, desde 1800 hasta hoy. Las técnicas de renovación están íntimamente ligadas al tipo de construcción y, en consecuencia, el conocimiento de edificado parisino es indispensable para la comprensión de las técnicas de la renovación; por eso, se han visitado obras correspondientes a cada tipo de edificio.

En segundo lugar, se introducirán los principales trabajos presentes en una renovación. Estos son la formación de vanos en paredes y suelos, la deconstrucción de paredes y pilares, el ahondamiento de paredes y pilares, la consolidación de forjados y pilares. Para cada uno de estos elementos se describirán las técnicas de realización y aplicación.

A continuación se presentará un manual que permitirá al lector escoger la técnica más adaptada a los trabajos que hay que realizar. Se presentarán las cuestiones a las cuales se debe responder para escoger la buena técnica.

Por fin, se estudiará el impacto medioambiental de la renovación a través la descripción de los residuos y su tratamiento. Se estudiará también el impacto social de las obras bajo el aspecto del ruido generado por las obras y los medios para reducirlo.





2. Sumario

1. RESUMEN	1
2. SUMARIO	3
3. INTRODUCCIÓN	11
3.1. Objetivos del proyecto.....	11
3.2. Alcance del proyecto.....	11
4. RESUMEN HISTÓRICO DE LA CONSTRUCCIÓN PARISINA	13
4.1. La construcción antes de 1850.....	13
4.1.1. Las fachadas.....	14
4.1.2. Las paredes interiores.....	14
4.1.3. Los suelos.....	15
4.1.4. Los sótanos.....	16
4.2. La construcción de Haussmann: 1850-1900.....	17
4.2.1. La fachada.....	18
4.2.2. Muros piñones.....	19
4.2.3. Las paredes interiores.....	19
4.2.4. Los cimientos.....	20
4.2.5. Los forjados.....	20
4.3. Los edificios construidos entre 1900 y 1940.....	21
4.3.1. Las fachadas.....	21
4.3.2. Las paredes interiores.....	22
4.3.3. Los sótanos.....	23
4.3.4. Los forjados.....	23
4.4. La construcción tras la Segunda Guerra Mundial.....	23
4.4.1. Los cimientos.....	24
4.4.2. Los forjados.....	24
4.4.3. Los elementos de carga.....	24
4.4.4. Las fachadas.....	25
5. PRESENTACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE RENOVACIÓN	26
5.1. La formación de vanos.....	26
5.1.1. La formación de vano a partir de las técnicas de apertura de rozas.....	26
5.1.2. La formación de vano mediante banquetas (1).....	27
5.1.3. La formación de vano mediante técnicas de apeo.....	29
5.1.4. La formación de vano mediante la técnica de U intercalados.....	30
5.2. La deconstrucción de paredes.....	31



5.2.1.	La deconstrucción de paredes mediante la técnica de apeo de forjados.....	31
5.2.2.	La deconstrucción de paredes mediante la técnica de las banquetas.	32
5.3.	Demolición de pilares.	34
5.3.1.	Demolición de pilares mediante la técnica de banquetas.....	34
5.3.2.	Demolición de pilares con apeos.....	34
5.4.	Ahondamiento de pilares.....	36
5.4.1.	Ahondamiento de pilares con apeos	36
5.4.2.	Ahondamiento de pilares con pozos.....	37
5.5.	Ahondamiento de paredes.	39
5.5.1.	Ahondamiento de paredes con pozos	39
5.6.	Construcción de forjados de recalce.	41
5.6.1.	Excavación en sótano.....	41
5.6.2.	Excavación y apeo.....	42
5.7.	Formación de aperturas en forjados.	43
5.7.1.	Construcción de un brochal	43
5.7.2.	Construcción de vigas	44
5.8.	Formación de cajas de ascensor o escaleras.....	44
5.8.1.	Técnica de apeo de los forjados.....	44
5.8.2.	Formación de la caja y de-construcción de los forjados.....	46
5.9.	Consolidación de forjados	47
5.9.1.	Forjados de madera con vigas sanas.....	47
5.9.2.	Forjados metálicos.....	49
5.9.3.	Forjado en hormigón armado	53
5.10.	Consolidación de pilares	56
5.10.1.	Pilar metálico	56
5.10.2.	Consolidación de un pilar de hormigón armado.	57
6.	MEMENTO DE LAS TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN. _____	58
6.1.	Formación de vano.....	58
6.1.1.	Criterios: tamaño y material constitutivo de la pared.....	58
6.1.2.	Condiciones de utilización de cada técnica.	59
6.2.	Deconstrucción de paredes.....	60
6.3.	Deconstrucción de pilares	60
6.4.	Ahondamiento de pilares y paredes.....	60
6.4.1.	Ahondamiento de pilares	60
6.4.2.	Ahondamiento de paredes.....	61
6.5.	Construcción de forjados en recalce	61
6.6.	Formación de aperturas en forjados.	61
6.6.1.	Forjados de madera o metálicos	61



6.6.2.	Forjados en hormigón armado.....	61
6.7.	Formación de cajas de ascensor o escalera	62
6.7.1.	Formación del vano	62
6.7.2.	Paredes de la caja	62
6.8.	Consolidación de forjados y vigas.	62
6.8.1.	Estructuras de madera	62
6.8.2.	Estructuras metálicas	63
6.8.3.	Forjados y vigas en hormigón armado	63
6.9.	Consolidación de pilares	64
6.9.1.	Pilar en hormigón armado	64
6.9.2.	Pilar metálico	64
7.	CRONOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN	65
8.	IMPACTO MEDIOAMBIENTAL Y SOCIAL DE LAS OBRAS DE RENOVACIÓN.	68
8.1.	Impacto medioambiental.....	68
8.1.1.	Amianto y plomo	68
8.1.2.	Los residuos de la obra	69
8.1.3.	La lucha contra el despilfarro.....	70
8.2.	Impacto social: el ruido.	70
8.2.1.	El ruido: molestias para los vecinos.....	70
8.2.2.	El ruido: riesgo para la salud de los obreros.....	71
8.2.3.	Reducir los ruidos de las obras.....	72
8.3.	Impacto medioambiental del proyecto	72
9.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	74
10.	CONCLUSIÓN	78
11.	AGRACEDIMIENTOS	79
12.	BIBLIOGRAFIA	83
12.1.	Referencias bibliograficas	83







3. Introducción

La dificultad superior para organizar el territorio parisino es la falta de espacio. En efecto, París es una ciudad llena de edificios antiguos. El espacio disponible para la construcción nueva es casi inexistente. Las grandes empresas, la hostelería y los comercios son solicitantes de edificios situados en el corazón de París y que poseen toda la comodidad moderna, de ahí el origen del desarrollo fuerte del mercado de la rehabilitación.

3.1. Objetivos del proyecto

Tomando como base el estudio de la rehabilitación de edificios se analizarán sus técnicas específicas que se diferencian de la construcción nueva. El objetivo de este proyecto es presentar estas técnicas y establecer una guía para escoger qué técnica es la mejor adaptada en cada caso. En efecto, veremos más tarde que las soluciones se tienen que adaptar caso por caso con arreglo al resultado deseado, desde luego, pero también del tiempo disponible, medios financieros de los que dispone la empresa constructora, y materiales originales en los cuales el edificio ha sido construido.

3.2. Alcance del proyecto

Este proyecto ha sido realizado en la empresa Bouygues Bâtiment Ile de France Renovation Privée. La empresa, especialista de la renovación en París, es una filial del grupo Bouygues Construction (grupo de construcción francesa presente en todo el mundo con 51 000 colaboradores y 8,3 mil millones de euros de volumen de negocios). La empresa tiene una experiencia fuerte en la renovación con referencias prestigiosas en la hostelería (Gran Hotel Intercontinental, Hotel Fouquet's Barrière); con un volumen de negocios que sobrepasa los 200 millones de euros y más de 500 colaboradores, Bouygues Bâtiment Ile de France Renovation Privée es hoy un especialista y líder en la renovación en París.



4. Resumen histórico de la construcción parisina

La primera dificultad encontrada en el momento de una operación de rehabilitación es conocer perfectamente el edificio existente. Para eso, es necesario comenzar por determinar la naturaleza de los materiales sobre los cuales los trabajos van a ser efectuados. Según la época de construcción del edificio, es posible hacer deducciones sobre los materiales utilizados, de donde la importancia de conocer bien las diferentes técnicas que han sido utilizadas en la construcción parisina. Veremos más tarde que las técnicas utilizadas en la renovación dependen del edificio existente, de ahí la importancia de conocer las épocas de construcción para utilizar cada vez la técnica más adaptada.

4.1. La construcción antes de 1850

En los viejos barrios de París como el 1er, 2º, 3er y 4º distritos, todavía encontramos numerosas construcciones realizadas antes de 1850. Los materiales utilizados en la época eran la piedra, la madera, el yeso y la cal.

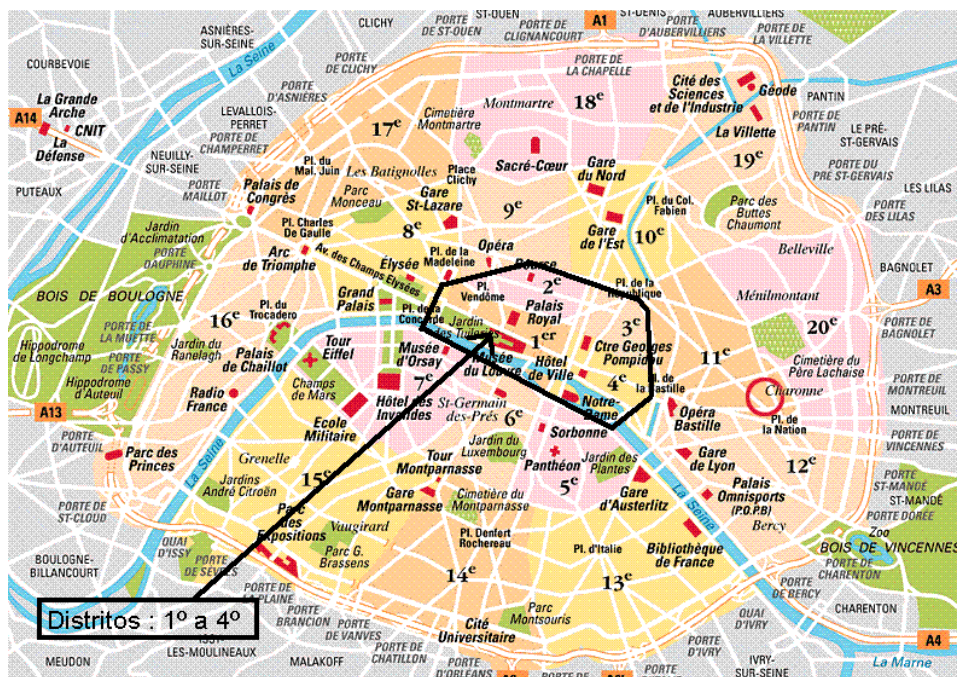


Fig. 4.1. Mapa de París: distritos 1er a 4º



4.1.1. Las fachadas

Las fachadas son muros de mampuesto (piedras calcáreas). La masonería es recubierta con yeso. Las fachadas que dan a la calle son estrechas (aproximadamente 5 o 6 metros) y contienen 2 o 3 ventanas por piso.



Fig. 4.2. Fachada de construcción de antes de 1850

4.1.2. Las paredes interiores

Las paredes interiores así como las fachadas sobre patio consisten de mampuesto o estructuras de madera. Este tipo de obra generalmente presenta una pared de carga dispuesta paralelamente a la fachada, y aproximadamente a 5m de ésta. Las paredes perpendiculares a las fachadas integran las chimeneas y están construidas en mampostería.



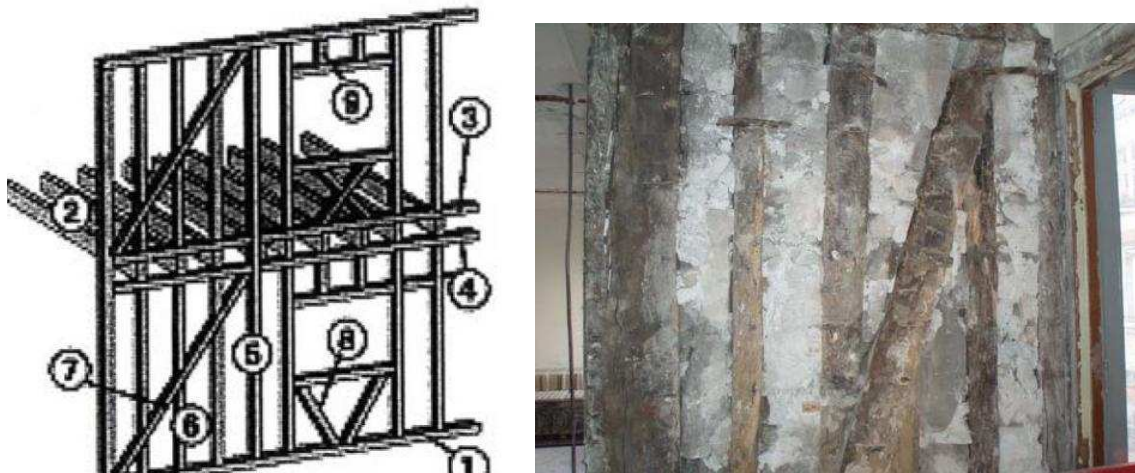


Fig. 4.3. Paredes de estructura de madera

4.1.3. Los suelos

4.1.3.1. Estructuras de los suelos

La estructura de los forjados está constituida por madera. Los forjados más antiguos han sido realizados por la técnica dicha del "vacío casi lleno": es decir una utilización de vigas de secciones fuertes puestas con una separación débil. Estos suelos presentan una densidad muy importante de vigas con una separación muy reducida (aproximadamente 20 centímetros).

Los forjados más recientes están constituidos por un conjunto de vigas de forma cuadrada puestas con una separación más importante y presentan una mejor resistencia a la flexión.



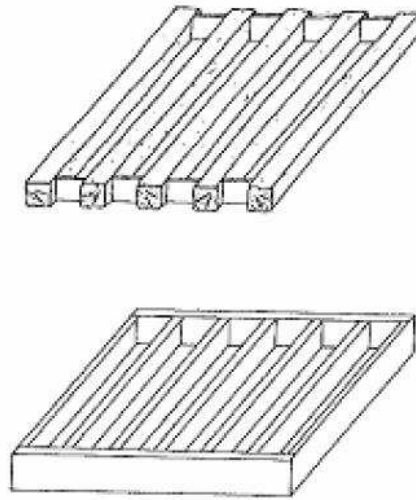


Fig. 4.4. Forjado de madera

4.1.3.2. Relleno de forjado

Existen dos técnicas diferentes para llenar el espacio entre la estructura de madera ilustradas por los esquemas siguientes:

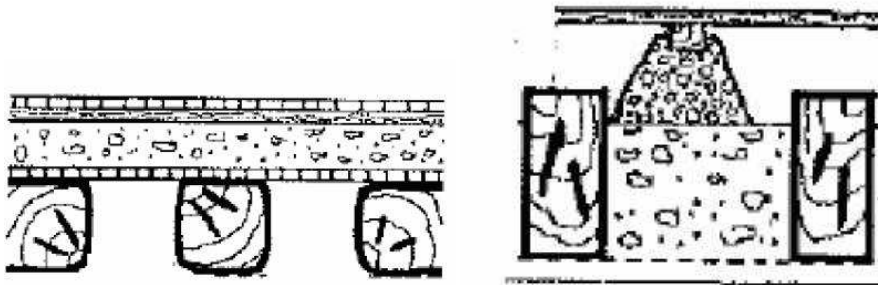


Fig. 4.5. Relleno de forjados

4.1.4. Los sótanos

Los cimientos siempre son fundados sobre mampuesto. Los sótanos son formados siempre por bóvedas.





Fig. 4.6. Piedra de mampuesto

4.2. La construcción de Haussmann: 1850-1900

Las construcciones de esta época son a menudo denominadas construcciones 'haussmanniennes', del nombre del barón Haussmann, el prefecto del Sena de 1853 a 1870. Haussmann ató su nombre a la transformación más importante que París ha conocido en su historia. Esta transformación dio a la capital francesa su fisonomía contemporánea. Se destruyeron barrios viejos para abrir bulevares anchos y para abrir espacio a parques y zonas verdes. El subsuelo de la ciudad fue revuelto por los trabajos de traída de aguas y de gas y por la construcción del alcantarillado. 103 000 edificios de Haussmann se construyeron durante los 17 años durante los cuales el barón ocupó su función.





Fig. 4.7. Mapa de Paris: bulevares abiertos por Haussmann

4.2.1. La fachada

La fachada esta constituida por piedra de sillería, contiene un balcón en el segundo piso (piso "noble" del edificio) y un balcón en el 5o piso. Ambos balcones recorren toda la anchura de la fachada. La anchura de las fachadas es aproximadamente de 10 a 15 metros. A partir de 1890, la arquitectura ligeramente se modifica con la aparición del ladrillo macizo en complemento de la piedra de sillería.





Fig. 4.8. Fachada de un edificio tipo “Haussmann”

4.2.2. Muros piñones.

Son fabricados en mampostería. El cemento es cada vez más utilizado a partir de 1824, fecha del depósito de patente del cemento de Pórtland; antes de la invención del cemento Pórtland, se usaba un compuesto de cal.

4.2.3. Las paredes interiores.

Las paredes paralelas a la fachada sirven como soporte de los forjados. Hacia 1880, aparece el ladrillo macizo. Las paredes más antiguas están en estructura de madera.

Las paredes transversales no soportan los forjados, están siempre en mampuesto y sirven para incorporar las chimeneas. Hacia el fin del siglo XIX, estas masonerías son progresivamente reemplazadas por ladrillos macizos.



4.2.4. Los cimientos

En general, hay un solo sótano. Antes de 1880, las bodegas son abovedadas y constituidas por piedras calcáreas, después las bodegas son de techo llano y las paredes verticales están constituidas de piedras moleñas.

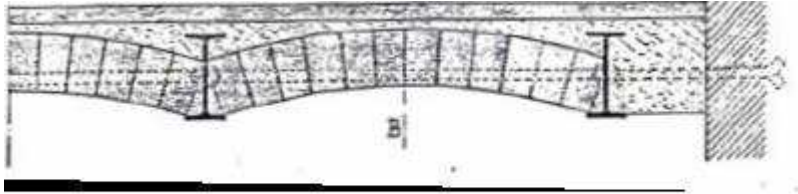


Fig. 4.9. Bodega abovedada

Los cimientos están constituidos por zapatas corridas en hormigón o bien sobre puntales en pozos. El principio de los cimientos con puntales en pozos es una organización de las masonerías del sótano en bóveda que traslada las cargas sobre los puntales.

4.2.5. Los forjados

4.2.5.1. Estructura de los forjados

Son perfiles metálicos de hierro llamados IAO (ver esquema). El hierro ha recibido un tratamiento llamado pudelaje. El pudelaje es una técnica de mezcla que permite obtener un hierro enriquecido en carbono, que es más duro y más resistente.



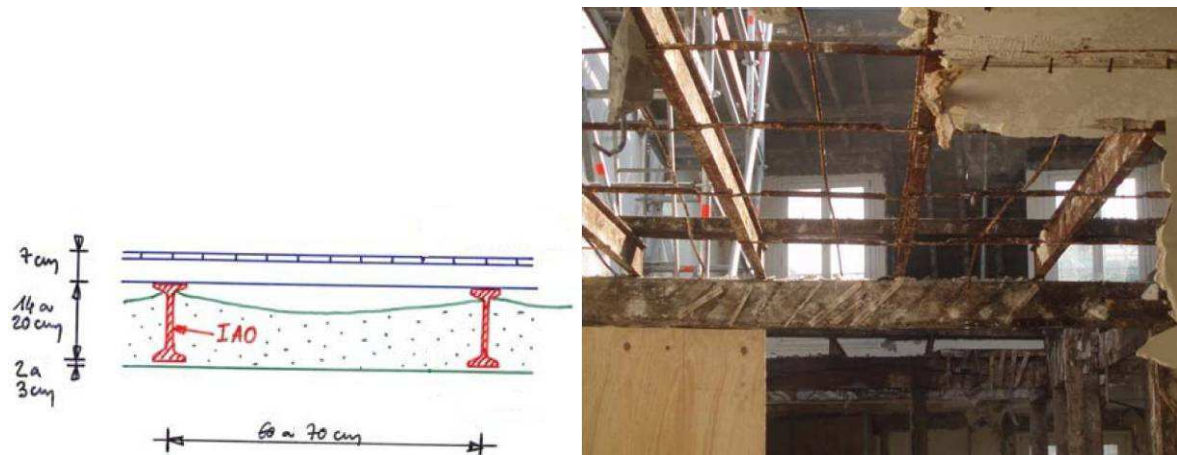


Fig. 4.10. Forjados con perfiles metálicos tipo IAO

4.2.5.2. Relleno de la estructura de los forjados

El espacio entre las vigas metálicas está relleno por yeso.

El revestimiento usual de los suelos de estilo Haussmann es el parquet sobre ristreles. Disponemos los ristreles perpendicularmente a los perfiles IAO con un entre-eje similar (50 a 60 centímetros) y venimos para clavar un parquet sobre los ristreles.

4.3. Los edificios construidos entre 1900 y 1940

El verdadero cambio en la construcción será la aparición después de la primera guerra mundial del hormigón armado. La construcción metálica gracias a los progresos de los materiales nacidos de la metalurgia se desarrolla fuertemente.

Debido a la presión demográfica que conoce París, números edificios son viviendas que se encuentran principalmente en los distritos de la periferia teniendo en cuenta que el centro ya está saturado.

4.3.1. Las fachadas

No podemos anotar una modificación brutal de la arquitectura de las fachadas de los edificios de este período. Las fachadas pasan en efecto de la piedra de sillería a una mezcla de piedra de sillería y de ladrillos macizos aparentes con ciertas zonas recubiertas con yeso.



En una preocupación de economía, las técnicas asocian piedras de mampuesto y piedras de sillería sobre las paredes exteriores. Las piedras de sillería están dispuestas en cadenas verticales en los lugares donde las cargas están concentradas: ángulos de edificios, jambas de ventanas, el bajo de los apoyos de viga. Las cadenas verticales se conectan de nuevo entre ellas por cadenas horizontales. El resto de la pared se constituye de ladrillos que sirven para el relleno.

Los edificios tienen en general seis pisos pero progresan a veces hasta ocho pisos. Los balcones están siempre al segundo y quinto nivel. Las fachadas sobre patio son de ladrillo aparentes o enyesadas.



Fig. 4.11. Fachada de construcción entre 1900 y 1940

4.3.2. Las paredes interiores

Progresivamente paredes paralelas a la fachada desaparecen como elementos de soporte de los forjados. Estas son sustituidas por nuevas estructuras metálicas o en hormigón armado en el caso de las más próximas de nuestra época.

Las paredes perpendiculares a las fachadas están en ladrillos macizos y sirven como conductos de humo.



4.3.3. Los sótanos.

Hay poca innovación en los cimientos: los cimientos son corridas, y están hechas de hormigón. Hay un solo sótano en general, con paredes en piedras silíceas.

4.3.4. Los forjados

La madera prácticamente desapareció de la constitución de los suelos. Gracias al progreso del laminado, el perfil IAO se abandona en favor del IPN. El IPN es de de acero.

En efecto, la diferencia entre un perfil IAO y un perfil IPN se encuentra en la intersección entre el alma y el perfil. La intersección es menos redondeada en un IPN que en un IAO.

El yeso de relleno entre las vigas metálicas es progresivamente sustituido por el ladrillo de cerámica. Los forjados pueden entonces estar constituidos por vigas en hormigón armado.

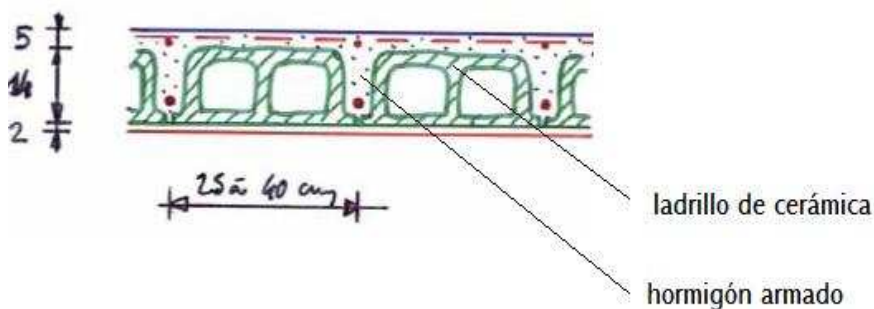


Fig. 4.12. Forjado de ladrillo de cerámica

4.4. La construcción tras la Segunda Guerra Mundial

En aquella época, el hormigón y el hormigón armado son los materiales de construcción de base de los edificios de vivienda y de oficinas. La construcción se industrializa, la prefabricación se encuentra en su apogeo en 1970.

Los edificios de esta época se encuentran principalmente en los distritos periféricos del este de la ciudad (11º, 12º, 13º, 19º, 20º distritos).



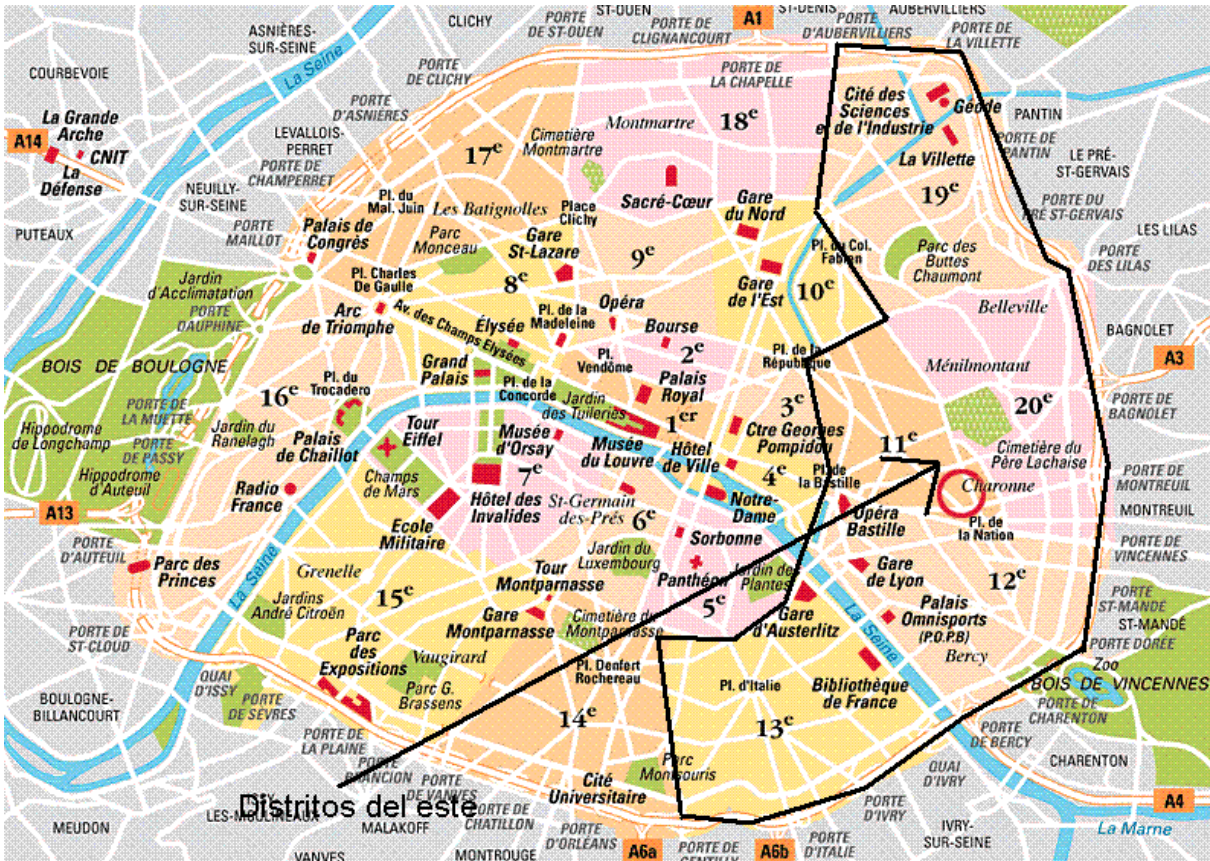


Fig. 4.13. Mapa de París: distritos del este

4.4.1. Los cimientos

Pueden ser superficiales (zapatas corridas o aisladas debajo de paredes de carga o pilares) o profundas (puntales, estacas).

4.4.2. Los forjados

Los forjados son de hormigón. Diferentes metodologías existen: los forjados mixtos, los forjados de vigas prefabricadas, los suelos en hormigón armado en situ.

4.4.3. Los elementos de carga

Los elementos de carga de los edificios son: los pilares, las paredes de hormigón o de masonería.



4.4.4. Las fachadas

Las fachadas están constituidas por hormigón armado y por un relleno de ladrillos entre pilares de hormigón.



Fig. 4.14. Fachada de un edificio de los años 1960



5. Presentación de las técnicas de renovación

5.1. La formación de vanos

5.1.1. La formación de vano a partir de las técnicas de apertura de rozas

5.1.1.1. Dintel con perfiles metálicos

La instalación de un dintel con perfiles metálicos se efectúa de la siguiente forma.

- Apertura de un semi-espesor en la pared justo por encima de la zona en la que se desea crear el dintel.
- Colocación de un primer perfil metálico dentro de la apertura. El perfil tendrá una longitud superior a la del hueco que se desea crear. De esta forma el perfil tendrá un apoyo a cada lado del hueco.
- Apertura del otro semi-espesor.
- Instalación del segundo perfil en la segunda apertura y unión de los 2 perfiles mediante tornillos.
- Formación del vano por debajo de los perfiles metálicos.
- Recubrimiento de los perfiles mediante hormigón o bien con una pintura intumescente.

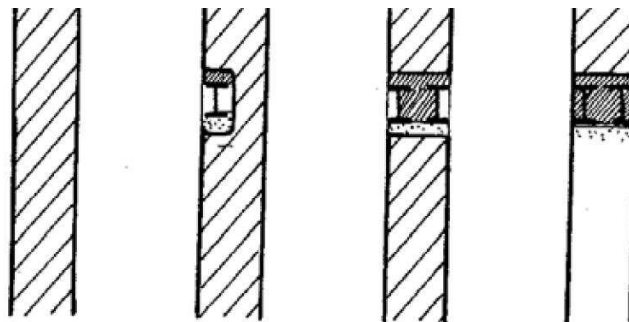


Fig. 5.1. Construcción de un dintel con perfiles metálicos



5.1.1.2. Dintel a partir de hormigón armado.

La construcción de un dintel con hormigón armado se realiza siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:

- Apertura de un semi-espesor en la pared justo por encima de la zona en la que se desea crear el dintel. (1)
- Instalación de las armaduras de la viga en el interior del semi-espesor creado. (2)
- Encofrado (3) y hormigonado de la viga. (4)
- Apertura de otro semi-espesor en la pared a la misma altura que el anterior. (6)
- Instalación de las armaduras de la segunda viga en el interior del semi-espesor.(7)
- Encofrado (8) y hormigonado de la segunda viga. (9)
- Apertura del vano por debajo de las vigas. (10)

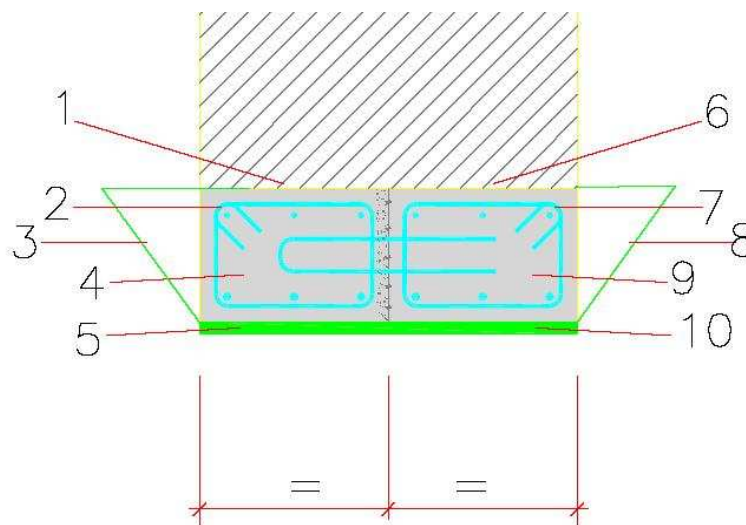


Fig. 5.2. Construcción de un dintel de hormigón armado

5.1.2. La formación de vano mediante banquetas (1)

(1) : Se denominan banquetas, del francés “tabouret”, las estructuras preconstruidas que consisten en un perfil metálico o una serie hierros de hormigón soldados sobre platino:



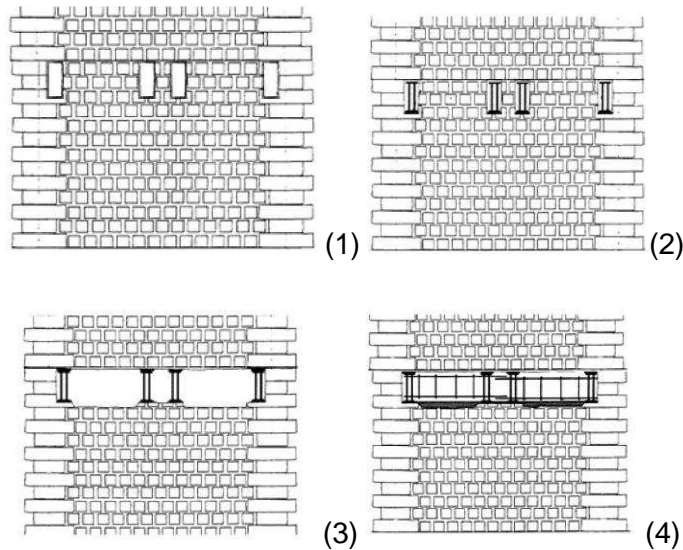


Fig. 5.3. "Banqueta"

Las banquetas son utilizadas en fase provisional para asegurar la bajada de las cargas, y no sirven en el edificio futuro. Son una de las técnicas más utilizadas en la renovación.

El procedimiento para crear vanos mediante banquetas es el siguiente:

- Apertura de varios agujeros en la pared a la altura en la que se desea instalar la viga. (1)
- Introducción de las banquetas en los agujeros. (2)
- Demolición de la masonería entre banquetas mediante un martillo compresor (3).
- Preparación de los apoyos en yeso para realización de las vigas de hormigón armado.
- Colocación de las armaduras, encofrado y hormigonado de la viga (4).
- Apertura del vano por debajo de la viga (5)



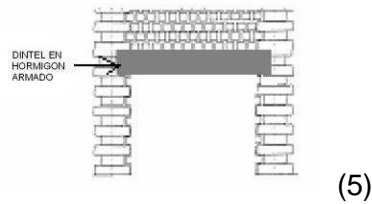


Fig. 5.4. Construcción de un dintel mediante banquetas

La banqueta asegura la continuidad de la bajada de carga, y permite la colocación de las armaduras de la viga. El espacio que se debe dejar entre las banquetas depende de la carga que hay que repartir y de la posición de las ventanas del piso superior. La posición de las banquetas debe coincidir con los espacios entre las ventanas del piso superior.

5.1.3. La formación de vano mediante técnicas de apeo.

El procedimiento es el siguiente:

- Apertura de varios agujeros en la pared.
- Instalación de perfiles tipo IPN de manera perpendicular a la pared.
- Instalación de una estructura metálica de apeo bajo cada perfil transversal.
- Apertura del vano.
- Hormigonado de la viga definitiva.
- Supresión de los perfiles.



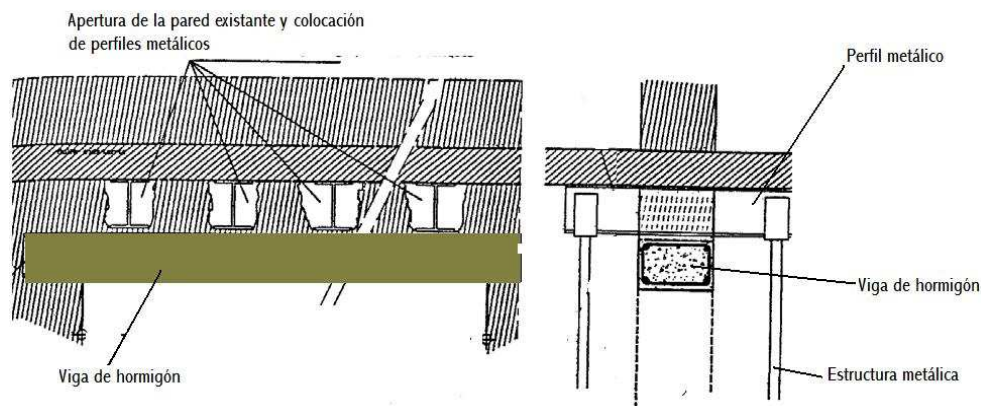
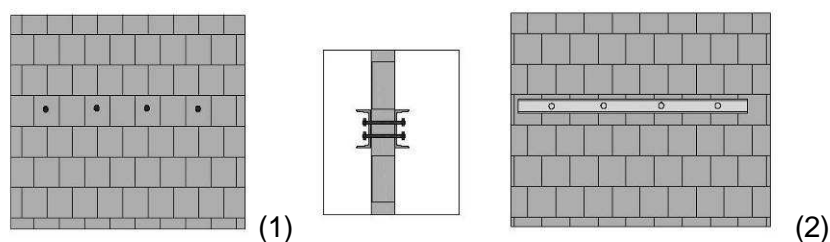


Fig. 5.5. Construcción de un dintel mediante apeos

5.1.4. La formación de vano mediante la técnica de U intercalados.

Los U intercalados están constituidos por 2 perfiles metálicos con una sección transversal en forma de U. Se instalan de forma paralela y encierran una pared. La formación de vano mediante esta técnica consiste en:

- Realización de agujeros en la pared para el paso de tornillos. (1)
- Instalación de los perfiles mediante los tornillos. Se instala uno a cada lado de la pared de forma paralela. (2)
- Apertura del vano por debajo de los perfiles tipo U. (3)
- Construcción de un dintel en hormigón armado debajo de los perfiles tipo U (4).
- Supresión de los perfiles tipo U (5).
- Obturación de los agujeros creados para el paso de los tornillos.



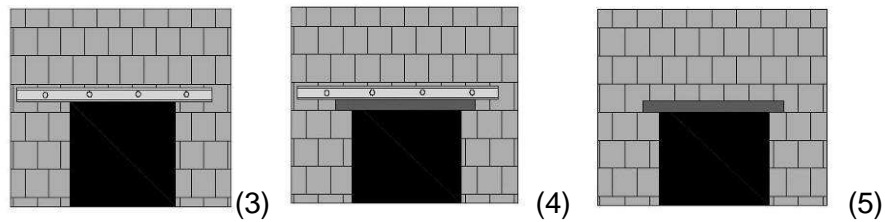


Fig. 5.6. Construcción de un dintel mediante perfiles U intercalados

5.2. La deconstrucción de paredes

5.2.1. La deconstrucción de paredes mediante la técnica de apeo de forjados

El procedimiento para la deconstrucción de paredes utilizando la técnica de apeo de forjados es el siguiente:

- Apertura de una o varias rozas verticales en la pared que se desea deconstruir. El número de rozas dependerá de la extensión de la pared (1).
- Instalación de pilares en el interior de las rozas y de una zapata en la zona inferior (2).
- Instalación de un apeo que soportará la carga de los forjados más altos (3).
- De-construcción de la pared, las cargas serán soportadas por los pilares (4).
- Apertura de rozas en el suelo e instalación de vigas en ellas. Las vigas tendrán su apoyo en los pilares y en la pared exterior (5).
- Retirada del apeo y repetición de las etapas precedentes para cada uno de los pisos inferiores que se desean deconstruir (6).



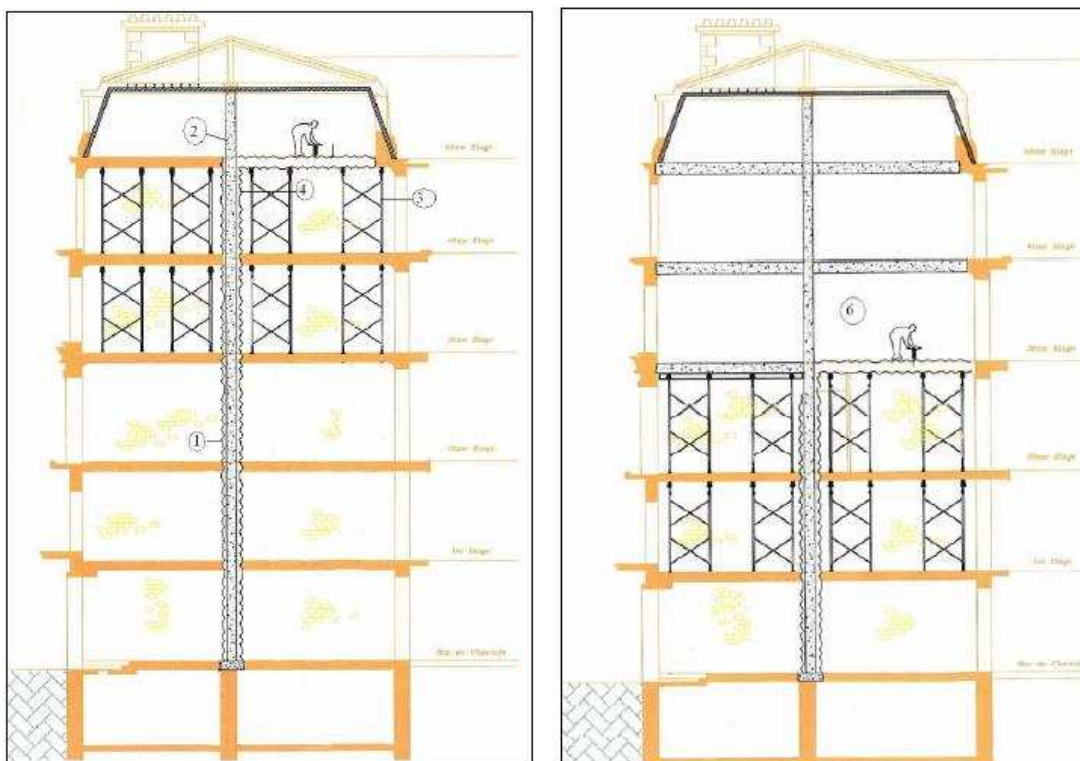


Fig. 5.7. Deconstrucción de paredes mediante el apeo de forjados

5.2.2. La deconstrucción de paredes mediante la técnica de las banquetas.

El modo operatorio es el siguiente:

- Apertura de agujeros en la pared e inserción de banquetas en ellos.
- De-construcción de la pared existente entre las banquetas.
- Construcción de la viga a lo largo de las banquetas: colocación de las armaduras, encofrado y hormigonado de la viga.
- En este momento las cargas de la viga son soportadas por la pared que se desea deconstruir. Así pues se instalarán unos pilares antes de proceder a la demolición. El pilar deberá apoyarse sobre una cimentación.
- Demolición de la pared bajo la viga hormigón.



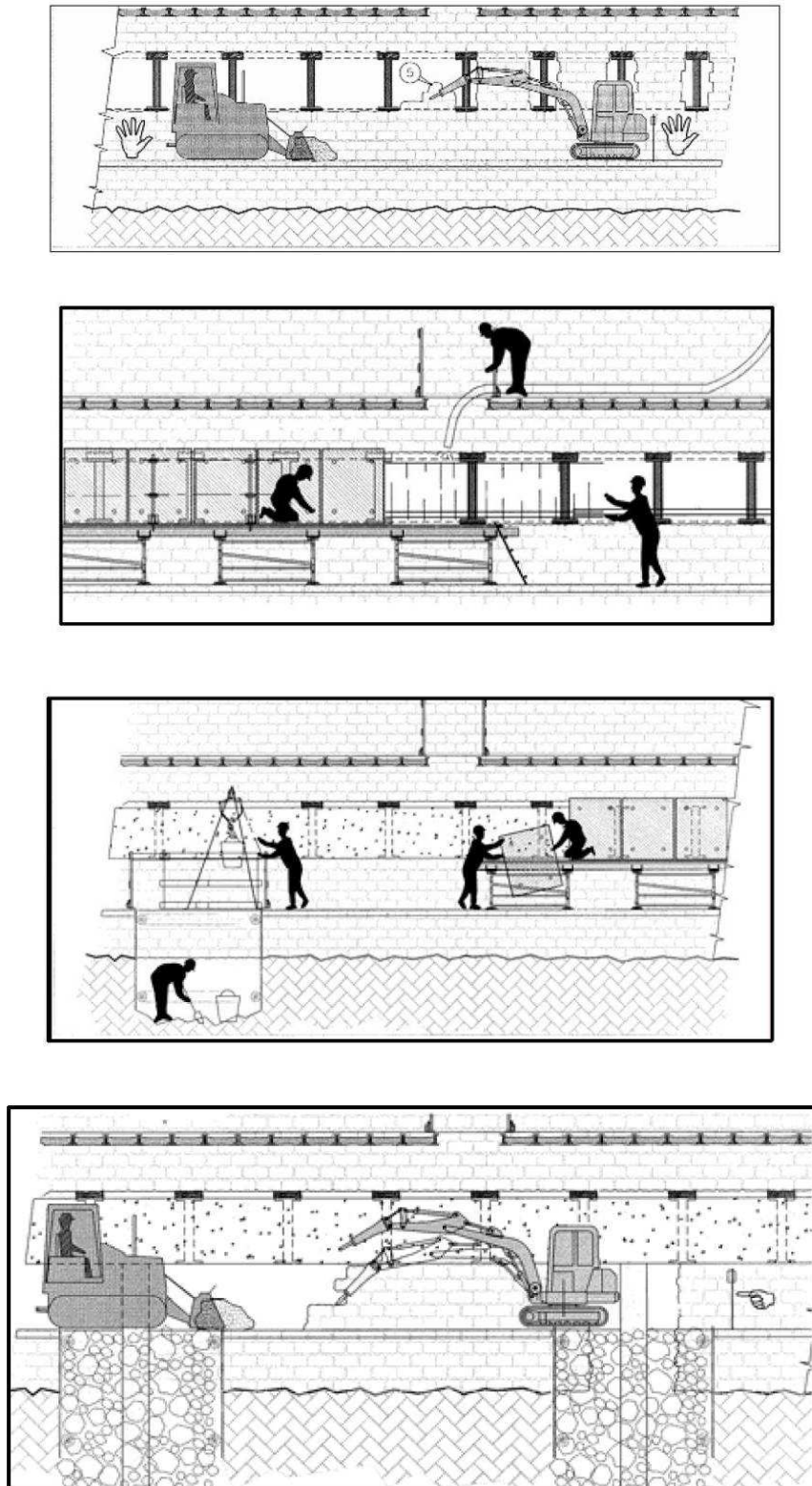


Fig. 5.8. Deconstrucción de paredes mediante banquetas



5.3. Demolición de pilares.

5.3.1. Demolición de pilares mediante la técnica de banquetas

El modo operatorio es el siguiente:

- Colocación de un apeo (tipo cruz de san Andrés) sobre los huecos en parte superior del pórtico.
- Formación de agujeros en la viga existente y luego colocación de pilares de apeo.
- De-construcción de los antiguos pilares.
- Colocación de las armaduras, encofrado y hormigonado de la futura viga.
- De-construcción de los pilares de apeo y desmontaje de los cruces de san Andrés

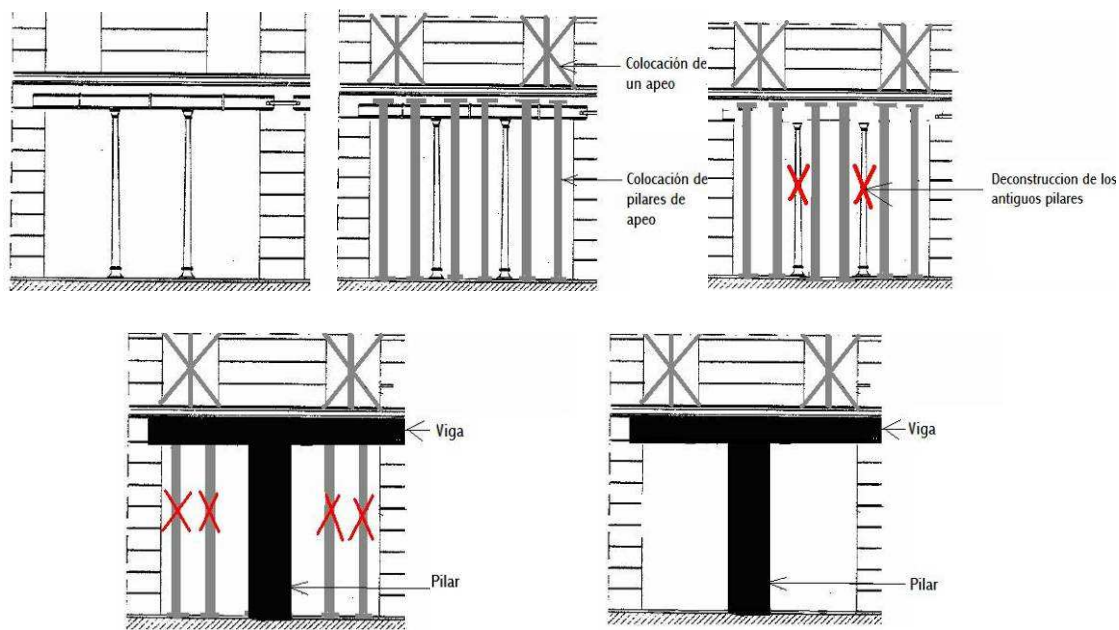


Fig. 5.9. Demolición de pilares mediante banquetas

5.3.2. Demolición de pilares con apeos.

El modo operatorio es el siguiente:



- Construcción de zapatas provisionales en parte baja del pilar que se desea suprimir (1).
- Refuerzo (a base de hormigón armado) de parte alta del pilar (2).
- Recubrimiento de la parte reforzada mediante perfiles metálicos perpendiculares a la pared (3).
- Colocación de un apeo por debajo los perfiles metálicos (4).
- Demolición del pilar (5).
- Construcción de una viga para recuperar las cargas superiores (6).
- Supresión del apeo (7).

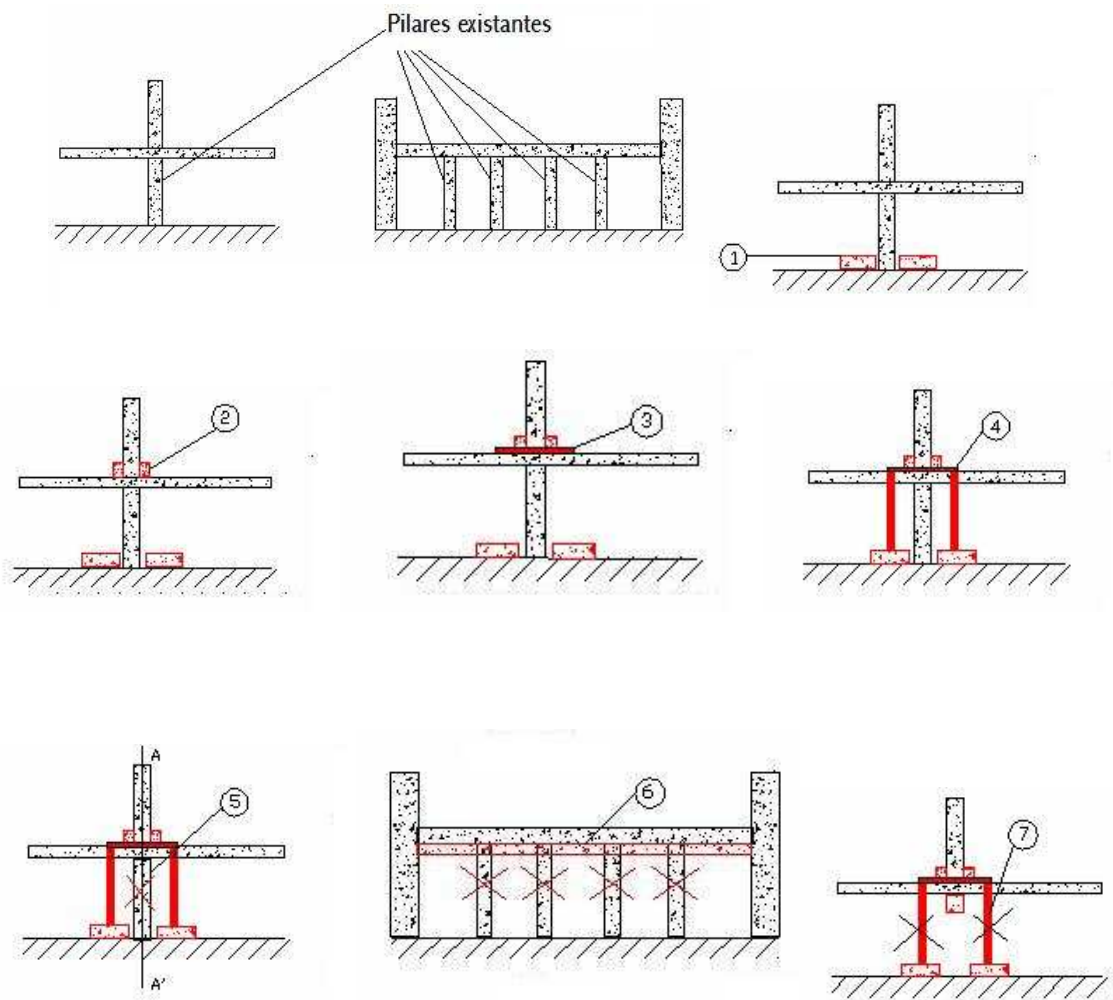


Fig. 5.10. Demolición de paredes mediante apeos





Fig. 5.11. Colocación de armaduras de la futura viga

5.4. Ahondamiento de pilares.

5.4.1. Ahondamiento de pilares con apeos

El modo operatorio es el siguiente:

- Apeo del pilar según el esquema que se presenta más abajo.
- Formación de un pozo de una profundidad equivalente a la del sótano que se desea construir.
- Construcción de un pilar con zapata y apeo del pilar creado.
- Excavación de las tierras y Construcción del forjado en hormigón armado (ver capítulo: Construcción de forjados en sótano).
- Reiteración de las etapas descritas anteriormente hasta el alcance de la profundidad deseada.



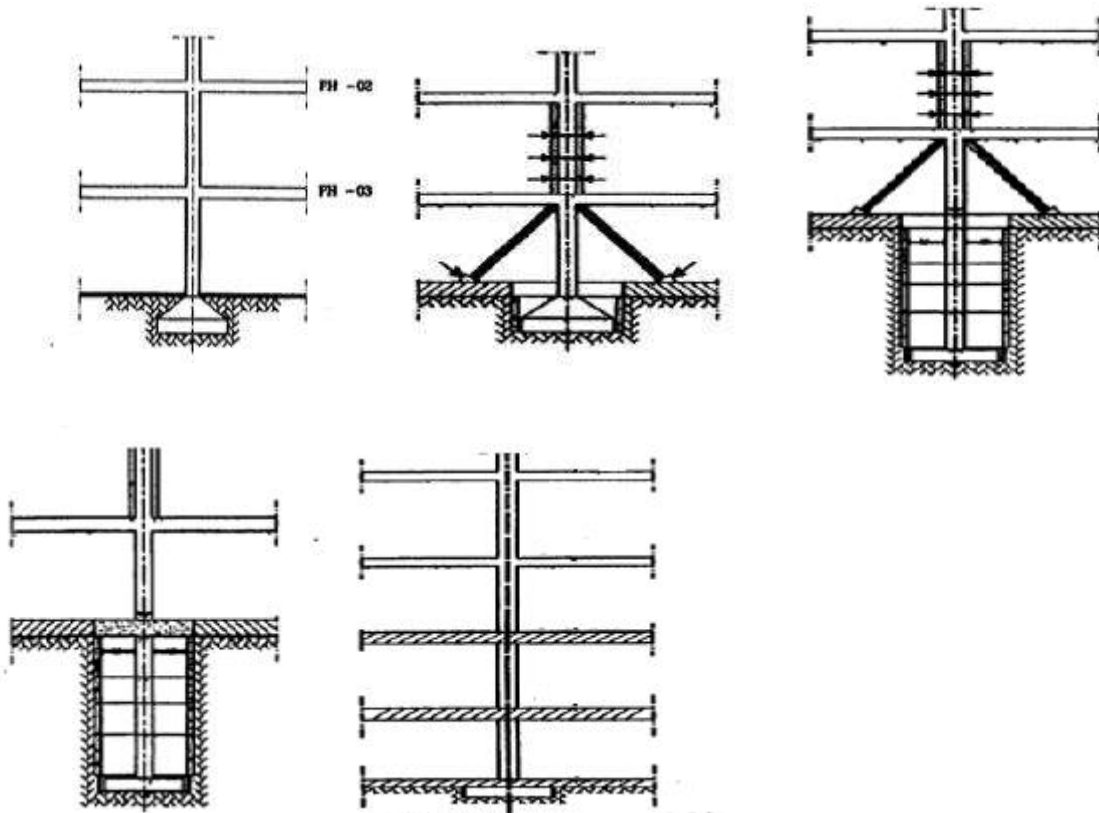


Fig. 5.12. Ahondamiento de pilares mediante apeos

5.4.2. Ahondamiento de pilares con pozos

- Excavación de 1m30 de tierra.
- Colocación de perfiles metálicos en los altos y bajos a fin de encuadrar la parte excavada.
- Colocación de tablonces de madera detrás de los perfiles metálicos para impedir los derrumbamientos de tierra.
- Reiteración de las 3 fases precedentes hasta alcanzar el fondo de la excavación.



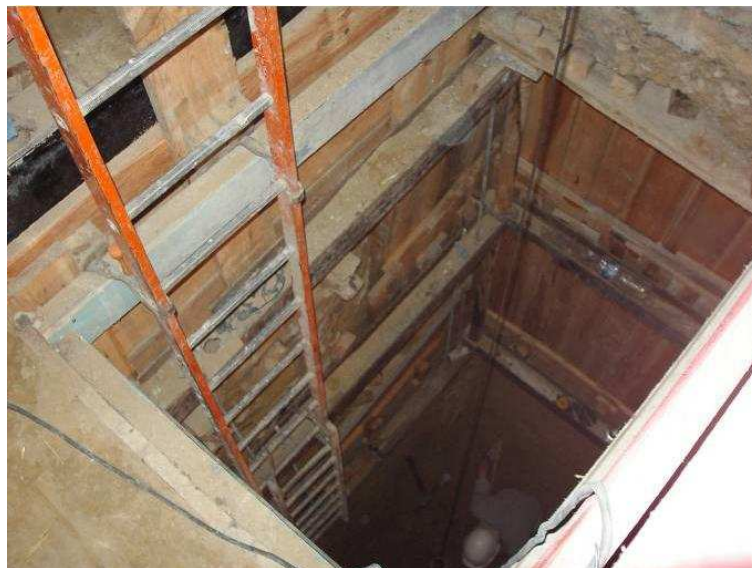


Fig. 5.13. Construcción del pozo

Una vez la excavación y el pozo hechos, realizamos el pilar:

- Construcción de la zapata del pilar.
- Colocación de armaduras del pilar y realización del encofrado subiendo hasta la parte baja del pilar que hay que hacer mas profundo.
- Hormigonado de la viga.
- Relleno del pozo con arena.
- Excavación de tierras.
- Realización de los suelos en sótano.





Fig. 5.14. Colocación de las armaduras del futuro pilar

5.5. Ahondamiento de paredes.

5.5.1. Ahondamiento de paredes con pozos

El modo operatorio es el siguiente:

- Realización de pozos de un modo alternado hasta la profundidad deseada (ver el modo operatorio de realización de un pozo blindado).
- Realización de los cimientos.
- Colocación de las armaduras y hormigonado.
- Reiteración de las primeras etapas hasta que toda la pared sea sostenida en recalce.
- Excavación hasta la profundidad del último sótano que se desea crear.
- Realización de los forjados y de la losa del último sótano.
- Desmontaje de los apeos.



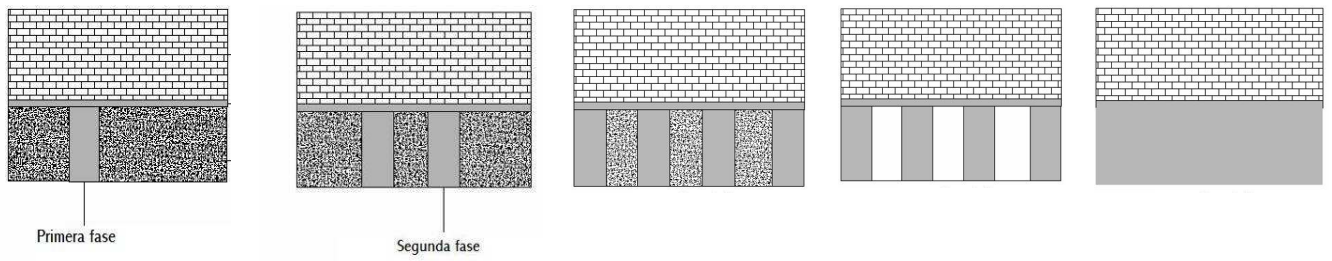


Fig. 5.15. Ahondamiento de paredes mediante pozos

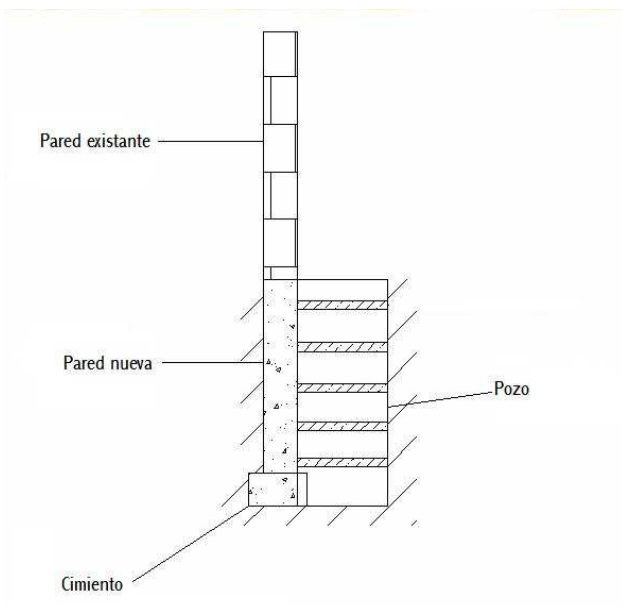


Fig. 5.16. Construcción de una pared debajo de la pared existente





Fig. 5.17. Colocación de armaduras debajo de una pared existente

5.6. Construcción de forjados de recalce.

5.6.1. Excavación en sótano

El modo operatorio es el siguiente:

- Ahondamiento de las paredes y de los pilares (ver modos operatorios posibles) (1). Durante este proceso se prevén armaduras que servirán de anclaje para el forjado.
- Excavación a una profundidad equivalente a la de una planta +1m50 (2).
- Apeo, encofrado y hormigonado del forjado. El forjado se apoyará sobre las paredes gracias a los anclajes previstos durante las fases de ahondamientos de pilares y paredes. El forjado tendrá un hueco que permitirá el paso de personas y máquinas al nivel inferior (3).
- Reiteración de la excavación, manteniendo un margen de 1m50 con respecto a la altura deseada para la nueva planta. (4).
- Hormigonado del forjado con una metodología descrita en el punto 3 y así sucesivamente para la Construcción de nuevos niveles inferiores.
- Última etapa: hormigonado de la losa del último nivel.



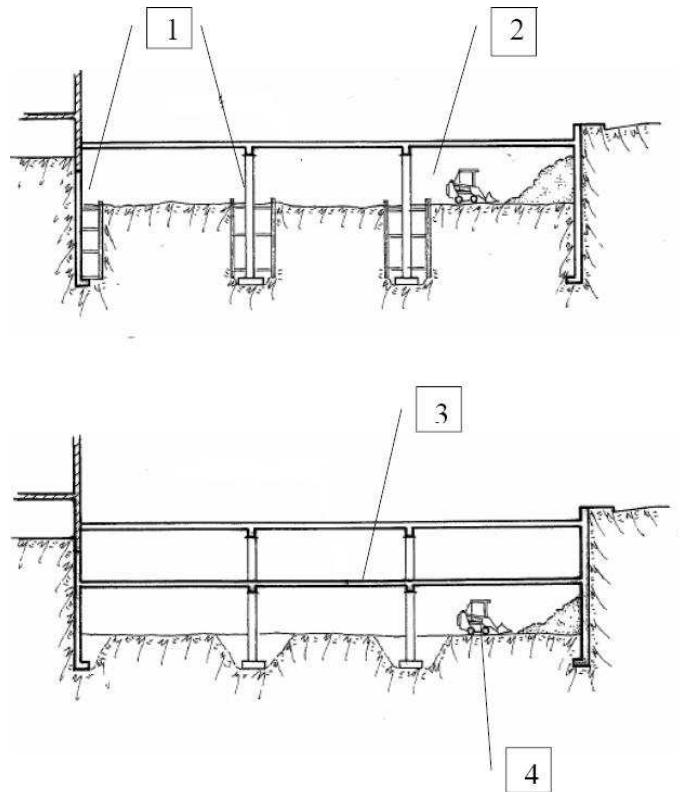


Fig. 5.18. Construcción de forjados de recalce

5.6.2. Excavación y apeo

El modo operatorio es el siguiente:

- Hundimiento de las paredes (ver modos operatorios mas arriba)
- Excavación y apeos hasta el último sótano (ver esquema mas abajo).
- Hormigonado de la losa del último sótano.
- Hormigonado de los forjados empezando por el sótano más bajo.



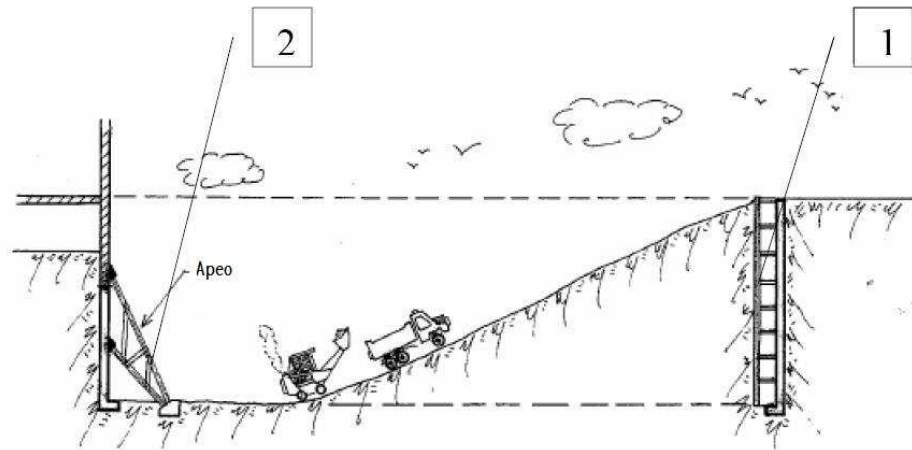


Fig. 5.19. Construcción de forjados mediante apeos

5.7. Formación de aperturas en forjados.

5.7.1. Construcción de un brochal

El modo operatorio es el siguiente:

- Apeo de la parte del forjado que se desea conservar.
- De-construcción del relleno de la zona en la que se desea realizar la apertura.
- De-construcción de las vigas situadas en interior la apertura.
- Colocación de un brochal perpendicularmente a las vigas.
- Desmontaje del apeo.

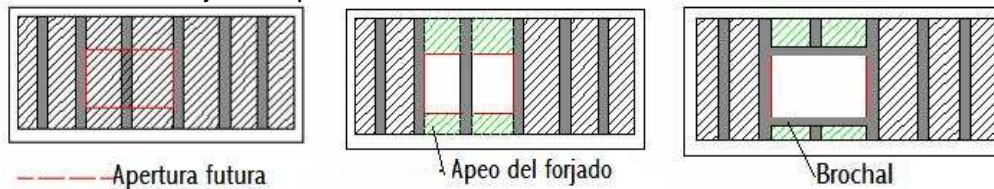


Fig. 5.20. Formación de un vano mediante la construcción de un brochal



5.7.2. Construcción de vigas

El modo operatorio es el siguiente:

- Demolición de los rellenos sostenidos por las vigas que se desean suprimir.
- Supresión de las vigas situadas en el futuro hueco.
- Colocación de nuevas vigas a los lados del hueco.
- Construcción de 2 brochales de manera perpendicular a las vigas.

Los 2 métodos pueden ser utilizados para vigas metálicas o de madera.

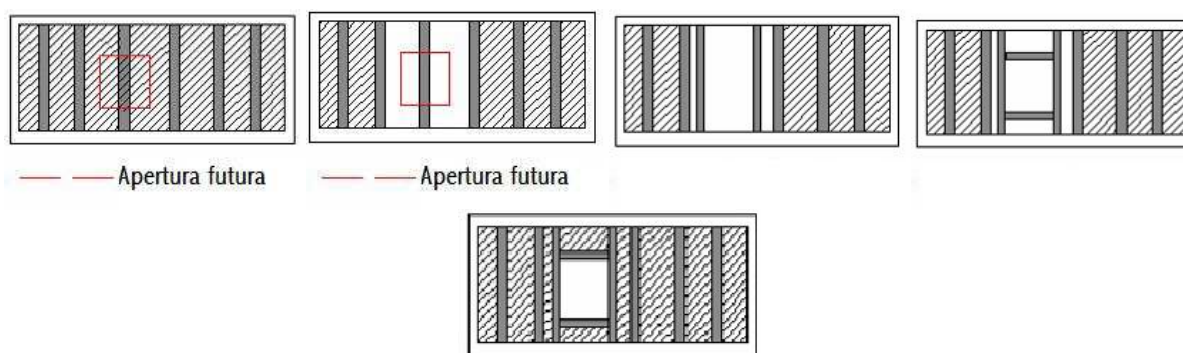


Fig. 5.21. Formación de un vano mediante la construcción de vigas

5.8. Formación de cajas de ascensor o escaleras.

5.8.1. Técnica de apeo de los forjados.

Consideramos aquí que las paredes de la caja serán fabricadas en bloques de hormigón, una técnica utilizada a menudo en los proyectos de rehabilitación. El modo operatorio siguiente puede adaptarse para permitir la utilización de tablas de encofrado o de paredes prefabricadas si estas técnicas son posibles. En el caso de estos dos últimos materiales se deberá abrir un hueco que permita el aprovisionamiento de las tablas o los prefabricados mediante una grúa.

- Colocación de barandillas alrededor de la zona de de-construcción (1).
- Para la apertura de la caja de ascensor se demolerán los rellenos de los forjados a todos los niveles (2).



- Empezando por el nivel inferior, se instalará un apeo que recuperará las cargas de los forjados (3).
- A continuación se procede a la de-construcción de los perfiles situados en la zona de la caja. Se podrán reutilizar parte de los perfiles metálicos para la construcción de la plataforma de trabajo (4).
- Construcción de la pared de la caja en bloques de hormigón hasta la altura del forjado. Anclaje del forjado a la pared mediante una armadura metálica que se rellenará de hormigón. (Etapa 6).
- Los perfiles de la plataforma de trabajo se apoyará sobre el forjado. La plataforma se colocará de manera que sus propios perfiles estén situados de forma perpendicular con respecto a los perfiles metálicos del forjado.
- Repetición de las etapas 3, 4 y 5 en los niveles superiores.
- Una vez la caja terminada se procederá al desmontaje de los apeos y la plataforma de trabajo empezando por el nivel superior.

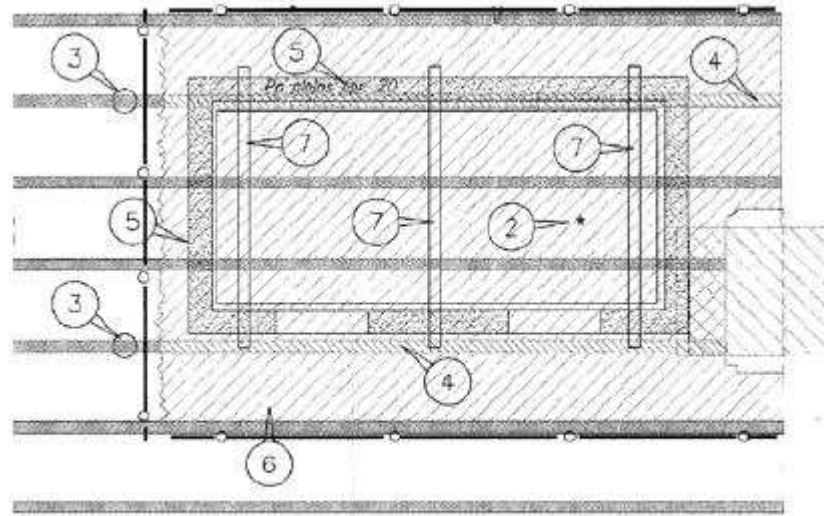


Fig. 5.22. Formación de una caja de escalera mediante el apeo de los forjados



5.8.2. Formación de la caja y de-construcción de los forjados

El modo operatorio es el siguiente:

- Construcción de las paredes de la caja empezando por el nivel inferior. Se construirá hasta el llegar a la cara inferior del primer forjado.
- De-construcción de los perfiles metálicos y del relleno del primer forjado.
- Anclaje del forjado a la pared mediante una armadura metálica que se rellenará de hormigón.
- Reiteración de las 3 primeras etapas para cada nivel.

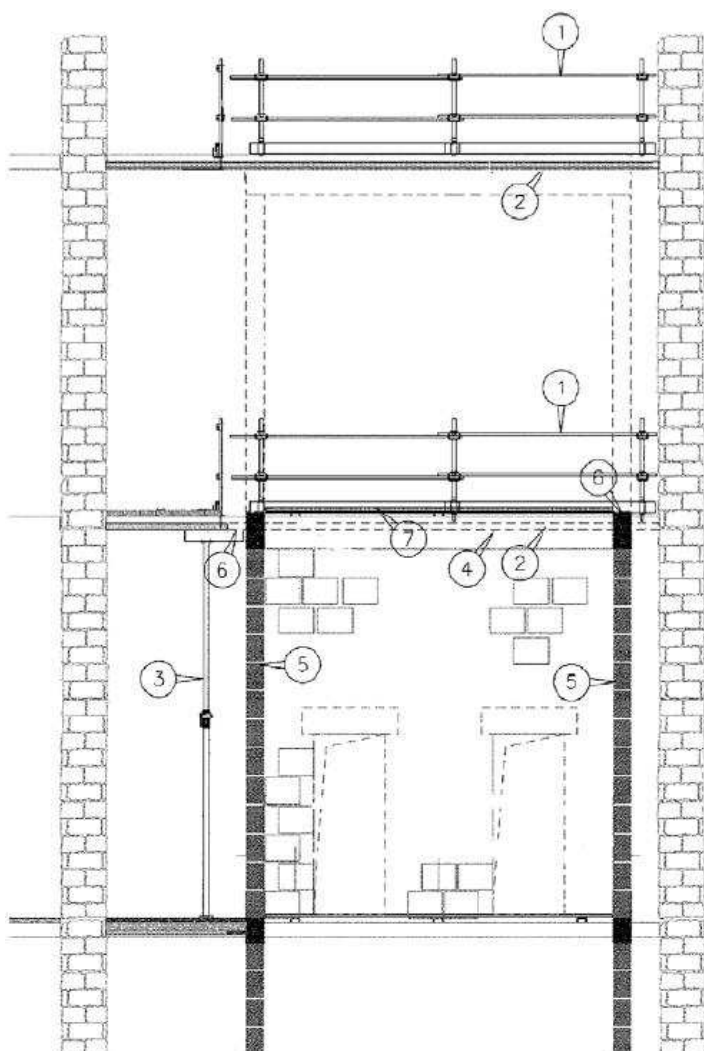


Fig. 5.23. Formación de una caja de escalera



5.9. Consolidación de forjados

5.9.1. Forjados de madera con vigas sanas

5.9.1.1. Consolidación del forjado mediante forjado mixto

Para consolidar un forjado se creará un forjado mixto que consiste en conectar las vigas de madera originales con una losa de hormigón armada nueva.

El modo operatorio es el siguiente:

- Limpieza del forjado hasta la aparición de las vigas
- Realización de perforaciones en las vigas
- Colocación de conectores en las vigas a 40mm de profundidad
- Apeo del forjado
- Colocación de armaduras de hormigonado por encima de las vigas.
- Hormigonado de la losa.

Así hemos creado un forjado mixto a partir de un forjado de madera.

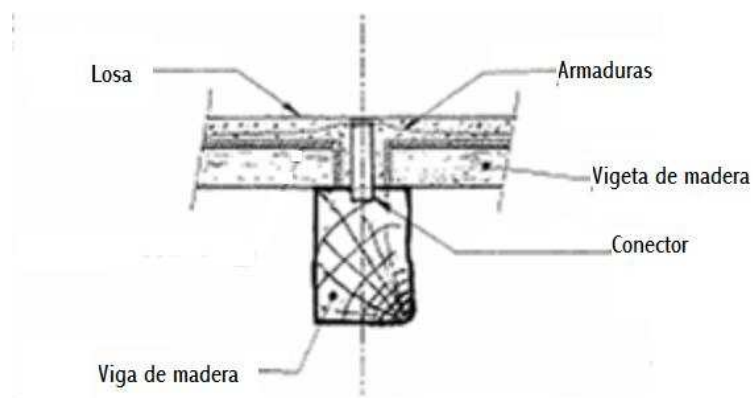


Fig. 5.24. Consolidación de forjado mediante conectores



5.9.1.2. Consolidación de forjado mediante la consolidación de vigas

Existen 2 modos operatorios: la colocación de perfiles metálicos "U" y la colocación de una estructura metálica por debajo del forjado.

El añadido de perfiles metálicos de tipo "U" se practica del modo siguiente:

- Construcción de anclajes en las paredes de apoyo de la viga.
- Colocación de perfiles metálicos "U" a lo largo de las vigas y con un apoyo en los anclajes creados.
- Colocación de una pintura intumescente sobre los perfiles.

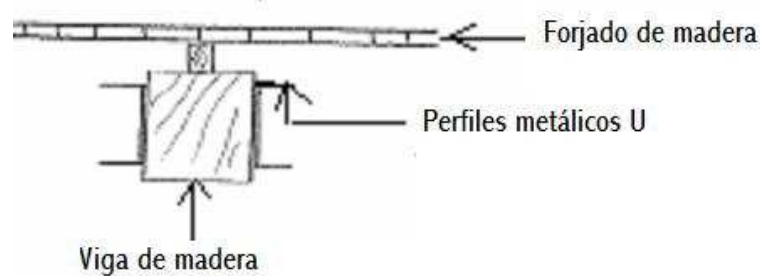


Fig. 5.25. Consolidación de forjados mediante la consolidación de vigas

La colocación de una estructura metálica debajo del forjado consiste en el método siguiente:

- Construcción de anclajes en las paredes de apoyo de las vigas.
- Instalación de apoyos de hormigón e por debajo de los anclajes.
- Instalación de nuevas vigas en paralelo a las vigas existentes con apoyo en los anclajes.
- Instalación de vigas transversales y empotramiento de las vigas de los lados extremos.



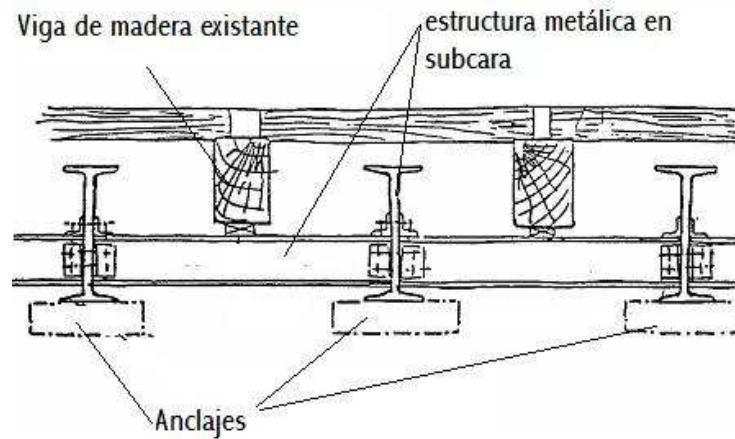


Fig. 5.26. Colocación de una estructura metálica debajo del forjado

5.9.2. Forjados metálicos

5.9.2.1. Consolidación del forjado.

La primera técnica clásica consiste en añadir vigas de hormigón debajo del forjado.

La segunda técnica, más original, es crear un forjado mixto. Véase la metodología explicada a continuación:

- Depósito de bolas de arcilla entre las vigas para tener un encofrado plano
- Colocación conectores sobre las vigas.
- Colocación de armaduras de la losa.
- Hormigonado de la losa.



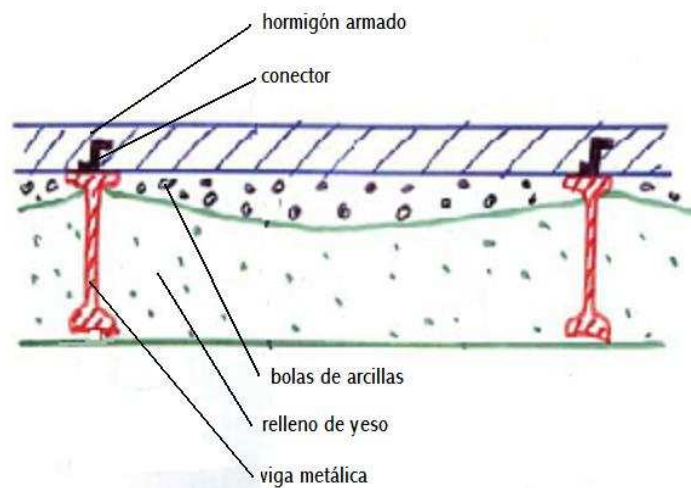


Fig. 5.27. Consolidación de forjados mediante conectores

En último lugar, se puede consolidar un forjado mediante la técnica de "vigas ahogadas" (ver esquema). Se llama viga ahogada a la viga que tiene su inicio en el interior del forjado en lugar de empezar en la cara inferior de éste.

- La viga ahogada se instalará entre dos vigas existentes. Se procede inicialmente al vaciado del relleno que existe entre las dos vigas.
- Formación de anclajes con apoyo de hormigón en la pared perpendicular a las vigas.
- Instalación del encofrado de la viga por debajo del forjado.
- Instalación y hormigonado de las armaduras de la nueva viga.



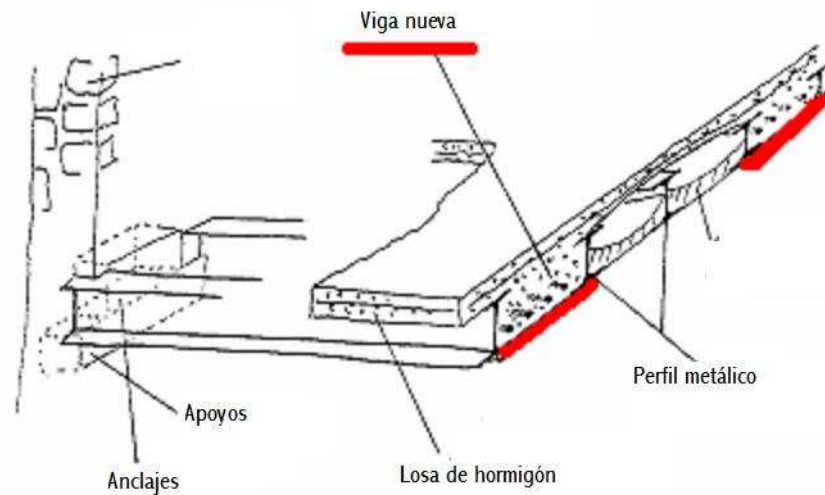


Fig. 5.28. Construcción de “vigas ahogadas”

5.9.2.2. Consolidación de vigas

Existen dos técnicas para la consolidación de vigas: la soldadura (o la unión atornillada de elementos metálicos) y el añadido de hormigón armado.

La soldadura, o unión atornillada de elementos metálicos, consiste en añadir elementos metálicos por debajo o bien a los lados de las vigas:

- Formación de anclajes en la pared perpendicular a las vigas añadidas.
- Construcción de apoyos de hormigón debajo de los anclajes.
- Unión de los perfiles metálicos mediante tornillos.
- Recubrimiento con una pintura intumescente.



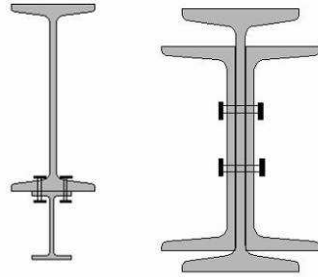


Fig. 5.29. Consolidación de vigas mediante estructura metálica

El añadido de hormigón armado consiste en:

- Instalación de conectores para conectar el perfil metálico de los forjados con las nuevas armaduras de la viga.
- Instalación de las nuevas armaduras gracias a los conectores.
- Apertura de una roza en la losa para permitir la introducción de hormigón
- Encofrado de la viga nueva
- Hormigonado a través de la roza creada en la losa.

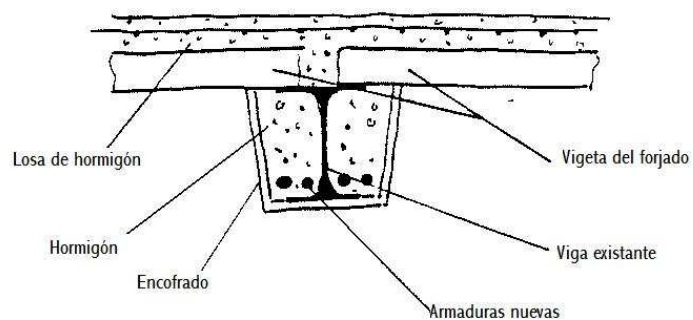


Fig. 5.30. Consolidación de vigas mediante hormigón armado



5.9.3. Forjado en hormigón armado

5.9.3.1. Consolidación del forjado

5.9.3.1.1 Consolidación por fibras de carbono

Una técnica cada vez más empleada últimamente es el añadido de fibras carbonadas. Esta nueva técnica aparecida recientemente en la industria de la construcción consiste en añadir fibras de carbono por debajo del forjado. Las fibras de carbono se solidifican en la viga con la ayuda de resinas epoxi. Material fácil de transportar y ligero, las fibras de carbono presentan numerosas ventajas, su precio elevado es el único inconveniente.



Fig. 5.31. Consolidación por fibras de carbono

Existen dos otras técnicas que consisten en añadir vigas de hormigón o una estructura metálica debajo del forjado.

Para añadir vigas de hormigón, el método es el siguiente:

- Formación de anclajes en las paredes adyacentes
- Instalación de las armaduras de las vigas que se conectarán a la antigua losa
- Apertura de rozas en la losa para el hormigonado.
- Hormigonado de las vigas

Para añadir una estructura metálica debajo de una losa, procedemos como en el caso de un forjado de madera (ver más alto).



5.9.3.2. Consolidación de vigas

Las técnicas son las siguientes: hormigón proyectado, consolidación con hormigón armado, encerramiento de la viga con perfiles metálicos, fibras de carbono.

Para proyectar hormigón, colocamos conectores en la viga que hay que reforzar, luego fijamos una armadura de reparto para proyectar el hormigón.

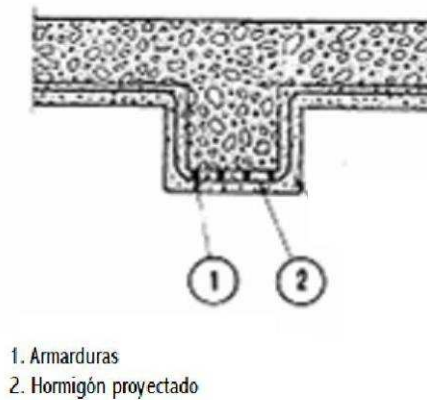


Fig. 5.32. Consolidación de vigas mediante hormigón proyectado

Para consolidar con hormigón armado, el modo operatorio es el siguiente:

- Formación de rozas en la antigua losa.
- Anclajes de armaduras entre la antigua y la nueva viga
- Encofrado de la nueva viga.
- Hormigonado de la viga a través las rozas.



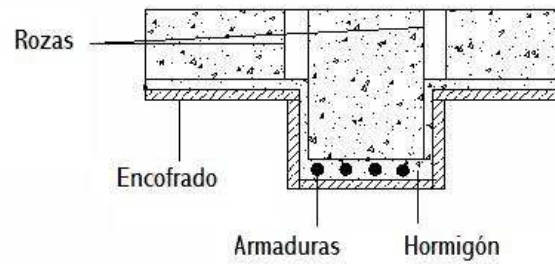


Fig. 5.33. Consolidación de vigas mediante hormigón armado

La técnica del encerramiento con perfiles metálicos es la siguiente:

- Formación de anclajes en la pared a nivel de los apoyos previstos para los perfiles.
- Perforaciones de la viga hormigón
- Instalación de los perfiles
- Encerramiento de la viga por atornillado de los perfiles
- Pintura intumescente de los perfiles.

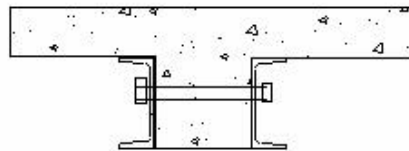


Fig. 5.34. Consolidación de vigas mediante estructura metálica

Para reforzar también podemos utilizar fibras de carbono. El modo operatorio es entonces idéntico al de la consolidación de forjados.



5.10. Consolidación de pilares

5.10.1. Pilar metálico

5.10.1.1. Consolidación de un pilar metálico con camisa de hormigón armado

El modo operatorio es el siguiente:

- Soldadura de las armaduras sobre el pilar metálico
- Encofrado
- Hormigonado

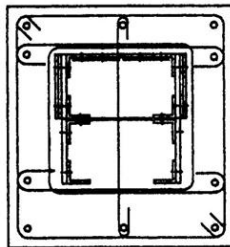


Fig. 5.35. Consolidación de pilar mediante camisa de hormigón armado

5.10.1.2. Consolidación de un pilar metálico con soldadura/ o tornillamiento de elementos metálicos

Según la dirección del pandeo, escogemos una de las soluciones siguientes:

- Colocación de perfiles U al nivel del alma del perfil H:
- Colocación de perfiles U al nivel de la ala del perfil H



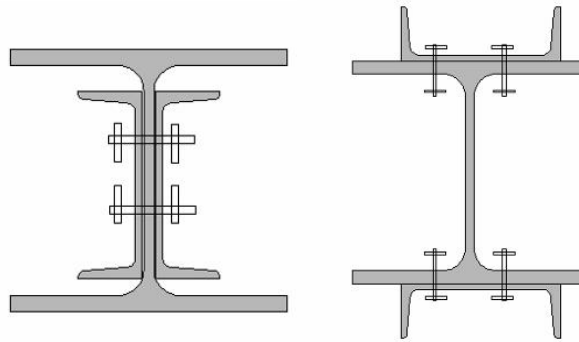


Fig. 5.36. Consolidación de pilar mediante estructura metálica

5.10.2. Consolidación de un pilar de hormigón armado.

La técnica más utilizada es la de la camisa en hormigón armado:

- Decapado del pilar
- Anclajes de las armaduras.
- Realización del encofrado y hormigonado del pilar.
- Relleno de hormigón entre la altura del nuevo pilar y el techo para asegurar la bajada de carga

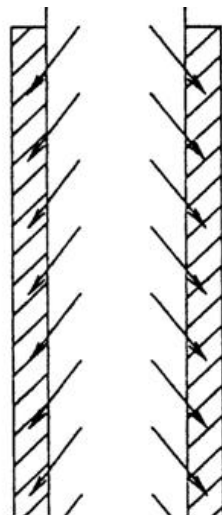


Fig. 5.37. Consolidación de un pilar de hormigón armado mediante camisa de hormigón



6. Memento de las técnicas de rehabilitación.

Esta parte se aconseja cual es la técnica mas adaptada para realizar por cada caso: una Formación de vano, una supresión de pared, una supresión de pilar, un hundimiento de pared o de pilar, una creación de construcción de recalce, una formación de apertura en un forjado, una formación de caja de ascensor o de escalera, un fortalecimiento de forjado o de pilar.

6.1. Formación de vano

6.1.1. Criterios: tamaño y material constitutivo de la pared

Los modos operatorios que hemos estudiado en el párrafo 6.1 para la formación de vanos no son todo utilizable en todos los casos; ver el cuadro recapitulativo según el material constitutivo de la pared y la dimensión del vano:

	Estructura de madera	Mampostería	Piedra de sillería	Ladrillos macizos	Bloques de hormigón	Hormigón
Vano < 1,5m	Perfiles U intercalados	Perfiles U intercalados	Perfiles U intercalados	Perfiles U intercalados	Banqueta	Un dintel no es necesario
Vano > 1,5m	Perfiles U intercalados	Banqueta	Banqueta	Banqueta	Banqueta	Banqueta

También los métodos alternativos siguientes pueden ser utilizados si los recursos financieros de la obra son más limitados:

	Estructura de madera	Mampostería	Piedra de sillería	Ladrillos macizos	Bloques de hormigón	Hormigón
Vano < 1,5m	No alternativa	Aperturas de rozas	Aperturas de rozas	Apeo	Apeo	Un dintel no es necesario
Vano > 1,5m	No alternativa	Apeo	Apeo	Apeo	No alternativa	Apeo



6.1.2. Condiciones de utilización de cada técnica.

6.1.2.1. Estructura de madera

Para la formación de vanos en una pared de estructura de madera, la sola técnica posible es la de perfiles U intercalados; es en efecto la única que puede asegurar la continuidad de la bajada de cargas en fase provisional.

6.1.2.2. Mampostería

Con paredes de mampostería, varias técnicas son posibles:

- Las banquetas: método más rápido, menos inconveniente y con más seguridad para el obrero. Atención este método puede ser costoso (coste de las banquetas elevadas).
- Perfiles U intercalados: método costoso, pero puede ser interesante porque la estética final es la más interesante.
- Apeo: técnica que necesita mucho sitio en la obra, el apeo puede ser interesante sobre la obra para tener bajada de carga provisional diferente de la futura pared.
- Aperturas de rozas: son desaconsejadas en las paredes de mampostería porque en el momento de la deconstrucción de la mampostería, se domina muy mal la profundidad de la roza: el riesgo de destruir más de un semi-dintel es importante y esto puede perjudicar a la estabilidad de la obra. El método es además muy duro para el obrero.

6.1.2.3. Piedra de sillería

Las técnicas posibles son las mismas que para la mampostería. Privilegiaremos siempre el método de las banquetas. Las ventajas y los inconvenientes de las diferentes técnicas son las mismas. La técnica de la apertura de rozas puede ser utilizada para la piedra de sillería porque la piedra de sillería es más sólida, el riesgo de destruir una parte demasiado importante del dintel es más débil que para la mampostería.

6.1.2.4. Ladrillos macizos

Las técnicas son las mismas que para la mampostería y la piedra de sillería excepto que no se podrá utilizar a la técnica de aperturas de rozas: en efecto el espesor del ladrillo es demasiado débil y no sabemos destruir solamente un semi-dintel.



6.1.2.5. Bloques de hormigón

Las técnicas son las mismas que para las paredes en ladrillos macizos.

6.1.2.6. Hormigón armado

A causa de la resistencia elevada del hormigón, utilizaremos técnicas precedentes solamente para aperturas de vanos superiores a 1,5m. Las aperturas de rozas son imposibles en las paredes de hormigón (espesor demasiado débil de la pared). Las banquetas son el mejor método posible, podremos utilizar apeos si disponemos del sitio necesario.

6.2. Deconstrucción de paredes

Las 2 técnicas vistas anteriormente para la deconstrucción de una pared son: el apeo de los forjados y las banquetas. Estas técnicas no son utilizadas en los mismos casos: la técnica del apeo de los forjados sirve para suprimir una pared de un nivel dado hasta el último piso de un edificio, la técnica de las banquetas permite suprimir una pared bajo la viga creada (es decir de un piso dado hasta el nivel más bajo del edificio).

6.3. Deconstrucción de pilares

Los apeos permiten sostener cargas más importantes que las banquetas, si tenemos una hilera de pilares que hay que suprimir, será más interesante realizar un apeo para cada pilar que multiplicar el número de pilares con la técnica de las banquetas: utilizaremos pues la técnica de las banquetas para sostener cargas poco importantes (supresión puntuales de pilares) y la técnica de los apeos cuando debemos suprimir hileras de pilares con una bajada de carga importante.

6.4. Ahondamiento de pilares y paredes.

6.4.1. Ahondamiento de pilares

Una cuestión importante en el momento de ahondar un pilar o una pared es si el suelo contiene agua. Si el suelo no contiene agua, la técnica menos costosa será realizar un apeo del pilar luego un pozo bajo el pilar (las cargas no bajaran al pozo en fase provisional gracias al apeo). Si existe agua presente en el suelo entonces la técnica precedente puede ser utilizada pero deberemos entonces utilizar una bomba en el momento de la realización del pozo. Si mucha



agua está presente, puede ser problemático: pérdida de tiempo y de dinero a causa del uso intensivo de la bomba.

6.4.2. Ahondamiento de paredes

Sola la técnica de los pozos permite de ahondar las paredes.

6.5. Construcción de forjados en recalce

La excavación en recalce puede ser efectuada por dos maneras diferentes: excavación en sótano o con apeo. Para la construcción de un número importante de forjados en recalce, el tamaño de los apeos se vuelve desmesurado y la obra no puede acogerles. Privilegiaremos pues los apeos para la excavación en alturas de 2 suelos, más allá privilegiaremos las excavaciones en sótano: esto aumenta la duración de la excavación pero permite liberar pisos por los acabados.

6.6. Formación de aperturas en forjados.

6.6.1. Forjados de madera o metálicos

Las 2 técnicas utilizadas: construcción de un brochal o construcción de nuevas vigas se emplean según la dimensión de la apertura que se desea crear. Si el tamaño de la apertura corresponde al espaciamiento entre dos vigas, utilizamos la técnica de construcción de un brochal, si la apertura es más pequeña entonces creamos nuevas vigas.

6.6.2. Forjados en hormigón armado

6.6.2.1. Forjados de viguetas

En el caso de un forjado de viguetas, hay que examinar si las vigas soportes son pre-tensadas. En el caso positivo, debemos crear nuevas vigas (no sabemos crear brochales). En el caso contrario, privilegiaremos la construcción de un brochal.

6.6.2.2. Forjados pre-tensados

En el caso de forjados pre-tensados, no podemos modificar el pre-tensado, también escogeremos la construcción de nuevas vigas.



6.6.2.3. Forjado mixto

En el caso de un forjado mixto, escogeremos una solución de construcción de brochal.

6.6.2.4. Hormigón armado

Según el tamaño de la apertura que hay que realizar, deberemos crear nuevas vigas de refuerzo en el sentido portador del suelo.

6.7. Formación de cajas de ascensor o escalera

6.7.1. Formación del vano

Para crear el vano, la técnica más rápida es la del apeo de los forjados, también podremos escoger crear la caja portadora de los forjados y luego hacer la deconstrucción de los antiguos forjados: esta técnica será utilizada si la obra falta de sitio para utilizar el método del apeo de los forjados.

6.7.2. Paredes de la caja

Normalmente, las paredes de la caja son fabricadas con bloques de hormigón, según el método tradicional. Pero si la obra dispone de una grúa, dos técnicas podrán ser estudiadas:

- Tableros de encofrado: técnica más rápida que los bloques de hormigón.
- Paredes prefabricadas: la técnica más rápida, pero también más cara.

6.8. Consolidación de forjados y vigas.

6.8.1. Estructuras de madera

6.8.1.1. Consolidación de forjados

Si las vigas son sanas, la única técnica conocida y utilizada es el procedimiento Sylvabat visto anteriormente. Si las vigas no son sanas, la única solución es crear un forjado en hormigón armado, o por parte superior del suelo forjado de madera existente, o al mismo nivel después de la deconstrucción del forjado.



6.8.1.2. Consolidación de vigas

Si la viga es accesible y sana, utilizaremos la técnica encerramiento de la viga por perfiles metálicos U. Si la viga no es accesible, utilizaremos a la técnica de colocación de una estructura metálica en cara inferior de la viga existente.

Si la viga no es sana, el único método posible es añadir una estructura metálica en la cara inferior.

6.8.2. Estructuras metálicas

6.8.2.1. Consolidación de forjados

Tenemos 3 técnicas posibles:

- La construcción de un forjado mixto: técnica más a menudo utilizada, rápida y poco costosa. La construcción de un forjado mixto no permite de sostener futuras cargas de explotación del edificio a ella solo, de donde la necesidad de las 2 otras técnicas aquí abajo.
- La colocación de vigas en cara inferior del forjado: método costoso pero a veces necesario puntualmente para sostener cargas importantes. La colocación de vigas sobre toda la superficie del forjado no es jamás utilizada: problema de altura de las redes técnicas.
- Construcción de vigas en hormigón armado los perfiles metálicos: poco onerosa, esta técnica es complementaria a la construcción de un forjado mixto.

6.8.2.2. Consolidación de vigas

Dos métodos son posibles: colocación de elementos metálicos y el hormigonado de una viga. El método de colocación de elementos metálicos es a menudo más costoso (coste del acero elevado) y menos rápido. Es por eso que privilegiamos la construcción de una viga en hormigón armado.

6.8.3. Forjados y vigas en hormigón armado

6.8.3.1. Consolidación de forjados

5.8.3.1.1. Forjados de viguetas



¿Dónde podemos perder altura? Si es por encima del forjado existente: haremos una nueva losa de hormigón armado por encima de la antigua. Si por debajo del suelo, podremos añadir vigas hormigón o una estructura metálica. Si es imposible perder altura: las fibras de carbono son el único método posible. Sin embargo, el uso de fibras conlleva dos inconvenientes: coste elevado e imposible utilizar para una consolidación más importante del 25% de la resistencia inicial.

5.8.3.1.2. Forjados mixtos o pretensados

Es el mismo caso que el anterior.

6.8.3.2. Vigas de hormigón armado

Las fibras de carbono son la solución más cara y la menos utilizada. Pero podremos utilizarla para no perder altura en el momento del fortalecimiento de la viga. Las dos otras técnicas utilizadas son: el encerramiento de la viga con perfiles metálicos U y el hormigonado de una viga (más barata en muchos casos).

6.9. Consolidación de pilares

6.9.1. Pilar en hormigón armado

La colocación de una camisa en hormigón armado es la solución más económica. En cambio, el fortalecimiento con perfiles metálicos es más fácil a realizar.

6.9.2. Pilar metálico

La colocación de una camisa en hormigón armado es el único método posible.



7. Cronología de la construcción

En esta sección se presenta la cronología típica de un proyecto de renovación de un edificio. Esta cronología tiene que ser adaptada a casos específicos.

- Fase 1: Conocimiento de la estructura existente (duración habitual: 3 meses).

Se debe tener en cuenta que a menudo una obra de renovación empieza inmediatamente después de que el ocupante de la propiedad la libere. El trabajo empieza dentro de un edificio que todavía tiene cielos rasos, moqueta y tabiques. El primer trabajo consiste en quitar el plomo y el amianto (ver capítulo "impacto medioambiental"), y en poner a nudo la estructura del edificio. Una vez hecho, se dibujan los planos de la estructura existente. Esta fase es muy importante puesto que conocer la estructura perfectamente, es necesario para poder hacer los planos de la construcción. Por ejemplo, es necesario conocer como bajan las cargas de los forjados en las paredes para poder dimensionar las vigas, o bien, cuales son los perfiles que constituían los forjados para poder conocer el tamaño de los conectores utilizados para consolidarlos.

- Fase 2 : Trabajos estructurales (duración habitual: entre 6 y 12 meses)

Una vez la Fase 1 completada, se pueden empezar todas las modificaciones estructurales del edificio. A continuación, se resume la cronología de las tareas.

Tipo de trabajo	Sentido de la construcción	Trabajo predecesor
Formación de vano	Ninguno	Ninguno
Deconstrucción de paredes	De arriba hacia abajo	Ninguno o consolidación de pilares (si un pilar mas debajo de la pared demolida no soporte la nueva bajada de carga)
Deconstrucción de pilares	De abajo por arriba	Ninguno
Ahondamiento de paredes o pilares	De arriba por abajo	Ninguno
Construcción de forjados de	De arriba por abajo	Ahondamiento de paredes o pilares



recalce		(para sostener los forjados construidos)
Formación de aperturas en forjados	De arriba por abajo	Ninguno
Formación de cajas de escaleras	De abajo por arriba	Ninguno
Consolidación de forjados	Ninguno	Ninguno
Consolidación de vigas	Ninguno	Ninguno
Consolidación de pilares	De abajo por arriba	Ninguno

La tabla resume los lazos usuales entre las actividades; pero cuando construimos en un edificio en fase provisional siempre se debe pensar en como van a bajar las cargas en fase provisional para no crear desordenes en la estructura. Por ejemplo si se crea un vano en una pared y en el nivel inferior existe un vano, la bajada de carga modificada puede dañar el vano existente. En ese caso se debe consolidar el dintel del nivel inferior antes de crear el vano.

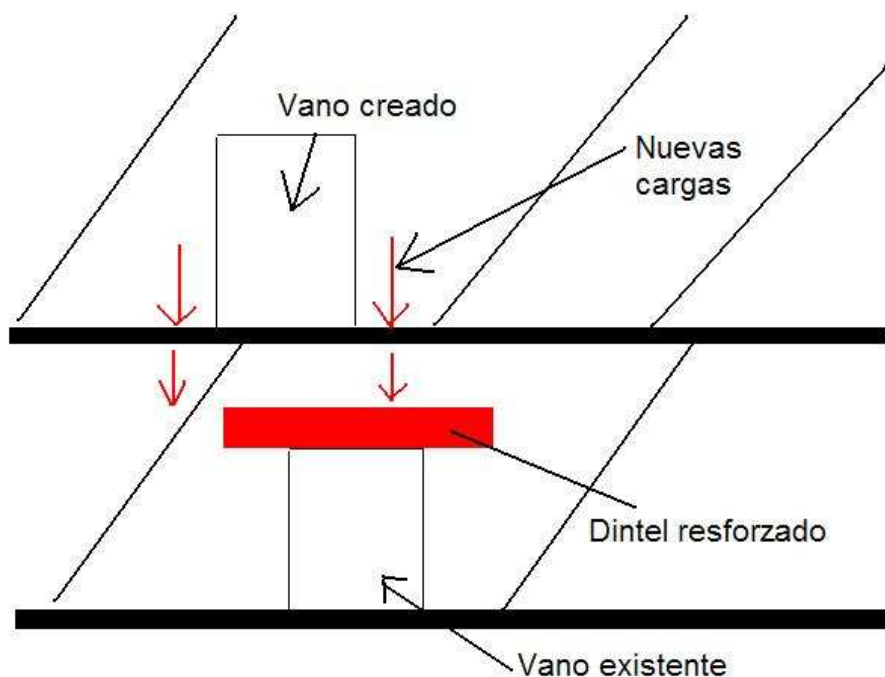


Fig. 7.1. Bajada de carga modificada y influencia sobre la estructura existente



- Fase 3 (duración habitual : entre 6 y 8 meses)

La última fase consiste en los acabados; empezando por la cubierta y las ventanas y acabando por las moquetas.



8. Impacto medioambiental y social de las obras de renovación.

8.1. Impacto medioambiental

8.1.1. Amianto y plomo

8.1.1.1. El plomo

Esencialmente presente en la pintura de los edificios del siglo XIX el plomo es responsable de enfermedades del tipo anemias o degradaciones del sistema nervioso. La pintura al plomo se utilizó esencialmente hasta 1915 y fue prohibida en Francia en 1948, Durante una renovación, la ley impone que el plomo sea retirado antes de permitir el inicio de otros trabajos en el edificio. En efecto el riesgo para la salud de los trabajadores es importante en el momento de las fases de demolición. Durante la demolición de paredes, los polvos de plomo pueden ser inhalados por los trabajadores.

Antes del comienzo de la obra, una empresa especializada realiza un diagnóstico que permite identificar las zonas en las que las pinturas contienen plomo según la ley siguiente [1]: “Un diagnóstico de riesgo de exposición a plomo presenta una identificación de los recubrimientos contenientes en plomo”. El plomo se puede retirar según los siguientes métodos:

- Recubrimiento del plomo por una capa de resina: esta solución, muy económica, es poco adaptada porque la pared tratada no podrá ser modificada en el futuro.
- Decapado de la pared con aspiración de los polvos por una central de aspiración muy potente. Esta solución es la más empleada. Costosa, ella supone el confinamiento de las zonas tratadas. Los polvos retirados son tratados en descargas de especializados.
-

8.1.1.2. El amianto

El amianto es un mineral conocido desde la antigüedad y que ha sido utilizado por sus propiedades ignífugas y aislantes a lo largo de la historia. En Francia, en el siglo XIX, la utilización del amianto como protección ignífuga se desarrolló fuertemente. Más tarde, en el siglo XX y hasta en los años '70 (fecha de la prohibición en Francia) el amianto ha sido utilizado como aislador térmico.



Las fibras de amianto, una vez en los pulmones provocan riesgos importantes para la salud: inflamaciones o cánceres. La legislación francesa prohíbe todo trabajo en una zona expuesta al amianto. Por esta razón antes del comienzo de los trabajos, una búsqueda completa y sistemática del amianto es efectuada. Una vez el diagnóstico efectuado, los trabajos de retirada de amianto comienzan; el nivel de protección de los obreros que retiran el amianto depende del tipo de amianto: fibroso (fibras muy volátiles: riesgo máximo) o sólido (fibras poco volátiles: riesgo menor) y deben seguir exámenes médicos [2]: “Un trabajador no puede estar afectado a trabajos que lo expongan a un agente cancerígeno, mutágeno o tóxico sin haber seguido anteriormente un examen con el médico de trabajo.”. Una vez retirado, el amianto es llevado a descargas específicas para ser enterrado. Ninguna solución de reciclaje ha sido encontrada de momento.



Fig. 8.1. Equipamiento utilizado para retirar amianto

8.1.2. Los residuos de la obra

8.1.2.1. Maderas y metales

En ocasiones los residuos obtenidos durante la obra pueden ser revalorizados. Este es el caso para los metales (pilares metálicos suprimidos) y la madera (forjados de madera destruidos). Es importante entonces ponerse en contacto con las descargas especializadas que serán capaces de volver a tratar estos residuos. Esta opción es interesante no sólo económicamente (las



descargas ofrecen a veces un buen precio por estos materiales) pero sobre todo para la reducción del impacto sobre el medio ambiente.

8.1.2.2. Otros residuos

Actualmente, los otros residuos como el hormigón, el yeso y la cal no se revalorizan. Existe la opción de transmitirlos a sociedades de residuos que los trituran para transformarlos en terraplenados para caminos y carreteras.

8.1.2.3. Los residuos peligrosos por el medioambiente

Los residuos como la pintura, las colas y otros que son peligrosos para el medio ambiente deben ser tratados aparte. En efecto, si son mezclados a los otros residuos (yeso, hormigón) no serán recogidos por las descargas. Estos desechos deben pues ser enviados a un centro de recogida especial.

8.1.3. La lucha contra el despilfarro

Durante la obra debemos luchar contra todas las fuentes de despilfarro: agua y electricidad principalmente. Una idea es instalar programadores horarios sobre las salidas de los circuitos eléctricos y del agua: así durante la noche ninguna energía eléctrica es despilfarrada (radiador o luz encendida) o escapes de agua que llevan a un consumo excesivo.

8.2. Impacto social: el ruido.

8.2.1. El ruido: molestias para los vecinos.

El uso de martillos neumáticos y de maquinas de demolición ocasiona ruidos ambientales más o menos fuertes. El empleo elevado de este tipo de maquinas en las obras de renovación obliga al empresario a tomar disposiciones específicas. Los niveles sonoros emitidos por las maquinas de obras son reglamentados al nivel europeo (directiva 2000 / 14 / CE). Pero, aún respetando la reglamentación de sus maquinas y materiales, las obras pueden generar ruidos ambientales para vecinos considerados como contrarios a la ley.

En efecto, no existe un valor límite de ruido que no se debe sobrepasar durante las obras. La reglamentación francesa (el artículo R. 1334-36 del código de la Sanidad Pública) precisa que las obras están en infracción si el tribunal comprueba: [3] " la insuficiencia de precauciones adaptadas para limitar este ruido ". Y el solo empleo de maquinas conforme con la reglamentación no es suficiente para justificar que todas las precauciones han sido tomadas. Es por eso que vamos a estudiar a medios simples de reducir el ruido de las obras.



8.2.2. El ruido: riesgo para la salud de los obreros

Además, aunque las maquinas empleadas estén conformes con la reglamentación europea, las obras pueden exponer a sus obreros a un ruido superior a 85dBA, que es el umbral del riesgo para la salud.

La primera protección es la protección individual. Por ejemplo un martillo neumático insonorizado hará un ruido 100dBA, y expondrá a los obreros de la obra a un riesgo para su salud (pérdida de audición). El empleo de protecciones auditivas que atenuarán por lo menos de 20dBA es entonces obligatorio para el obrero que utiliza el martillo y todos los obreros a los alrededores.

Ejemplo de protección auditiva con su cuadro de atenuación:



Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Protección (dBA)	20.5	24.9	20.9	18.8	21.8	27.7	40.7	36.2

Otra solución poco empleada pero interesante es aislar el puesto de trabajo ruidoso por pantallas portátiles acústicas. Esto presenta la ventaja de ser una protección colectiva contra el ruido: el obrero en el puesto de trabajo ruidoso conserva su protección auditiva, los obreros en los alrededores están protegidos por las pantallas. Esta solución, muy costosa actualmente, va a difundirse con la baja de los precios de las pantallas acústicas.



Fig. 8.2. Pantallas acústicas



8.2.3. Reducir los ruidos de las obras

No existe solución milagrosa para reducir los ruidos ambientales de las obras, no obstante un cierto número de medidas puede ser tomado:

Utilización de maquinas insonorizadas o maquinas eléctricas y no neumáticas (supresión del compresor motorizado térmico).

- Limitación de los recortes de materiales in situ.
- Reducción de los comportamientos individuales inútilmente ruidosos en el momento del manejo de elementos metálicos.
- Reducción de la propagación y de la reverberación de los ruidos, situando juiciosamente los puestos fijos ruidosos.
- Utilización de las instalaciones de la obra o las zonas de almacenamiento como pantalla acústica.
- Reducción de las duraciones de emisión de ruido aumentando el número de maquinas durante períodos más cortos.
- Información a los vecinos durante la duración de la obra y anunciación de las fases más ruidosas de trabajos.
- Adaptación de los ritmos de la obra a las características del barrio (zona residencial, escuelas, hospital, oficinas, actividades industriales).

8.3. Impacto medioambiental del proyecto

A continuación, se estudia el impacto medioambiental del proyecto mismo. Se describe más precisamente el CO₂ emitido por realizar el PFC.

Para realizar este proyecto se tuvieron que visitar varias obras en París (desplazamiento en automóvil), se realizó la redacción del proyecto (utilización de ordenador), se mantuvo una discusión con el director del PFC en Barcelona y se realizó la defensa (transporte aéreo París-Barcelona). 2 fuentes de energía diferentes fueron entonces utilizadas: electricidad y petróleo.

Las emisiones relacionadas con cada tipo de actividad son muy diferentes:



- Teniendo en cuenta que en Francia más de 80% de la energía eléctrica es de origen nuclear, el C02 emitido por KWh es bastante bajo: 0,09 kg/KWh. Un ordenador de potencia eléctrica de 200W emite entonces: 0,018kg C02/hora.
- Según los datos de los constructores, un Renault Clio emite aproximadamente 0,15kg C02/ km en una ciudad.
- Un avión de tipo Airbus A320, según la compañía aérea Air France, y teniendo en cuenta la ocupación mediana de un avión, emite aproximadamente: 0,1kg C02/ km/ pasajero.

	Consumo diario	Números de días	Consumo total	C02 emitido	Total
Automóvil	20 km	20	400km	0,15 kg/km	60kg
Ordenador	8 horas	30	240horas	0,018 kg/hora	4,32kg
Avión	1000km	4	4000km	0,1 kg/km	400kg

El impacto medioambiental del proyecto es causado principalmente por los desplazamientos en avión. **465kg de C02 fueron emitidos por este proyecto**, o sea un 5 % del C02 emitido por una persona viviendo en Francia al año (9 toneladas de C02 son emitidos / persona / año según Climat Mundi, empresa especializada en el desarrollo sostenible).



9. Presupuesto del proyecto

A continuación se presenta el presupuesto del proyecto planteado como estudio en el seno de una empresa constructora.

La duración total del proyecto ha sido de 9 meses en los que se han distinguido 4 fases:

- Fase de practica (PRA) : visitas de obras, encuentros con las direcciones de obras, y puesta en practica de los conocimientos adquiridos durante las visitas (4 meses),
- Fase de redacción (RED) : redacción de la memoria utilizando la experiencia (2 meses),
- Fase de corrección y validación (VAL) : corrección de la memoria con el Director (2 meses),
- Fase de cierre (CIE): redacción final, registro y presentación de la memoria (1 mes).

En todo el proyecto han participado 2 tipos de actores:

- Ayudante ingeniero: durante los 2 primeros meses de la fase práctica.
- Ingeniero: durante los 2 últimos meses de la fase practica.
- Administrativo: durante las fases de redacción.

La dedicación por fases y los costes del proyecto asociados al personal se resumen a continuación:

Personal	Coste unitario (€/h)	Dedicación					Coste personal (€)
		PRA	RED	VAL	CIE	Total	
Ayudante Ingeniero	30	200	50			200	6 000
Ingeniero	60	100	50	50	50	250	15 000
Administrativo	30		200	30	20	250	7 500



Adicionalmente, se han registrado los siguientes costes administrativos que contemplan las necesidades y recursos materiales incluidos en el proyecto.

Concepto	Coste (€)
Compra software y hardware	800
Compra camera foto	100
Transportes para visitar obras	100
Viajes a Barcelona (2 viajes)	500

El presupuesto total del proyecto es entonces de **30 000 €**.





10. Conclusión

La rehabilitación de los edificios es un campo de la construcción hecho para desarrollarse cada vez más. En efecto, gracias a las técnicas constructivas utilizadas durante los últimos siglos, los edificios antiguos poseen calidades estructurales suficientes para que sea interesante transformar el edificio y ponerlo a las normas actuales. Además, ciertos edificios antiguos tienen calidades estéticas innegables y son un reflejo de la historia de la ciudad importante de conservar. Los edificios de Haussmann particularmente forman parte del encanto de París.

Hemos estudiado a las grandes técnicas de la renovación y sus campos de aplicación. Este proyecto puede servir de guía a un ingeniero que se inicia en el dominio de la renovación para:

- Familiarizarse con las diferentes técnicas.
- Orientar su elección hacia la técnica más adecuada para la problemática a la que se ve confrontado.

El PFC también aborda las medidas simples que pueden poner en ejecución las obras de renovación para valorizar sus residuos, también incitando al empresario que adquiere nuevos reflejos de selección.

Por fin, deseaba estudiar el sujeto vasto del ruido de las obras. En efecto, delante del aumento del ruido urbano y la preocupación de los ciudadanos, un plan de acción gubernamental francés nació y nuevas reglamentaciones europeas probablemente deberían seguir muy rápidamente. Desde hoy mismo las obras deben trabajar en la reducción de sus ruidos para anticipar las futuras reglamentaciones y mejorar la vida urbana.

En continuación de este proyecto, podríamos trabajar en los estudios siguientes:

- Comparación precisa del coste de las técnicas de renovación.
- Estudio del mercado de la renovación en Barcelona y comparación de la estructura de los edificios antiguos barceloneses con la de los edificios parisinos para estudiar la posibilidad de ejecución de las técnicas de este PFC en Barcelona.



11. Agradecimientos

Desearía en primer lugar agradecer al Profesor Pere Alavedra Ribot, por haber aceptado seguir mi proyecto y ser mi director.

También agradezco al señor Pascal MAVRE, responsable de obras en Bouygues Bâtiment Ile de France, haberme acogido durante estos ocho meses en su servicio y haberme propuesto esta experiencia interesante y formadora.

Quiero también agradecer a todo el personal de la empresa de Bouygues Bâtiment Ile de France, que dispusieron de tiempo para explicarme sus trabajos y compartir conmigo su pasión por la renovación.





12. Bibliografía

12.1. Referencias bibliográficas

- [1] CODIGO DE LA SANIDAD PUBLICA FRANCESA : *Articulo L1334 – 5*, Paris, legifrance.gouv.fr, 2005.
- [2] CODIFGO DEL TRABAJO FRANCES : *Articulo R231-56-11*, Paris, legifrance.gouv.fr, 2008.
- [3] CODIGO DE LA SANIDAD PUBLICA FRANCESA : *Articulo R1334 - 36*, Paris, – legifrance.gouv.fr . 2006.

