



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR  
D'ENGINYERIA D'EDIFICACIÓ

PROYECTO FINAL DE GRADO  
MODALIDAD CIENTÍFICO-TÉCNICO  
JULIO 2012



**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CONSOLIDACIÓN Y PROTECCIÓN SÍSMICA.  
LOS EFECTOS DEL TERREMOTO DE 2009 EN EL CENTRO HISTÓRICO DE L'ÀQUILA, ITALIA.**

**DIRECTOR ACADÉMICO:  
LUIS MANUEL PALMERO IGLESIAS  
COLABORADOR EXTERNO.  
ELISA VALÍA GOTANDA**

**COUTO CERQUEIRO, DAVID  
GARCÍA IZQUIERDO, ALEJANDRO**



**INTRODUCCIÓN**

**CAP.4  
TÉCNICAS DE CONSOLIDA-  
CIÓN Y RECUPERACIÓN**

**CAP.8  
PROPUESTA DE VIVIENDA  
SISMORRESISTENTE**

- CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA
- ESTUDIO DE LA ZONA
- PROPUESTA DE VIVIENDA
- PRESUPUESTO
- PROPUESTA UBICACIÓN
- ANEXOS

**CAP. 1  
ORIGEN TERREMOTOS**

- COMPOSICION DE LA TIERRA
- ORIGEN DE UN TERREMOTO
- MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN

**CAP.5  
EL TERREMOTO DE  
L'ÁQUILA**

- LA CIUDAD
- HISTORIA DE LA CIUDAD
- EL TERREMOTO DE 2009
- 3 AÑOS DESPUÉS

**CAP. 2  
EFECTOS SOBRE LAS EDI-  
FICACIONES**

- EFECTOS SOBRE EL TERRENO
- EFECTOS SOBRE LOS EDIFICIOS

**CAP.6  
PROYECTO C.A.S.E.**

- DESCRIPCIÓN
- BASES AISLADAS SÍSMICAMENTE
- TOPOLOGÍA DE PROYECTOS

**CONCLUSIONES**

**CAP.3  
SISTEMAS DE  
RESISTENCIA SÍSMICA**

- SISTEMAS TRADICIONALES
- SISTEMAS AVANZADOS

**CAP.7  
ESTUDIO CONSOLIDACIÓN  
DEL PALAZZO COSTA  
MASCIARELLI**

**BIBLIOGRAFÍA**





Das Ruinirte Lissabon

# INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

Cada uno de los peligros naturales es, a su manera, único. Los tornados y las crecidas repentinas son fenómenos violentos, de corta duración, que afectan a extensiones relativamente pequeñas. Otros, como las sequías, evolucionan lentamente, aunque pueden afectar a buena parte de un continente y a poblaciones enteras durante meses o incluso años. Un fenómeno meteorológico extremo puede entrañar múltiples fuentes de riesgo, ya sea simultáneamente o en rápida sucesión. Además de fuertes vientos y lluvias, una tempestad tropical puede ocasionar crecidas y deslizamientos de lodo. En latitudes templadas, los estados del tiempo estivales de efectos muy adversos (tormentas con o sin descargas eléctricas, tornados) pueden ir acompañados de granizo intenso o de crecidas repentinas. Las tempestades de invierno, con sus fuertes vientos y nevadas o lluvias, pueden contribuir también a la aparición de avalanchas en ciertas laderas de montaña y a fuertes escorrentías o crecidas durante la temporada del deshielo.

Estos son algunos de los fenómenos naturales que esporádicamente irrumpen en nuestra rutina, se convierten en noticia y con sus imágenes recorren la vuelta al mundo. Es en ese momento cuando tomamos conciencia de la ferocidad de la naturaleza y de su "carácter" indomable, y en consecuencia, de la fragilidad del ser humano.

De todos los desastres naturales, los terremotos son los que con más frecuencia ocurren y los que producen unos efectos más destructivos sobre las áreas pobladas. Cada seísmo que se produce posee unas características particulares. Ninguno es igual a otro, ni sus motivos, ni tampoco sus consecuencias. La variabilidad de los seísmos y el punto geográfico de donde se produce desencadena a su vez en un sinfín de consecuencias de diferente gravedad.

Bajo esta premisa, junto con los acontecimientos recientes en países cercanos y, lamentablemente, en nuestro propio país, surge la idea de analizar porque ocurren este tipo de desastres, qué ocurre en las zonas afectadas y cómo poder mitigar sus efectos.

El proyecto "Estudio y análisis de los sistemas de consolidación y protección sísmica. Los efectos del terremoto de 2009 en el centro histórico de L'Aquila, Italia", pretenden profundizar las consecuencias directas de los seísmos sobre la arquitectura de la zona afectada. Concretamente hemos dirigido nuestra atención al sismo del 6 de abril de 2009 en el L'Aquila (Italia).

El proyecto aporta nociones sobre los terremotos, centrándose en la vertiente arquitectónica, intentando servirnos de los avances científicos aplicados a la construcción para evitar los devastadores resultados en edificaciones aplicados a una propuesta de vivienda sismorresistente de rápida construcción.

Hemos tratado de recabar toda la información posible que nos pudiese dar respuesta a la mayor cantidad de dudas, muchas de ellas surgidas a medida que indagábamos en esta temática y siempre desde un punto de vista técnico y constructivo sin olvidarnos de que detrás de todo esto hay personas que lo padecen y sufren pérdidas humanas y materiales.

El 6 de abril de 2009 el subsuelo de L'Aquila sacudió todos los cimientos de esa localidad italiana. 309 personas murieron, el resto de los ciudadanos conviven hoy entre los escombros y el recuerdo del día en que la naturaleza sacudió sus vidas.

En este Proyecto Final de Carrera de la Escuela de Ingeniería de la Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia hemos trabajado David Couto Cerqueiro y Alejandro García Izquierdo.

Luis Palmero Iglesias, profesor titular de la Universidad Politécnica de la Valencia en la ETSIE, ha sido el tutor del proyecto y un guía indispensable para conocer de primera mano la localidad en la que hemos centrado nuestro proyecto, L'Aquila.

Queremos aprovechar este espacio introductorio para agradecer la colaboración de Luis Palmero Iglesias, así como la oportunidad e implicación que ha mostrado durante el desarrollo del proyecto. También a él debemos agradecerle el habernos dado oportunidad de conocer a Romolo Continenza, doctor ingeniero en la Università degli Studi de L'Aquila de la Facoltà d'Ingegneria, quien se preocupó de recibirnos y atendernos muy amablemente en todas nuestras peticiones de aspecto técnico y lo más importante para este proyecto, llevarnos a conocer *in situ* la situación actual de la ciudad de L'Aquila.

Romolo Continenza nos mostró además, la parte más cercana y personal de aquellos que como él, vivieron el seísmo, nos acercó a su vida cotidiana y nos trasladó perspectiva de futuro después de lo acaecido.

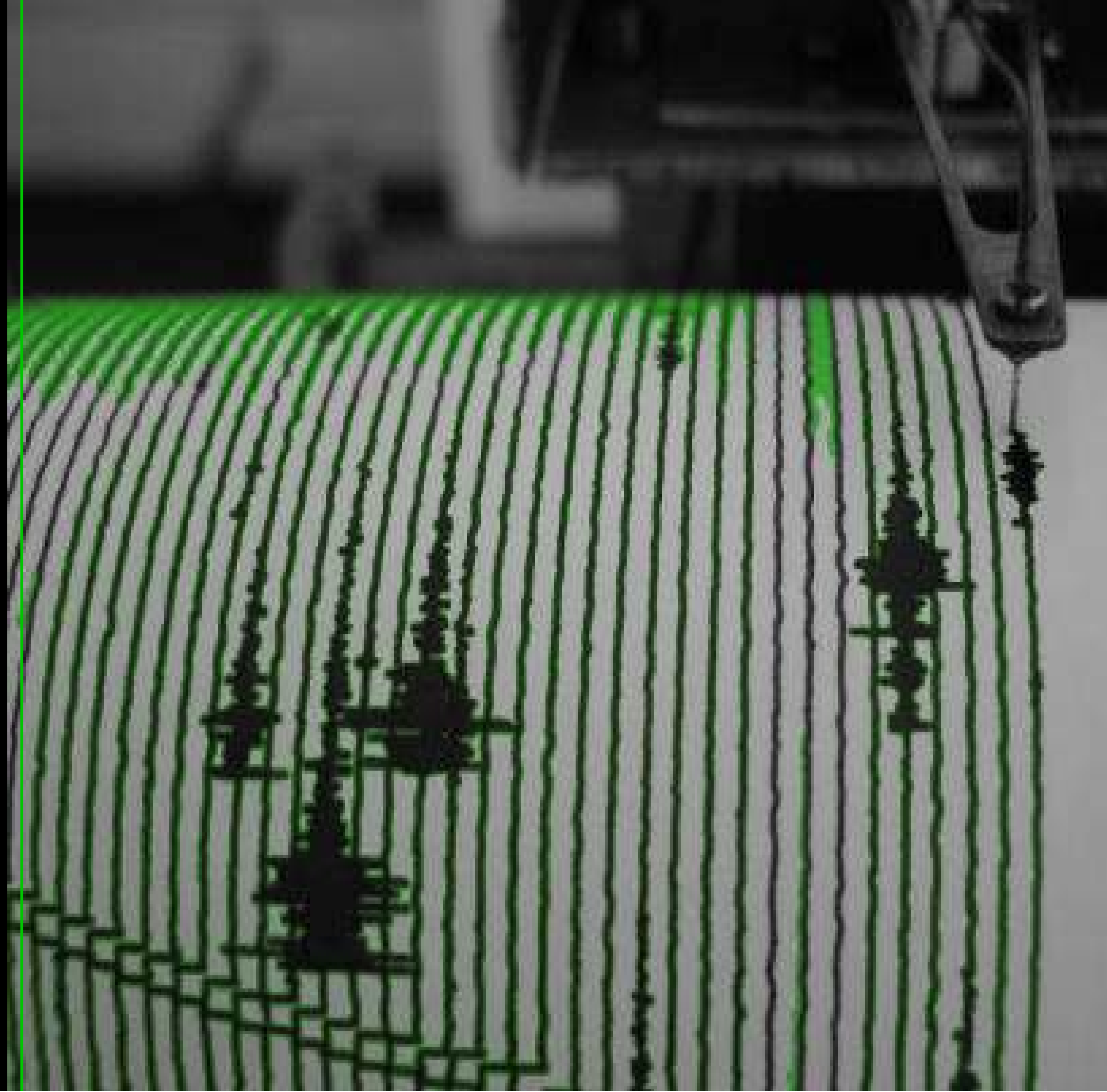
También agradecemos a la empresa THK su ayuda en la elección y el cálculo de los elementos sismorresistentes colocados en el prototipo de vivienda.

Nuestro sincero agradecimiento a la arquitecta Elisa Valía Cotanda. Su participación e implicación en durante nuestra estancia en L'Aquila supuso una gran aportación para el resultado final del proyecto. Asimismo, Elisa colaboró junto con la Fundación Investigación e Innovación para el Desarrollo Social y Proyectos I+D+I, investigando sobre los sistemas prefabricados (detallados en el Capítulo 8), lo que nos ha servido de mucha ayuda como colaboración en la propuesta de vivienda sismorresistente.

Valencia, julio de 2012.



# CAPÍTULO



# EL ORIGEN DE LOS TERREMOTOS



## INTRODUCCION

La humanidad ha experimentado a lo largo de la historia el efecto destructivo de los terremotos, los cuales han originado grandes pérdidas económicas y centenares de miles de víctimas. Este fenómeno natural se manifiesta a través de la vibración o movimiento de la superficie terrestre en distintas direcciones como resultado de la propagación de ondas sísmicas. Sin embargo, el hombre tardó mucho tiempo en explicar, con fundamentos científicos, el origen de los terremotos. Diversas ideas o razones fueron propuestas a lo largo de los siglos, algunas fundamentadas en factores naturales y otras simplemente basadas en supersticiones o creencias religiosas.

El naturista romano Plinio "El viejo" (23 al 79 antes de Cristo) propuso que los terremotos se producían como consecuencia del enojo de la madre tierra por las perforaciones que realizaba el hombre para extraer minerales. Para los aztecas, la tierra y el sol habían sido previamente destruidos cuatro veces por los jaguares, el viento, la lluvia y el agua. El quinto castigo impuesto por sus dioses eran los terremotos. La cultura maorí en Nueva Zelanda creía que Ruauumoko, el dios de los terremotos y volcanes, era un hijo de la madre tierra que quedó accidentalmente atrapado debajo de la superficie terrestre, siendo los terremotos una expresión de su enojo. En forma similar, la mitología japonesa considera que los terremotos son producidos por un gran pez lobo oculto en el fondo de los mares.

La comunidad científica buscó explicaciones más racionales. Así es que Aristóteles propuso que la causa de los terremotos era vientos encerrados en cavernas subterráneas que eventualmente producían el movimiento de la tierra al escapar violentamente hacia la superficie. Esta teoría, aceptada por los científicos por más de 1500 años, llevó a la creencia de que los días calmos y calurosos eran más propensos a la ocurrencia de terremotos. Para explicar la ocurrencia de los terremotos, diversas teorías científicas se desarrollaron durante el siglo XIX y principios del XX.

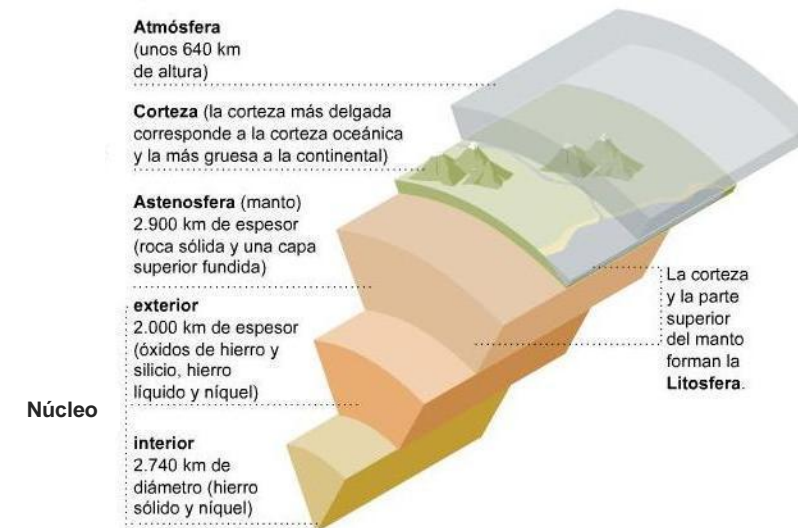
Rossi propuso que el origen de los terremotos se debía a violentas tormentas de vapor de agua y gases provenientes del magma terrestre que se producían en el interior de la corteza. Esta idea se conoció como "teoría explosiva de los sismos". Otros sismólogos creyeron que la actividad sísmica estaba asociada a los movimientos de lava producidos por las erupciones volcánicas. Como se indica posteriormente, este tipo de terremotos se denominan volcánicos, sin embargo no son la fuente principal de sismos. De gran importancia fue el aporte de A. von Humboldt quien distinguió el origen volcánico y tectónico de los terremotos y las investigaciones de E. Suess que mostraron por primera vez la relación entre los sismos y la formación de pliegues geológicos.

Aunque todos los días se registran una buena cantidad de terremotos en el mundo, la inmensa mayoría son de poca magnitud. Sin embargo, se suelen producir dos o tres terremotos de gran magnitud cada año, con consecuencias imprevisible

## 1.1. COMPOSICIÓN DE LA TIERRA

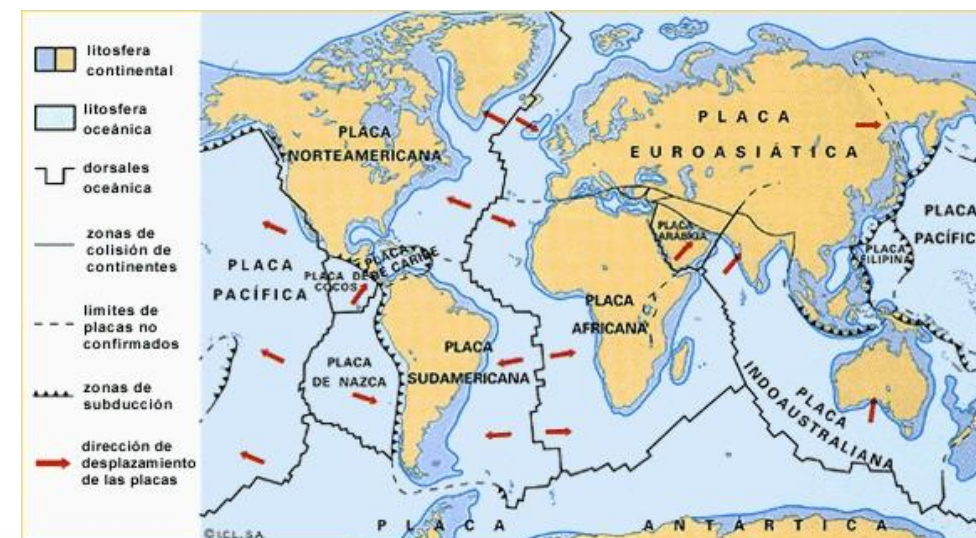
Los terremotos están muy relacionados con la estructura interna del planeta. La Tierra tiene un núcleo central de material sólido y denso y una parte exterior compuesta de metales fundidos sometidos a grandes presiones y temperaturas. El manto tiene un espesor de aproximadamente 2900 km y está constituida por distintos tipos de rocas. La parte externa del manto se comporta como un medio visco-elástico capaz de fluir plásticamente, debido al estado parcialmente fundido de las rocas.

Alrededor, hay una capa solida, la corteza terrestre. No es una capa uniforme, sino que esta formada por una serie de placas rocosas siendo las características de la corteza considerablemente distintas en los océanos y continentes.



La corteza terrestre está formada por 15 placas tectónicas que se encuentran en continuo movimiento, flotan sobre el manto basáltico y se mueven.

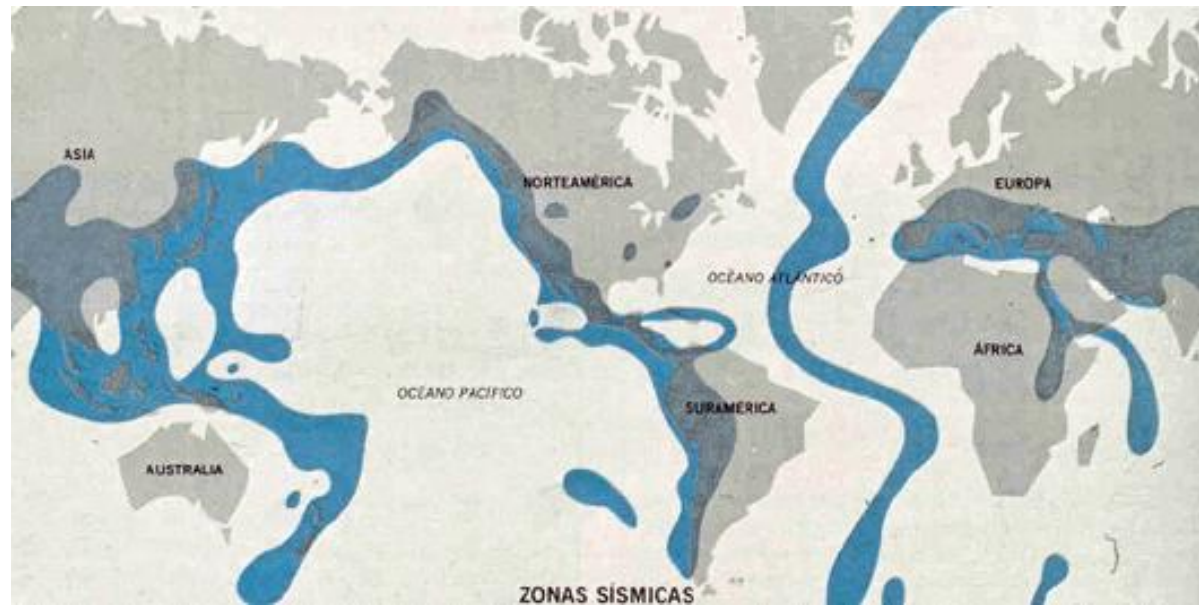
Este movimiento hace que las placas rocen entre sí, acumulando grandes tensiones en las zonas de contacto.





Existe una estrecha vinculación entre la tectónica de placas y los terremotos, tal como puede observarse al estudiar la distribución de los sismos registrados, los cuales no se encuentran aleatoriamente distribuidos sino que se concentran significativamente en los bordes de las placas (el 95% de la energía sísmica es liberada en los límites entre placas). Se observa una alta ocurrencia de sismos intensos y actividad volcánica en una zona periférica del Océano Pacífico desde la Patagonia, pasando por Chile Perú, el istmo de América Central, México, California. Continúa en Alaska y se extiende formando un arco con la península de Kamchatka, Japón, Filipinas para terminar en Fiji y Nueva Zelanda. Esta zona se conoce como Anillo de Fuego del Pacífico o Cinturón Circum-Pacífico. Algo similar ocurre en la zona que rodea el Mar Mediterráneo, pasando por Turquía, Irán, Asia Central y el Himalaya, que se conoce como Franja Sísmica Alpino-Asiática.

Por lo tanto existen regiones con alta sismicidad y otras donde la ocurrencia de terremotos es despreciable o nula.



## 1.2. EL ORIGEN DE UN TERREMOTO

El mecanismo principal que desencadena los terremotos está asociado a la deformación de la corteza terrestre. Las grandes tensiones a las que llegan a estar sometidos los materiales sólidos originan deformaciones que se traducen en cambio en el tamaño y/o forma del material, y fractura del material. Si el sólido es sometido a un estado tensional reducido, las deformaciones desaparecen cuando las tensiones se eliminan (proceso reversible, deformación elástica). Si las tensiones aplicadas exceden el límite elástico, el material fluye plásticamente, presentando deformaciones permanentes cuando las tensiones son eliminadas. Las rocas ubicadas a grandes profundidades se deforman generalmente en forma plástica debido a las condiciones de alta presión y temperatura existentes. Contrariamente, las rocas localizadas cerca de la superficie sufren una falla frágil cuando su capacidad de deformación es excedida.

Como resultado de las deformaciones de la corteza terrestre se originan fallas, que son zonas de fractura a lo largo de las cuales se producen movimientos relativos. Estos desplazamientos representan el mecanismo desencadenante de los sismos denominados tectónicos que son los más habituales.

Los límites de las placas o bordes se clasifican según el tipo de desplazamiento relativo en:

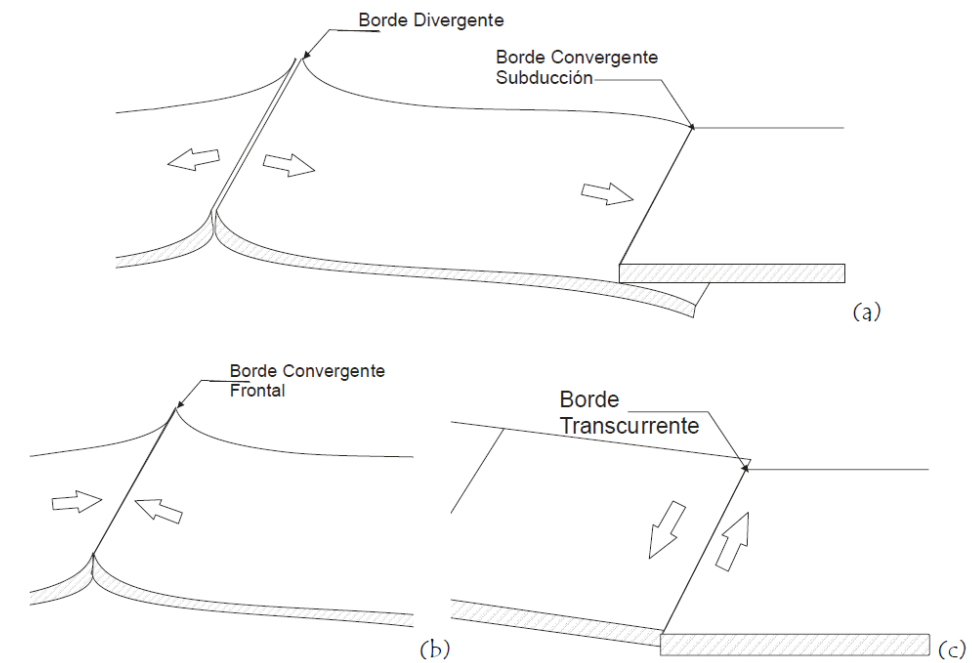
**a) Borde divergente;** son cuando las placas se separan y corresponde a las dorsales o zonas de expansión que generalmente están en el fondo del océano, donde se crea nuevo material cortical a lo largo de una depresión central (cordilleras centro-oceánicas)

**b) Borde convergente;** relacionado con placas que se encuentran, puede ser de dos tipos:

De subducción. Cuando una placa oceánica está bajo otra placa, sea esta continental u oceánica, en las cuales se consume y destruye nuevamente el material de la corteza.

Las zonas de colisión frontal entre placas continentales. Cuando el desplazamiento relativo ha cesado producto de la colisión.

**c) Borde transcurrente,** corresponde a las fallas donde el desplazamiento relativo es lateral, paralelo al límite común entre placas adyacentes; en ellas no se crea ni se destruye material.

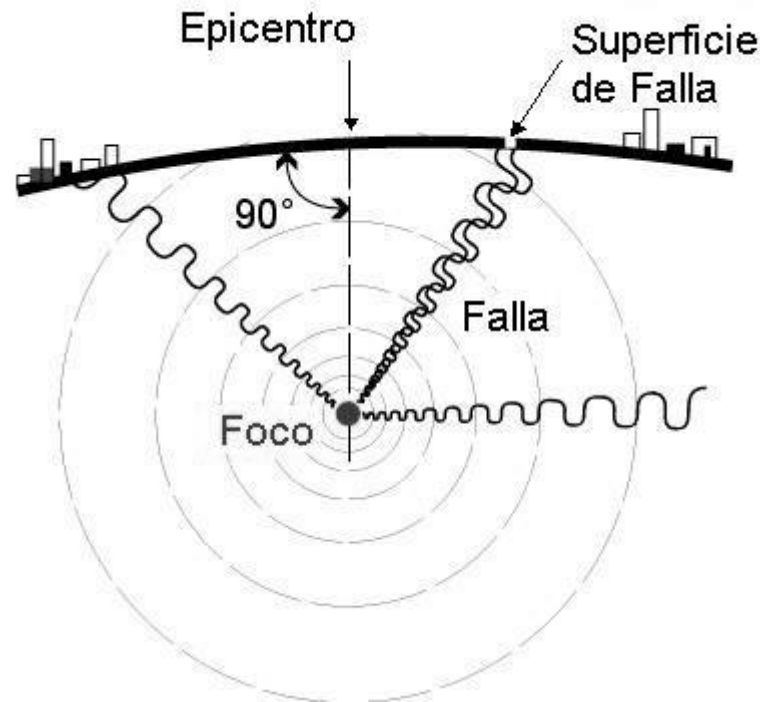


Tipos de bordes ( J.O. Medina. Universidad de Los andes, Venezuela)

### 1.2.1. Ubicación del origen del sismo

El lugar de la corteza terrestre en el que se produce el seísmo se llama hipocentro u origen del sismo, mientras que se denomina epicentro al lugar de la superficie terrestre más cercano al hipocentro y en donde la intensidad el movimiento es más alta.

Desde el hipocentro se liberan ondas llamadas sísmicas que se propagan de forma concéntrica hasta el exterior. El primer punto que alcanzan en la superficie es el epicentro, lugar desde el que continúan propagándose superficialmente, perdiendo intensidad a medida que se alejan de este.



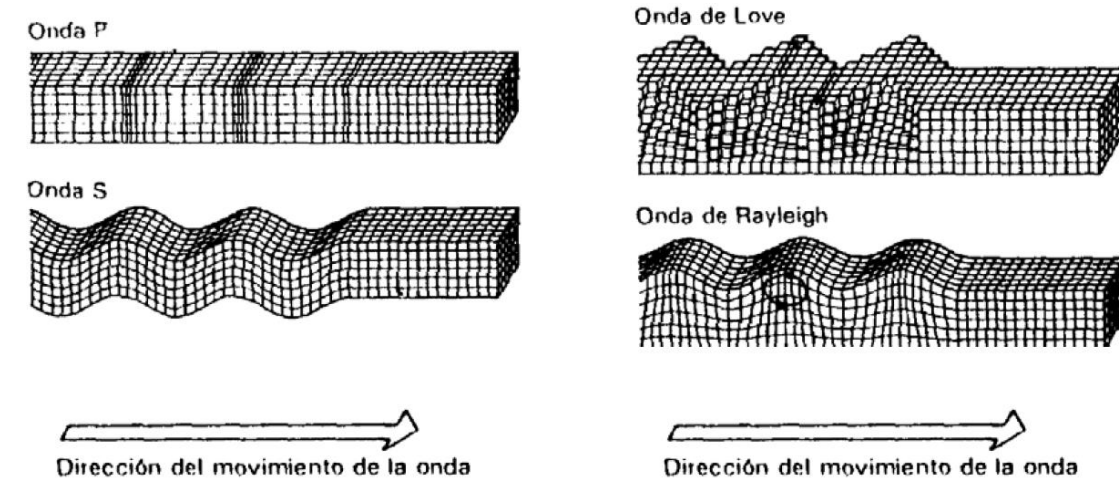
Foco y Epicentro. (EERI, s/d)

La idealización del hipocentro como un foco de ondas es sólo una aproximación. En realidad el desplazamiento relativos de la falla se produce en a lo largo de una zona que puede ser muy extensa. Por ejemplo la falla de San Andrés, en Estados Unidos, origina terremotos a lo largo de una línea de más de 400 km. En el terremoto de Alaska de 1964 el desplazamiento de la falla ocurrió a lo largo de aproximadamente 600 km.

Según sus características de propagación, las ondas sísmicas pueden ser:

- Primarias (ondas P), son las primeras en propagarse y las mas rápidas (entre 8 y 13 km/seg)
- Secundarias ( ondas S) se dan en tras las anteriores y son algo más lentas (entre 4 y 8 km/seg)
- Superficiales, que se producen por la interacción entre las dos anteriores y viajan a 3.5 km/seg. Hay de muchas clases, pero las de mayor interés para la ingeniería sísmica son las ondas *L* (Love) y ondas *R* (Rayleigh).

Estas últimas se desplazan por la superficie terrestre y las responsables de los desastres provocados por los terremotos.



Movimiento de las ondas según tipología.(s/d)

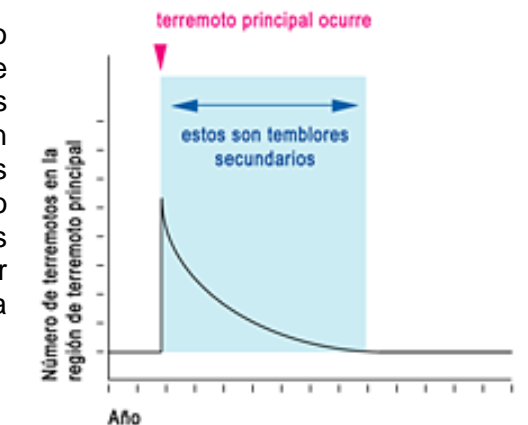
### Temblores secundarios (réplicas)

Parte de vivir con los terremotos es vivir con los temblores secundarios. Los terremotos ocurren en grupos. En un grupo de temblores, el más grande es llamado el temblor principal; cualquier temblor antes es llamado precursor, y cualquier temblor después es un temblor secundario.

Los temblores secundarios son sismos que usualmente ocurren cerca del temblor principal. La tensión en la falla del temblor principal cambia durante el temblor principal y la mayoría de los temblores secundarios suceden en la misma falla. A veces, también el cambio en la tensión es lo suficientemente grande para ocasionar temblores secundarios en fallas cercanas.

Un terremoto lo suficientemente grande para causar daño probablemente producirá varios temblores secundarios que se sientan durante la primera hora. La frecuencia de temblores secundarios disminuye rápidamente. El día después de un sismo principal hay, más o menos, la mitad de temblores secundarios que el primer día. Diez días después del sismo principal hay solamente un décimo de los temblores secundarios. Un terremoto será llamado un temblor secundario, mientras la proporción de temblores sea más alta

¿Cómo sabemos que es un temblor secundario?





que antes del sismo principal. En el caso de terremotos grandes, esto puede continuar por décadas.

Los terremotos grandes tienen temblores secundarios en mayor cantidad y más grandes. Entre más grande sea el sismo principal, más grande será el temblor secundario, en promedio, aunque hay muchos más temblores secundarios pequeños que grandes. También, así como terremotos pequeños pueden seguir ocurriendo por muchos años después de un sismo principal, todavía existe la posibilidad de que suceda un temblor secundario grande mucho tiempo después de un terremoto.

### Precusores

A veces, un sismo principal, es seguido por un terremoto más grande. Entonces, el terremoto original es considerado un precursor. La probabilidad de que esto suceda disminuye rápidamente así como en el caso de los temblores secundarios. Después de tres días el riesgo casi desaparece.

### 1.2.2. Clasificación de los terremotos.

La mayoría de los terremotos se producen debido a desplazamientos de las placas tectónicas, llamados sismo tectónicos, pero también pueden originarse debido a la actividad volcánica que produce movimientos violentos de lava y roca, y por el derrumbe natural de cavernas subterráneas. Además la actividad humana puede originar terremotos a través de explosiones accidentales o provocadas o bien por la alteración significativa de las condiciones en amplias zonas, por ejemplo debido a la construcción de presas.

Por lo tanto, los terremotos pueden clasificarse, teniendo en cuenta su origen, en tectónicos, volcánicos, por derrumbamientos o artificiales.

Existen casos particulares de sismos, generalmente leves, que pueden originarse por otras causas, como ser el impacto de un meteorito (Siberia, 1908), grandes deslizamientos de tierras (deslizamiento del monte Pamir, 1911) o colapso de una presa.

De acuerdo a la profundidad del foco o hipocentro los terremotos pueden clasificarse en cuatro tipos:

- **Superficiales:** con profundidades menores de 20 km.
- **Someros:** con profundidades entre 20 y 70 km.
- **Intermedios:** con profundidades entre 70 y 300km
- **Profundos:** con profundidades mayores de 300 km.

Esta clasificación es sólo indicativa, pudiendo variar entre distintas zonas sísmicas. Los terremotos superficiales son los que producen mayor daño y destrucción, representando el 75% del total de la energía sísmica liberada anualmente.

Otro criterio para clasificar los terremotos es en base al lugar, relativo a las placas tectónicas, en el que se producen. Los sismos interplaca son aquellos generados en los bordes o límites de las placas litosféricas, mientras que los sismos intraplaca son los que se producen en fallas geológicas locales alejadas de los bordes de las placas.

### 1.2.3. Tipos de fallas

Se denomina falla geológica al plano de fractura de la roca de la corteza terrestre, a través del cual se han producido desplazamientos relativos. Cuando un terremoto ocurre sobre una de estas fallas, la roca de un lado de la falla se desliza con respecto al otro lado. Las fallas pueden medir de unos cuantos centímetros hasta miles de kilómetros de largo. Cuando la falla intercepta la superficie terrestre se manifiesta en forma más o menos aparente, formando la traza de la falla. Sin embargo, los vestigios superficiales de la falla tienden a desaparecer por acción de la erosión, presencia de vegetación o actividad humana.

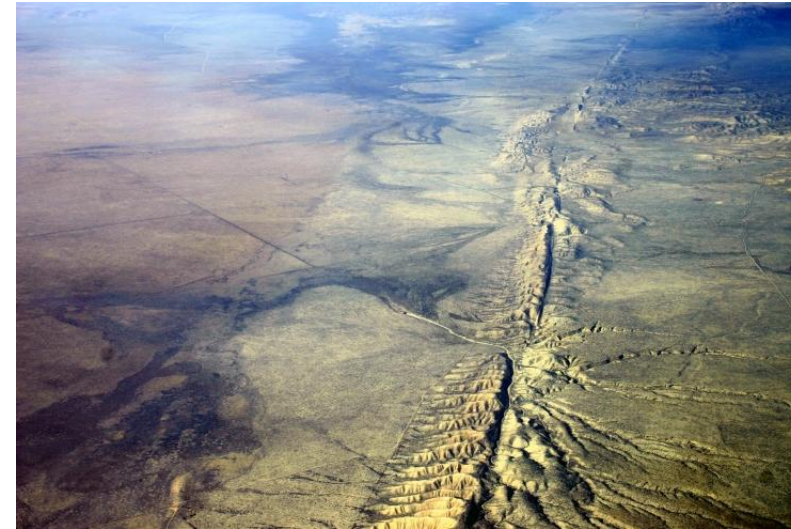


Imagen de la falla de San Andrés, USA.

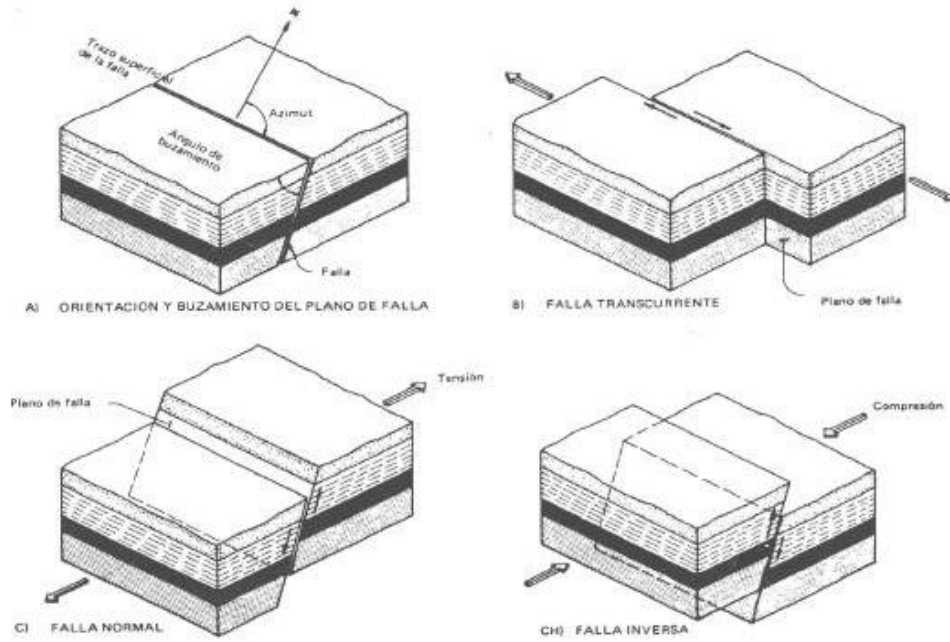
Los distintos tipos de falla pueden clasificarse en cuatro grupos principales, según sea el tipo de movimiento relativo:

**Falla transcurrente (o de rumbo):** El movimiento se produce fundamentalmente en la dirección horizontal. Los dos bloques se desplazan lateralmente con sentidos opuestos.

**Falla normal:** Se produce cuando el plano de falla es oblicuo respecto al horizonte y los bloques adyacentes están sometidos tensión. En este caso el movimiento es predominante en la dirección vertical, y las fuerzas inducidas en la roca son perpendiculares a la falla.

**Falla inversa:** se produce cuando el plano de falla es oblicuo respecto al horizonte y los bloques adyacentes están sometidos compresión.

**Falla vertical:** es un tipo particular de falla normal o inversa en la cual el plano de falla y el movimiento relativo entre los bloques es predominantemente vertical.



Las fallas pueden extenderse profundamente hacia adentro de la Tierra y pueden o no alcanzar la superficie.

También pueden clasificarse en activas o inactivas dependiendo si existen evidencias o no de su movimiento. En forma genérica, puede decirse que fallas activas son aquellas que han experimentado desplazamiento en tiempos recientes, esto es en los últimos miles de años.

### 1.3. MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE TERREMOTOS

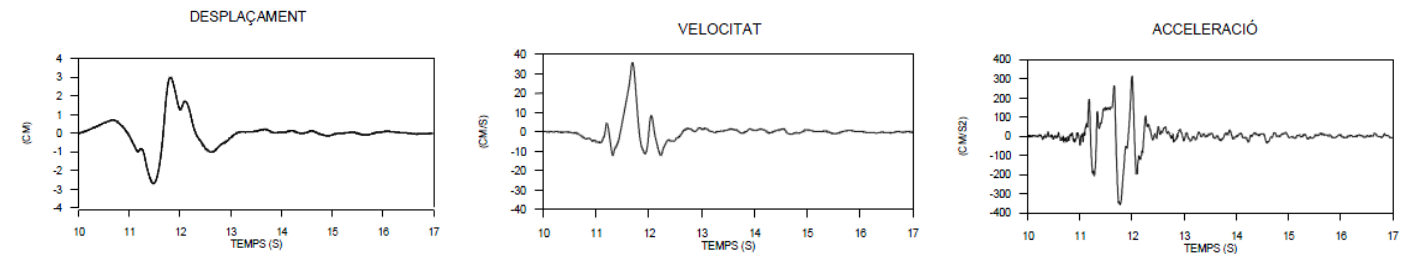
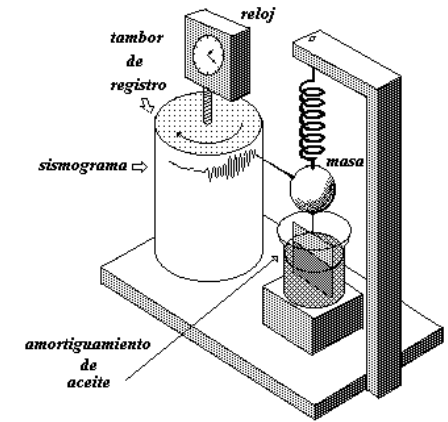
#### Instrumentos de medición.

Se realiza a través de un instrumento llamado sismógrafo, el que registra en un papel la vibración de la Tierra producida por el sismo (sismograma). Nos informa la magnitud y la duración.

Los instrumentos más modernos, muy compactos y precisos, se basan en componentes electrónicos y tecnología digital, por lo cual el tiempo de procesamiento de los datos es menor.

Las estaciones sismológicas incluyen usualmente tres sismógrafos que permiten registrar las componentes del movimiento en dos direcciones horizontales perpendiculares y en la dirección vertical. Este instrumento registra dos tipos de ondas: las superficiales, que viajan a través de la superficie terrestre y que producen la mayor vibración de ésta (y probablemente el mayor daño) y las centrales o corporales, que viajan a través de la Tierra desde su profundidad.

Los sismógrafos de movimiento fuerte o acelerógrafos, son más robustos y menos sensibles para registrar las sacudidas de violentas originadas por sismos cercanos. El registro proporcionado por el instrumento (acelerograma) indica la variación de la aceleración a lo largo del tiempo y proporciona información de gran utilidad para los ingenieros estructurales. Los sismógrafos generalmente operan en forma continua durante las 24 horas del día, mientras que los acelerógrafos tienen un dispositivo que inicia el registro en forma automática cuando la aceleración excede un límite prefijado.



Datos obtenidos del acelerógrafo de IGN situado en el sótano de la cárcel de Lorca durante el movimiento sísmico



## Escalas de intensidad

Uno de los mayores problemas para la medición de un terremoto es la dificultad inicial para coordinar los registros obtenidos por sismógrafos ubicados en diferentes puntos (Red Sísmica), por lo que es habitual que las informaciones preliminares sean discordantes. Determinar el área total abarcada por el sismo puede tardar varias horas o días de análisis del movimiento mayor y de sus réplicas.

A cada terremoto se le asigna un valor de magnitud único, pero la evaluación se realiza, cuando no hay un número suficiente de estaciones, principalmente basada en registros que no fueron realizados forzosamente en el epicentro sino en puntos cercanos. De allí que se asigne distinto valor a cada localidad o ciudad e interpolando las cifras se consigue ubicar el epicentro.

Una vez coordinados los datos de las distintas estaciones, lo habitual es que no haya una diferencia asignada mayor a 0.2 grados para un mismo punto. Esto puede ser más difícil de efectuar si ocurren varios terremotos cercanos en tiempo o área.

Aunque cada terremoto tiene una magnitud única, su efecto variará grandemente según la distancia, la condición del terreno, los estándares de construcción y otros factores.

Los investigadores y sismólogos de distintos países han propuesto a lo largo de la historia un gran número de escalas de intensidad. De esta forma encontramos las de Rossi y Forel en 1883, que luego modificó Mercalli creando la suya en 1902, la de Cancani en 1923, la de Wood y Newmann introdujeron significativos cambios que resultaron en la conocida escala Mercalli Modificada (MM), la MSK desarrollada en Rusia o la escala japonesa JMA de 8 grados.

Existen también escalas de intensidad que dependen de las sensaciones del personal observador y de los materiales y técnicas constructivas que varían de una zona a otra, por lo que encierra un alto grado de incertidumbre.

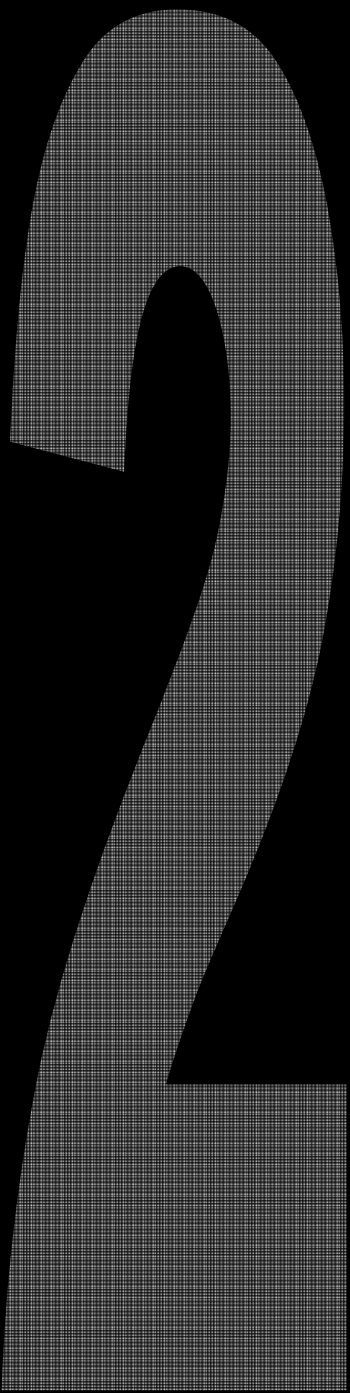
De todas las anteriores, La escala de Richter es más científica y mide la intensidad de un terremoto en función de la energía liberada, que los clasifica del 1 al 9.

- Menos de 3.5 Generalmente no se siente, pero es registrado
- 3.5 - 5.4 A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
- 5.5 - 6.0 Ocasiona daños ligeros a edificios.
- 6.1 - 6.9 Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
- 7.0 - 7.9 Terremoto mayor. Causa graves daños.
- 8 o mayor Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

Aunque es muy difícil predecir cuándo y dónde se producirán los terremotos en los últimos años se han tenido cierto éxito. En la actualidad, China, Japón, Rusia y Estados Unidos son los países que apoyan más estas investigaciones. En 1975, sismólogos chinos predijeron el sismo de magnitud 7,3 de Haicheng, y lograron evacuar a 90.000 residentes sólo dos días antes de que destruyera el 90% de los edificios de la ciudad. Una de las pistas que llevaron a esta predicción fue una serie de temblores de baja intensidad, llamados sacudidas precursoras, que empezaron a notarse cinco años antes.



# CAPÍTULO



# EFFECTOS SOBRE LAS EDIFICACIONES

*Imagen terremoto L'Áquila, 2009*



## INTRODUCCIÓN

Los terremotos producen distintos tipos de daño tanto sobre la superficie terrestre como sobre las construcciones y obras realizadas por el hombre. Estos daños pueden ser directos e indirectos.

El daño directo comprende los daños que surgen del movimiento del terreno que induce la vibración de las construcciones fundadas sobre el mismo. Esta vibración origina fuerzas inerciales sobre las masas, las cuales pueden resultar en distintos niveles de daño, que van desde fisuras leves hasta el colapso total, dependiendo de una gran cantidad de factores, tales como la magnitud del terremoto, tipología estructural, materiales de la construcción, etc. Además, se incluyen los daños producidos por desplazamientos permanentes de la falla (pudiendo variar desde unos pocos centímetros hasta varios metros), los cuales pueden afectar significativamente edificios, carreteras, vías ferroviarias, cañerías enterradas u otras obras.

El daño indirecto comprende otro tipo de problemas que se originan como una consecuencia del terremoto y que a su vez pueden afectar las construcciones. En esta categoría se incluyen los deslizamientos de tierra, la licuefacción de suelos, el desborde de lagos, los tsunamis o maremotos y los incendios.

## 2. EFECTOS SOBRE LAS EDIFICACIONES

### 2.1. EFECTOS SOBRE EL TERRENO

Como se ha indicado el movimiento del terreno es debido a la llegada de ondas sísmicas que se propaga desde el foco sísmico a través de la roca hasta la superficie por lo que la composición de la capa más superficial influye decisivamente en las características finales de la sacudida sísmica.

La peligrosidad sísmica varía en una región, dependiendo de la cercanía a las fallas activas, del tipo de terreno y de lo propenso que sea éste a desestabilizarse. Los daños se concentran en áreas donde existen suelos poco firmes y donde hay zonas deslizantes. Los movimientos sísmicos están gobernados por la composición y las propiedades físicas de la capa cercana a la superficie del terreno, ocurriendo los movimientos vibratorios más grandes en los suelos blandos y saturados de aguas.

TIPO DE TERRENO	ACCION SOBRE LA VIBRACIÓN	EFECTOS PROBABLES
Roca estable	No se incrementa	El terreno se mantiene firme
Roca no estable	Apenas se incrementa	Puede haber desprendimientos
Suelo no consolidado	Se incrementa	El suelo pierde su firmeza, tanto más cuanto más agua contenga
Suelo blando o rellenos	Se incrementa mucho	Asentamientos del suelo, deslizamientos, posible licuefacción



En la fotografía se pueden apreciar los daños producidos por el terremoto de Teora (Italia) en Noviembre de 1980, que alcanza una intensidad máxima M.S.K. VIII-IX. En ella se alternan diversas edificaciones de estructura de muros de fábrica y forjados de madera con estructura de hormigón armado y cerramientos de fábrica, en los que se pueden observar dos tipos de daños muy distintos, mientras que en la parte superior las edificaciones aparecen intactas, las de la parte inferior han colapsado en su mayoría.

Las causas de este diferente comportamiento ante una misma sacudida hay que buscarla por una parte en la naturaleza del suelo y por otra en la antigüedad de las edificaciones. No todos los suelos transmiten la onda sísmica de la misma manera, pudiendo existir grandes diferencias de amplitud y de duración de un lugar a otro dependiendo de la estructura del suelo.

Por otro lado las estructuras de muro de fábrica y mampostería no se comportan bien durante un terremoto; a esto se añade el posible deterioro debido al paso del tiempo tal como cabezas de vigas podridas.

Si un movimiento sísmico origina sorpresas no son menos las que pueden ocasionar algunos tipos de terrenos, como los licuables, (aquellos que ante esfuerzos vibratorios pierden su resistencia al esfuerzo cortante), que durante el terremoto se transforman en una especie de barro fluido que provoca el hundimiento de edificios, muros de embalses, carreteras etc., debido a que se quedan sin base de apoyo.

La licuefacción es un fenómeno que se producen en terrenos blandos saturados de agua durante sacudidas sísmicas fuertes y largas. El suelo se comporta y fluye como líquido debido a que las vibraciones sísmicas aplican fuerzas al fluido que rellena los huecos entre los granos de arena, causando la salida de agua y fango a la superficie durante la sacudida. Esto compacta finalmente los granos de arena y provoca asentamientos del terreno o deslizamiento, al producirse una sensible pérdida de resistencia en los estratos afectados. La licuefacción ocurre particularmente cuando el nivel del agua subterránea es superficial y en zonas como lechos fluviales, estuarios, rellenos artificiales, etc. Las vibraciones también pueden producir asentamientos en rellenos y suelos granulares flojos.



Estado Normal	Estado Licuefacción	Después de Licuefacción
Sedimentos de arena mas agua se mantienen estables debido a la fricción entre los sedimentos	Con el movimiento se pierde la fricción y el suelo pasa de su estado sólido a líquido	Los granos se compactan y el suelo se hunde

Proceso de Licuefacción (Adaptación de N.Sánchez Arévalo Universidad católica de Peru)

Debido a la licuefacción del suelo sobre el que se sustentaban, estos edificios han volcado hundiéndose parcialmente. Ni la estructura ni los cerramientos han sufrido grandes daños, debido a su gran rigidez y a estar preparado para soportar empujes horizontales. De no ser así, hubieran partido los pilares por el incremento de momentos que se originan al quedar inclinado.

La ciudad de Nigata, se encuentra construida sobre depósitos sedimentarios que tienen una densidad muy baja, además, el nivel freático esta muy cerca de la superficie. Este tipo de daños se pudo observar en 200 de los 310 edificios de hormigón armado dañados durante el terremoto.



La siguiente imagen muestra un edificio de estructura de hormigón armado con cerramientos y particiones de fábrica dañado durante el terremoto de Ciudad de México, México;(Septiembre de 1985 magnitud Richter 8,1; máxima intensidad M.S.K. IX.)Se observa como el edificio se ha hundido en el terreno aproximadamente media planta, mientras que el resto de la estructura no ha sufrido daños.





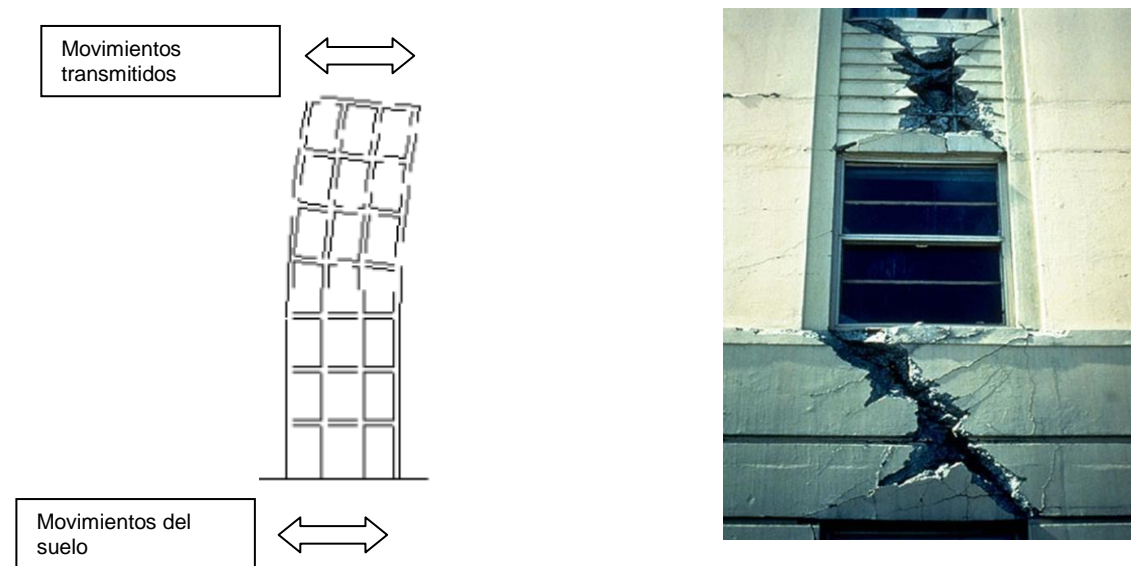
## 2.2. EFECTOS SOBRE LOS EDIFICIOS

El empuje de sismo afecta de la siguiente forma los edificios:

- Aumenta considerablemente la cuantía de la armadura superior en vigas y viguetas al incrementarse el momento en éstas, siendo más acentuado en las plantas inferiores.
- Aumenta el cortante en vigas y viguetas.
- Incrementa el momento, cortante y axil en pilares.
- Aumenta las cargas en cimentación.

### 2.2.1. Deformación de la estructura.

Una grieta causada por un movimiento sísmico es inconfundible, pues se produce en diagonal en forma de aspa o x.



En las fotografía anterior, pueden observarse un edificio con estructura de hormigón armado y cerramiento de hormigón armado, que resulto dañado durante el terremoto de Anchorage, Alaska, U.S.A.; Marzo de 1964; magnitud Richter 8,6 y máxima intensidad M.S.K. VIII - IX

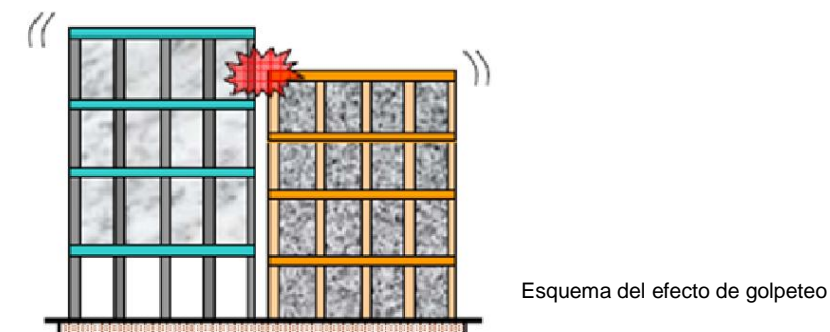
En un edificio sometido a fuerzas horizontales como las que origina un terremoto, aparecen esfuerzos cortantes muy importantes. Como es un fenómeno oscilatorio, el cortante varía de sentido, produciéndose una excesiva inversión de esfuerzos que en los planos verticales se manifiesta como grietas en forma de X claramente definidas.

### 2.2.2. Fenómeno aplauso

Se produce cuando dos o más edificios están muy cercanos. La vibración de un terremoto fuerte puede hacer que estos se golpeen mutuamente. Cuando los edificios adyacentes son de diferente altura y sus plantas no coinciden las plantas y el techo del edificio mas bajo puede golpear a media altura los pilares del edificio mas alto lo que puede causar graves daños.

Estos daños por golpeteo, también llamados fenómeno aplauso, suceden por el insuficiente espacio que existe entre los edificios para que puedan desplazarse lateralmente en caso de movimientos sin perjudicarse.

Para evitar este fenómeno, en la ciudad de San Francisco (U.S.A.) que resulto destruida durante el terremoto y posterior incendio en 1906, el actual ordenamiento urbano de la ciudad impide que edificios de diferentes alturas puedan estar juntos y a partir de cierta altura, los edificios deben estar aislados



Imágenes de dos edificios de hormigón después del terremoto Lorca, España; Mayo de 2011.





Imagen del Hotel Carlo frente al Monumento a la Revolución (Ciudad de México, México). Se trata de un edificio de estructura de hormigón armado y fachada formada por un muro cortina, dañado durante el terremoto de Septiembre de 1985; magnitud Richter 8,1; máxima intensidad M.S.K. IX. En las imágenes observan graves daños estructurales con colapso de una planta intermedia.

### 2.2.3. Daños en pilares.

Los pilares de planta baja son los más afectados en un terremoto, dado que tienen que soportar todo el peso de la edificación y evitar que se desplace, quedando sometidos a fuertes momentos y cortantes.

La parte superior de los pilares es la más afectada en un movimiento sísmico, ya que en esa zona el hormigón suele tener menor resistencia, debido a que en su ejecución durante el vibrado se acumula en la parte alta el árido fino y agua de amasado, siendo más acusado este efecto en pilares de mayor altura.

El tipo de rotura más frecuente es por aplastamiento del hormigón en la cabeza del pilar y por cortante con fisuras como la que se indica en las imágenes:

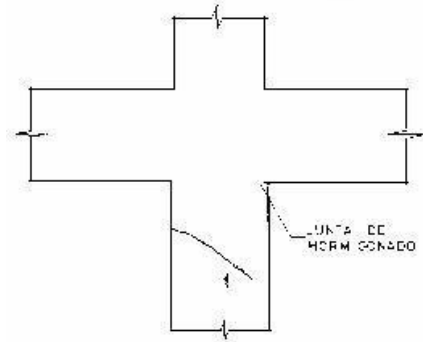


Imagen del pilar de planta baja de un edificio de estructura de hormigón armado después del terremoto Lorca, España; Mayo de 2011.

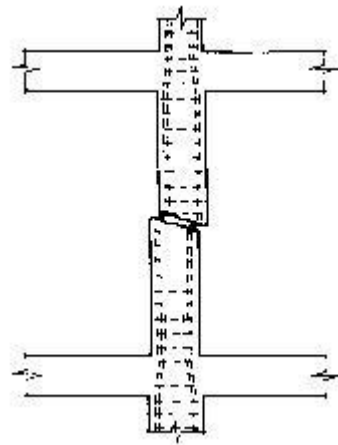


### 2.2.3.1. Falta de confinamiento de los pilares

La utilización de una armadura transversal inadecuada en los pilares, como puede ser un diámetro insuficiente del redondo y un espaciamiento inadecuado de los cercos o su mala conexión, impide el confinamiento de dichos elementos en las zonas de los nudos e influye decisivamente en el comportamiento sísmico de los edificios.



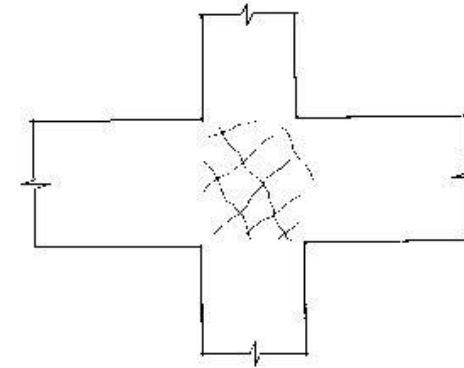
A la izquierda, diagrama que muestra la falta de cercos en la zona de rotura del pilar. A la derecha, Imagen del pilar de planta baja de un edificio de estructura de hormigón armado dañado durante el terremoto de Ciudad de México, México; Septiembre de 1985; magnitud Richter 8,1; máxima intensidad M.S.K. IX



A la izquierda, diagrama que muestra la falta de cercos en la zona de rotura del pilar. A la derecha, Imagen del pilar de planta primera del Hospital de San Fernando, California. Edificio de estructura de hormigón armado con cerramiento y particiones interiores de fábrica de ladrillo dañado durante el terremoto Febrero de 1971; magnitud Richter 6,6; máxima intensidad M.S.K. VIII - IX

### 2.2.3.2. Rotura en nodos viga-columna

Las uniones viga-columna son las áreas críticas debido a los esfuerzos que se generan como consecuencia de un terremoto. Esto es especialmente cierto para las conexiones de los extremos de los marcos en los que los nodos son menos "limitada" que los de localización más central. Por esta razón, los detalles estructurales de las conexiones deben estar debidamente detallados con el fin de resistir la sísmica de alta cizalladura y momento.



A la izquierda, diagrama que muestra la falta de cercos en la zona de rotura del pilar. A la derecha, Imagen del pilar de planta de estructura de hormigón armado tras el terremoto agosto de 1999, en Elazig, Turquía. ; Magnitud Richter 6.

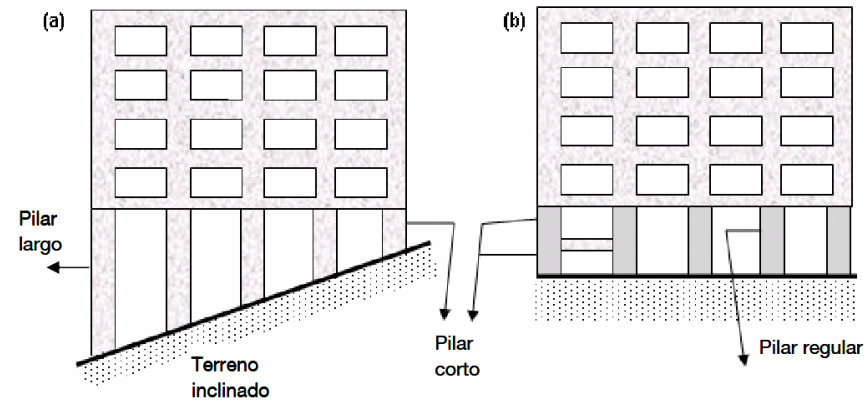


Imagen edificio de estructura de hormigón armado tras el terremoto agosto de 1999, en Elazig, Turquía. ; Magnitud Richter 6.



### 2.2.3.3. Efecto de pilar corto

El efecto del pilar corto tiene su origen en mayor rigidez en comparación con los pilares más largos que se encuentran al mismo nivel del edificio. Debido a dicha rigidez, los pilares cortos atraen una mayor carga sísmica por lo que están sometidos a mayores esfuerzos, especialmente cortantes. Como consecuencia, sufrirán daños mayores que los pilares de mayor longitud. Diversas situaciones propician la existencia de pilares cortos: edificios que descansan sobre un terreno inclinado, entresuelos añadidos entre dos plantas regulares y pórticos con muros de relleno de altura parcial entre otros



Ejemplos de situaciones de pilares cortos (Rojas 2005)

Un caso típico se observa en los semisótanos. Los pilares están parcialmente embutidos en los muros de sótano salvo en su parte superior, que es donde normalmente se coloca una ventana estrecha y alargada para iluminar y ventilar, generalmente en esta zona el pilar se agrieta o incluso llega a romper.

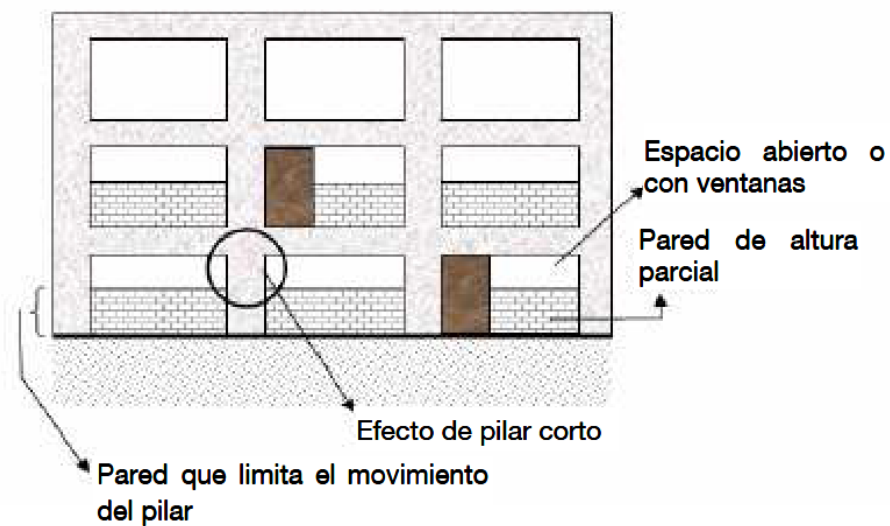


Ilustración de formación de un mecanismo típico de pilar corto. Configuración de paredes de altura limitada y ventanas altas (Rojas, 2005)



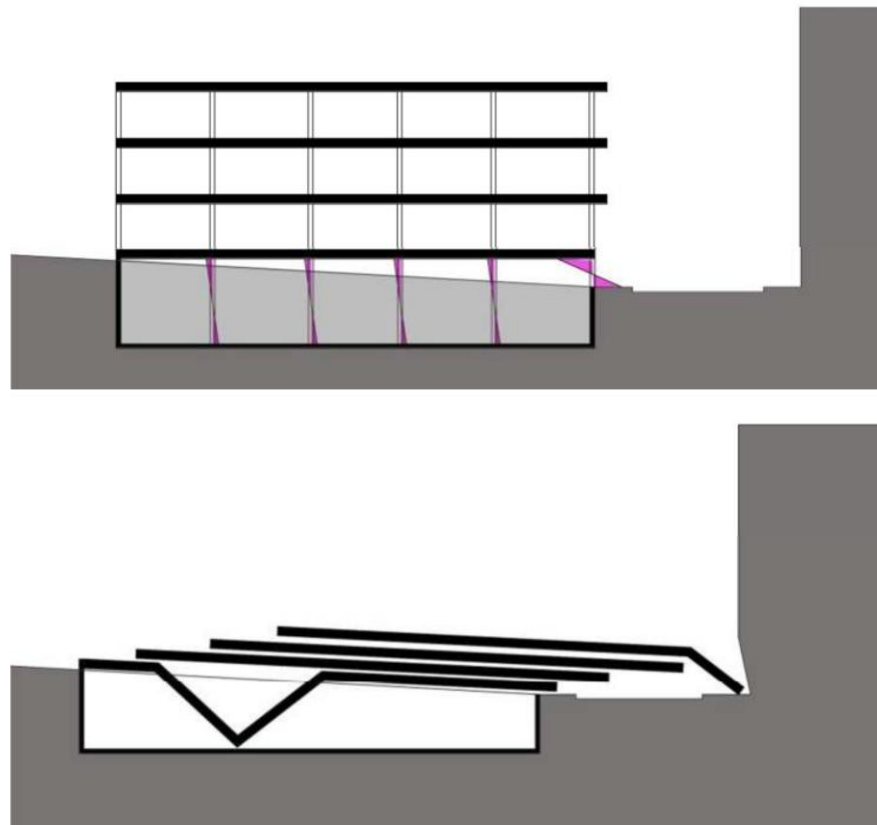
Edificio de estructura de hormigón armado y cerramiento y particiones de ladrillo, dañado durante el terremoto de Managua, Nicaragua en 1972, en el que se puede ver como el pilar no ha podido deformarse como en un principio había sido calculado por culpa del cerramiento que impedía el movimiento libre de la parte inferior del pilar.



Las imágenes siguientes muestran ejemplos de los daños en pilares cortos en un edificio de construcción reciente apoyado en múltiples pilares cortos en Lorca, España, tras el terremoto de mayo de 2011.



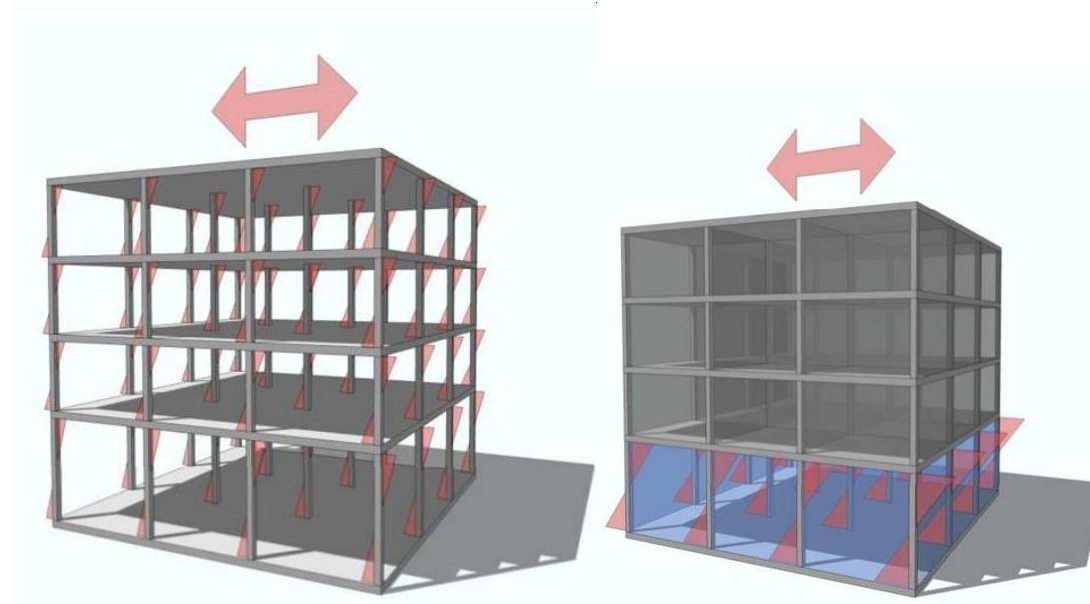
La imagen siguiente muestra el único edificio que colapso durante el terremoto localizado en el barrio de La Viña, uno de los que más afectó el terremoto de Lorca. Los análisis preliminares (Murphy, 2011) indican que este edificio colapso debido al fallo de los pilares cortos que delimitan su perímetro exterior.



Esquemas explicativos grafica de la causa del colapso (Informe IGC seísmo Lorca)

## 2.2.4. Efecto del piso blando

Si las particiones interiores de un edificio entran en carga durante un terremoto y colaboran con la estructura para resistir sus efectos sin haber sido calculados para absorber la fuerza que les corresponda en función de su rigidez, el comportamiento de la estructura será muy distinto al supuesto en el proyecto.

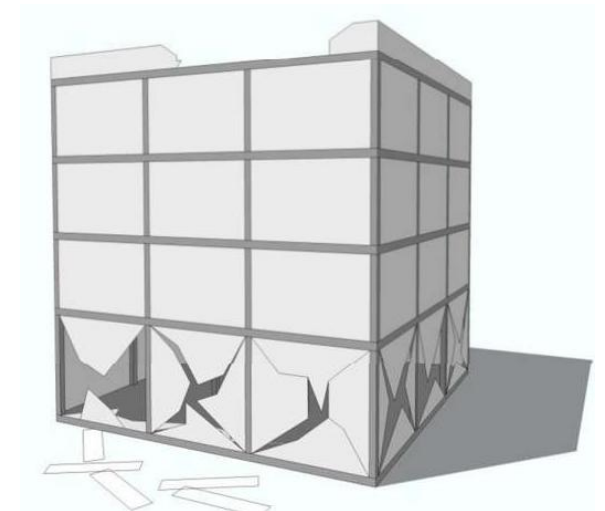


El esquema de la izquierda muestra los esfuerzos cortantes que se calculan para la estructura de planta baja y el esquema de la derecha los que realmente absorbe.

Un caso particular es el llamado "piso blando". Se produce en aquellos edificios que teniendo una distribución de particiones interiores más o menos similar en todas sus plantas, una de ellas se presenta diáfana.

La sacudida sísmica al subir por la estructura la va deformando y ésta transmite parte de la carga a los paños de fábrica. En el camino de vuelta la energía que se había ido repartiendo entre la estructura y las particiones, al llegar a la planta diáfana se concentra en los pilares produciendo graves daños que pueden llegar al colapso de todo el edificio por rotura de los mismos.

Es un caso típico que puede darse en edificios residenciales con abundante compartimentación en todas sus partes menos en la baja, que suele estar destinada a garaje o locales comerciales.







Imágenes que muestran ejemplos de los daños plantas blandas en un edificio de estructura de hormigón armado en Lorca, España, tras el terremoto de mayo de 2011.

Edificio de estructura de hormigón armado y uso comercial, dañado durante el terremoto de Managua, Nicaragua de 1972.

El desplazamiento lateral que puede observarse en la planta baja, es un caso típico de "piso blando", ya que a excepción de las lunas de los comercios, la planta baja era diáfana, mientras que la primera planta, presentaba particiones interiores y cerramientos exteriores

### 2.2.4. Daños en forjados reticulares.

Los forjados reticulares se comportan bien en cuanto a flexibilidad, pudiendo tener grandes desplazamientos horizontales sin sufrir daños, pero presentan problemas de punzonamiento, Los pilares suelen atravesar limpiamente los forjados y éstos se desploman hechos una sola pieza pudiendo producir el colapso de las plantas inferiores.



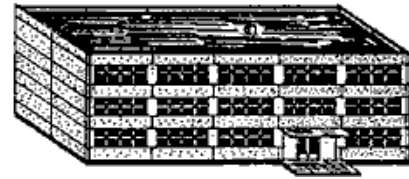
Imágenes de los talleres de costura en Calzada de Tlalpan, Ciudad de México, Septiembre 1985. Magnitud Richter 8.1 ; máxima intensidad M.S.K. IX



## Clasificación de daños en edificios de hormigón armado

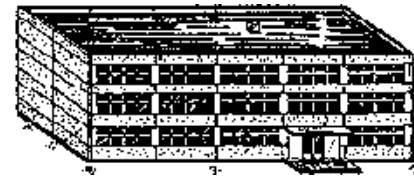
### Grado 1: Daños de despreciables a ligeros (ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros)

Fisuras en el revestimiento de pórticos o en la base de los muros.  
Fisuras en tabiques y particiones.



### Grado 2: Daños moderados (daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)

Grietas en vigas y pilares de pórticos y en muros estructurales.  
Grietas en tabiques y particiones; caídas de enlucidos y revestimientos frágiles. Caída de mortero de las juntas de paneles prefabricados.



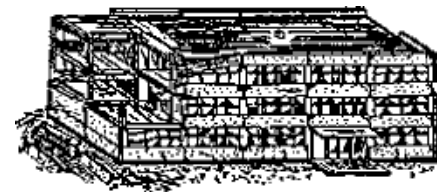
### Grado 3: Daños de importantes a graves (daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)

Grietas en pilares y en juntas viga/pilar en la base de los pórticos y en las juntas de los muros acoplados. Desprendimiento de revocos de hormigón, pandeo de la armadura de refuerzo.  
Grandes grietas en tabiques y particiones; se dañan paneles de particiones aislados.



### Grado 4: Daños muy graves (daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)

Grandes grietas en elementos estructurales con daños en el hormigón por compresión y rotura de armaduras; fallos en la trabazón de la armadura de las vigas; ladeo de pilares.  
Colapso de algunos pilares o de una planta alta.



### Grado 5: Destrucción (daños estructurales muy graves)

Colapso de la planta baja o de partes (por



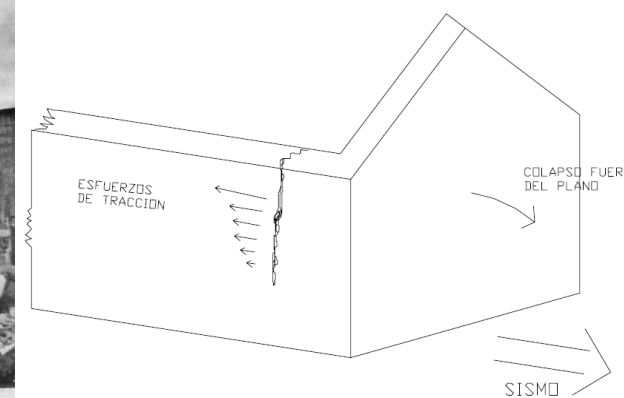
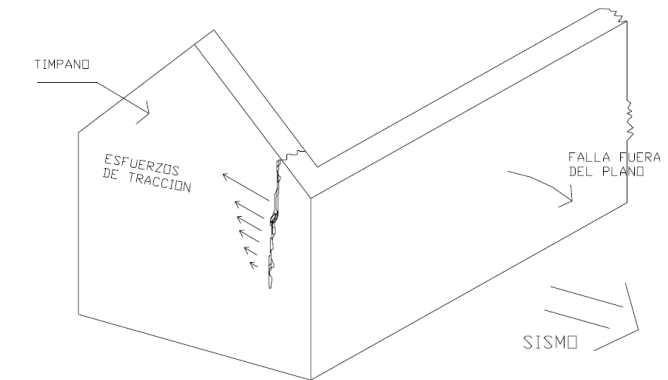
Clasificación del grado de daño en edificios de hormigón armado según la escala MSK . Ministerio de fomento.

## 2.2.5. Daños en edificios con muros de carga

### 2.2.5.1. El Colapso de tímpanos

Estos daños se producen en edificios con cubierta a dos aguas la construcción del tímpano como continuación de los muros extremos. La mayor altura de estos muros los hace especialmente vulnerables al colapso fuera del plano aún cuando puedan estar ligeramente arriostrados por el techo de la vivienda que por lo general se apoya sobre ellos.

Dos tipos de falla fuera del plano se presentan en estos casos: el primero cuando se genera una grieta horizontal en el nivel inferior del tímpano produciendo el colapso del mismo y el segundo cuando la mayor masa del muro produce el agrietamiento en la parte superior de las esquinas de conexión con los muros transversales, llegando a producir el colapso total del muro fuera del plano.



Grieta vertical en parte superior del tímpano, Cuzco 1985



### 2.2.5.2. Grietas verticales en las esquinas y volteo del muro fuera del plano.

Cuando ocurre un movimiento sísmico en viviendas de techo ligero la vibración fuera del plano de muros ortogonales entre sí genera entonces una concentración de esfuerzos de tracción en la parte superior de las esquinas, generando una grieta vertical que se propaga hacia abajo. Esta grieta vertical hace que el muro quede suelto vibrando libremente en sentido perpendicular a su plano, lo que a la postre causa su colapso fuera del plano.

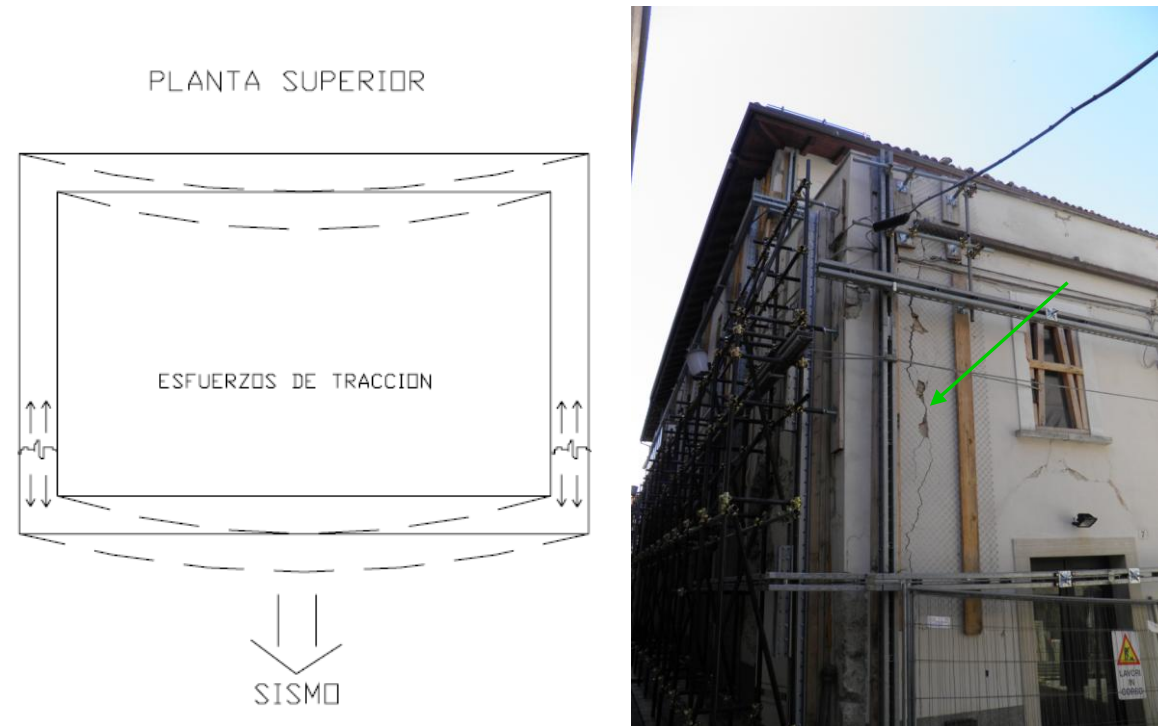


Imagen de fachada vivienda afectada por el terremoto de L'Áquila, Italia en 2009, en la que se puede observar una grieta vertical en toda la longitud de la fachada producido por el volteo del muro de carga.

### 2.2.6. Daños en caja de ascensores

Los daños en cajas de escalera y ascensores suelen aparecer en las plantas bajas o a nivel de calle y en las primeras plantas de los edificios, al ser en las zonas en las que se han producido daños debido a las mayores cargas de flexión/compresión.

En su mayoría se trata de derribos de los cerramientos de los huecos de ascensor, generalmente de ladrillo aunque también se pueden encontrar daños en las pantallas de hormigón de los ascensores.



Daños en la pantalla de hormigón armado del ascensor, tras el terremoto de Lorca, España, mayo de 2011.

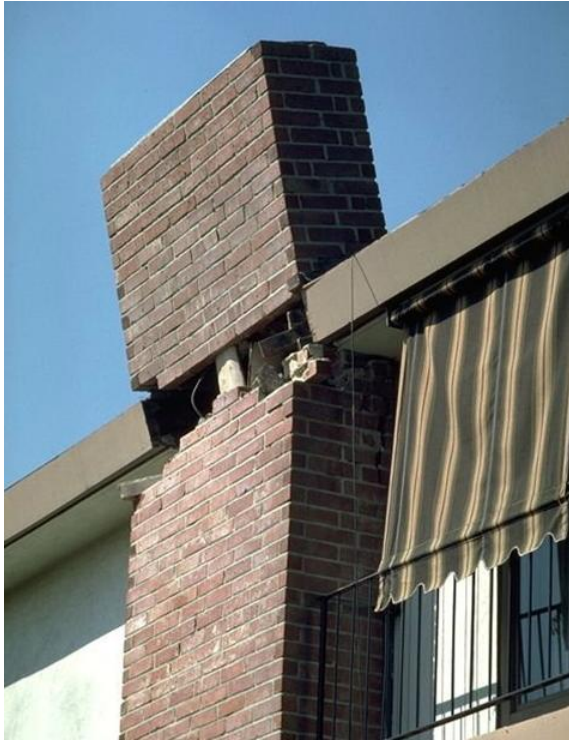


Vista de la cabina del ascensor y cerramientos derribados, tras el terremoto de Lorca, España, mayo de 2011.



### 2.2.7. Daños elementos estructurales no anclados

Los elementos no estructurales que tengan el borde superior libre, como cornisas, antepecho, parapetos y chimeneas y que no están enlazados a la estructura, pueden colapsar durante o tras el sismo cayendo sobre edificios o sobre la vía pública, con el peligro que ello supone para los ciudadanos



Edificio de estructura de hormigón armado con cerramientos y particiones interiores de fábrica de ladrillo, dañado durante el terremoto de Whittier, California, U.S.A.; Octubre de 1987; magnitud Richter 5,9; máxima intensidad M.S.K. VIII, en el que se puede ver como la chimenea de fábrica de ladrillo ha partido.



Edificio de estructura a base de muros de carga tras el terremoto de L'Aquila, Italia en 2009. En la imagen se observa que por temor a nuevas caídas de partes del zócalo decorativo, se instaló una red anclada al muro que recogería estos elementos en caso de caída.



Caída de ladrillos procedente de una cornisa de un edificio cercano, tras el terremoto de Lorca, España, mayo de 2011.



# CAPÍTULO

# 3



SISTEMAS DE RESISTENCIA SÍSMICA



## INTRODUCCIÓN

En un mundo cada día más poblado, cada vez hay más personas viviendo sobre áreas con gran riesgo de fuertes terremotos. Este es el caso de países enteros como Japón o Chile se encuentran justo sobre los límites de placas tectónicas. Por ello, diseñar edificios que puedan aguantar las fuertes sacudidas de la tierra es imprescindible para la supervivencia de las estructuras y las gentes que acogen.

Se entiende que una edificación es sismorresistente cuando se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de fuerzas causadas por sismos frecuentes. Pero no se puede decir que existen edificios totalmente sismorresistentes. Aun cuando se diseñe y construya una edificación cumpliendo con todos los requisitos que indican las normas de diseño y construcción sismo resistente, siempre existe la posibilidad de que se presente un terremoto aun más fuerte que los que han sido previstos y que deben ser resistidos por la edificación sin que ocurran daños. Sin embargo, aunque se presenten daños, en el caso de un sismo muy fuerte, una edificación sismorresistente no colapsará y contribuirá a que no haya pérdida de vidas y pérdida total de la propiedad.

*“Los criterios actuales de diseño sismorresistente requieren que la estructura soporte un sismo severo sin que llegue al colapso, aunque puedan producirse daños locales importantes. Para ello, la estructura se diseña y construye proporcionándole detalle que permitan las deformaciones esperadas durante un sismo severo, sin pérdida significativa de resistencia y, de ahí la importancia de su estudio.”* (Bozzo y Barbat 1995 b)

Lamentablemente, a menudo podemos comprobar que la gran diferencia de daños entre un terremoto u otro no depende tanto de la fuerza potencial del mismo, sino de la forma en la que fueron levantadas sus construcciones, de la riqueza de la zona. Por esta razón, un terremoto reciente como el ocurrido en Haití el 12 de enero de 2010 produjo 316.000 fallecidos, mientras que uno de magnitudes similares ocurrido en regiones más preparadas apenas se saldan con heridos.

Por ello, es necesario entender que el sobre costo que significa la incorporación de sistemas sismorresistentes es mínimo si la construcción se realiza correctamente y es totalmente justificado, dado que significa la seguridad de las personas en caso de terremoto y la protección su patrimonio, que en la mayoría de los casos es la misma edificación.

## 3. SISTEMAS DE RESISTENCIA SISMICA

Para la realización de este capítulo de introducción a los sistemas sismorresistentes existentes, se siguió la clasificación propuesta por A. Barbat, M.Bozzo en su libro *Diseño sismorresistente de edificios: técnicas convencionales y avanzadas*. En el proponen una clasificación de los sistemas entre los que denominan convencionales que se basan en la disposición de elementos adecuados para lograr la sismorresistencia y los más tecnológicamente avanzados.

### 3.1. SISTEMAS CONVENCIONALES

Las técnicas convencionales para mitigar y controlar la respuesta de una edificación ante un evento sísmico se basan en la combinación de resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía en el rango inelástico de la estructura, tomando como condición su ductilidad. En estructuras de hormigón armado y otros materiales, estos métodos exigen una cuidadosa disposición del refuerzo, de la configuración estructura adecuada cuidando al detalle los elementos estructurales, tales como vigas y columnas y las conexiones entre ellos.

Cabe destacar que la aplicación de estos métodos presentan un aumento de costo frente a una estructura no sismorresistente, presentando, además, el inconveniente de que la estructura, por su mismo trabajo inelástico, sufre daños permanentes, muchas veces sin posibilidad de reparación.

#### 3.1.2. SISTEMAS ESTRUCTURALES BASADOS EN MUROS

Los sistemas estructurales basados en muros, han soportado satisfactoriamente los sismos y se han transformado en el principal criterio de estructuración para edificios de hormigón armado en zonas de actividad sísmica. Este tipo de sistemas otorga a las edificaciones una alta capacidad resistente, y a la vez genera una estructura rígida que permite controlar los desplazamientos relativos de entrepiso.

##### 3.1.2.1. MUROS DE CARGA. MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

En la actualidad, la mampostería estructural, es quizás el sistemas constructivo más difundida en el ámbito de la vivienda de bajo costo, sin embargo, en muchos casos se ejecuta de manera improvisada sin ningún tipo de control, debido a la carencia de un normativa que regule su ejecución y presente de manera clara y precisa. Esto reviste a las edificaciones de mampostería de un alto grado de vulnerabilidad frente a la acción de fuerzas sísmicas.

La ocurrencia de terremotos fuertes genera acciones laterales sobre las edificaciones, sometiendo sus elementos portantes a grandes solicitaciones de cortante y de pandeo. Cuando esos elementos son muros de mampostería se generan tensiones importantes de tracción que provocan una rápida fisuración diagonal de las fábricas, pudiendo comprometer la estabilidad del muro y, por lo tanto, de la edificación.

Si bien es cierto, que una aplicación adecuada de la mampostería puede producir edificaciones seguras desde el punto de vista estructural, la mayoría de las normas de construcción no la aconsejan para edificios de más de 4 plantas. Por ejemplo, la norma española NCSR -02 obliga a disponerse muros resistentes en las dos direcciones principales en planta de la manera más uniforme y simétrica posible, evitando los cambios bruscos de rigidez producidos por cambios en los materiales. Limita la altura de una estructura de este tipo a 4 plantas con un espesor mínimo para muros exteriores de 14 cm y de 12 cm para los interiores.

De acuerdo a la distribución del refuerzo, los muros se clasifican en:

- Muros No Reforzados o de Albañilería Simple.
- Muros Reforzados (Armados, Laminados y Confinados).

Cabe destacar, que la NCSR -02 considerará una solución “no dúctil” a los muros de carga incluso aunque se dispongan los refuerzos que se prescriben en este capítulo.

### 3.1.2.1.1. MUROS NO REFORZADOS O DE ALBAÑILERÍA SIMPLE

Son aquellos muros que carecen de refuerzo; o que teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe tener todo muro reforzado.

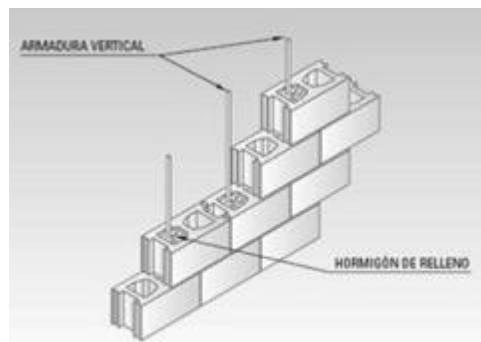
La mayoría de Normativas limita su utilización a edificaciones de un solo piso; sin embargo, en Lima existen muchos edificios antiguos de albañilería no reforzada, incluso de 5 pisos, pero ubicados sobre suelos de buena calidad y con una alta densidad de muros en sus dos direcciones, razones por las cuales estos sistemas se comportaron elásticamente ante los terremotos ocurridos en los años de 1966, 1970 Y 1974.

### 3.1.2.1.2. MUROS REFORZADOS

Son aquellos que llevan algún tipo de refuerzo que mejora su comportamiento ante una fuerza tanto perpendicular como en la dirección del eje del muro. La mampostería estructural moderna ofrece posibilidades sismoresistentes con la adecuación de muros portantes. Para ello se proponen dos alternativas: muros de mampostería armada internamente y muros de mampostería confinada, siendo esta última la más comúnmente utilizada en las viviendas de los sectores menos pudientes.

#### 3.1.2.1.2.1. Muros armados armada

Los muros armados se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería. Este refuerzo está generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical).

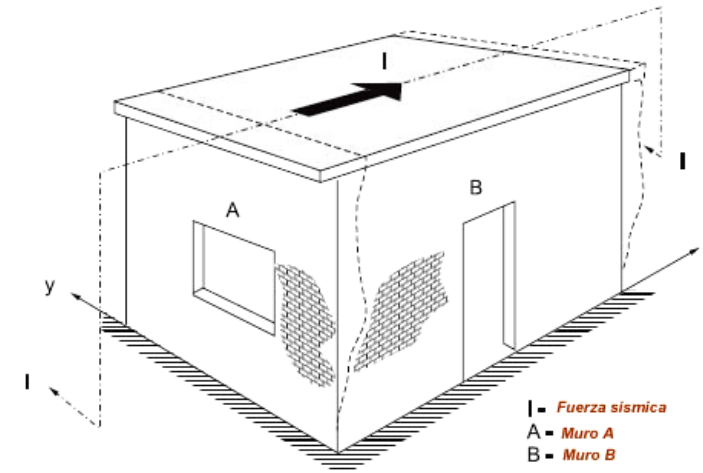


Estos muros requieren unidades alveolos que permiten la colocación de las barras de acero vertical distribuido. En las hiladas, se debe colocar barras de acero horizontal distribuido cuyo diámetro depende de la magnitud de la fuerza cortante que tiene que ser soportada íntegramente por el acero. El relleno de los huecos se realizará con un hormigón de dosificación adecuada al tamaño del hueco y de consistencia blanda, para asegurar el relleno perfecto de los huecos, sin que se produzca segregación en los áridos. Los bloques más para la albañilería armada, son el silicocalcáreo, el de hormigón prefabricado y el cerámico.

Cabe destacar la importancia de la correcta colocación de las armaduras en puntos críticos como esquinas encuentros perpendiculares, encuentros en cruz y dinteles de huecos.

Los arriostramientos horizontales en este sistema los componen las losas de los techos y el primer piso; mientras que los verticales están conformados por los muros transversales.

Tal y como muestra la figura, la estructura está sometida a una fuerza sísmica según la dirección X. El techo rígido transmite su fuerza de inercia a los cuatro muros en proporción a sus rigideces.



Comportamiento muros de carga ante un movimiento sísmico. *Guidelines for Earthquake Resistant Non-engineered Construction.* IAEE (International Association for Earthquake Engineering - Japan)



Izquierda, edificio de viviendas construido con muros de carga bloque silicocalcáreos, Perú. (A. San Bartolomé 1994) Derecha, edificio de viviendas construido con muros de carga bloque prefabricado de hormigón, Chile.

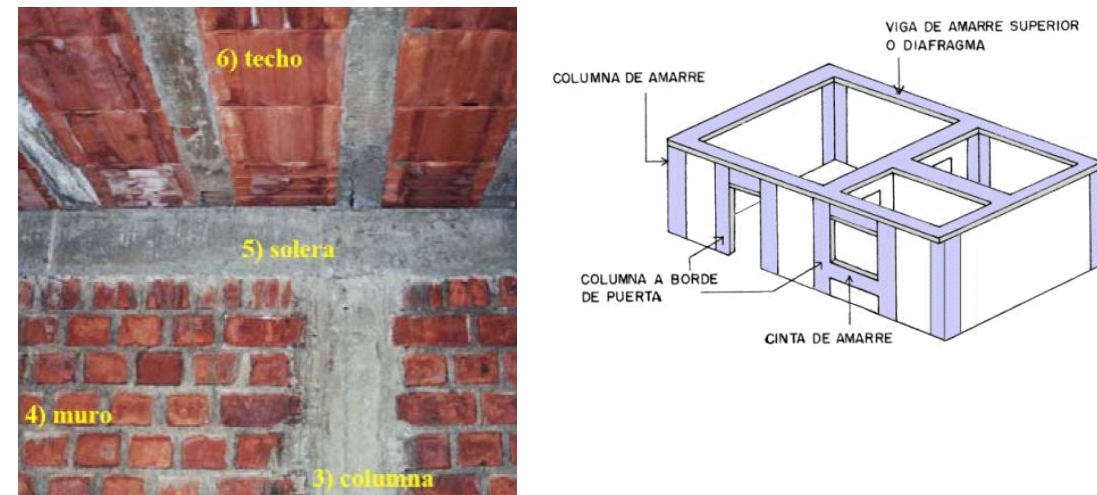


### 3.1.2.1.2.2. Mampostería confinada

La albañilería confinada, está constituida por muros de ladrillos, enmarcados en sus cuatro lados por columnas y vigas de hormigón armado. Para los muros ubicados en el primer piso, la cimentación de hormigón constituye el elemento de confinamiento horizontal inferior. Los pilares, las vigas y/o cimentación que enmarcan un muro pueden comportarse como elementos de arrioste y de confinamiento vertical y horizontal.

Aunque no se puede evitar la fisuración de los muros contra las cargas laterales paralelas a sus planos, la acción integradora que se produce entre los paños de mampostería y los elementos confinantes retarda el agotamiento de los muros permitiendo desplazamientos laterales significativos.

Por otro lado, cuando las cargas actúan de manera perpendicular a los planos de los muros, los elementos confinantes son el factor básico de estabilidad. Los momentos de volcamiento generados por tales acciones requieren de elementos capaces de resistir las tracciones inducidas. Los machones o elementos confinantes verticales cumplen con tal compromiso



La mampostería confinada es una técnica que, bien empleada, puede generar ahorros sustanciales, ya que las secciones del marco de confinamiento se reducen al espesor de los muros. Su aplicación como técnica racionalizada permitiría disminuir las secciones de hormigón armado y acero de refuerzo al propiciar la contribución de las paredes o muros a la estructura en su conjunto, ventaja que no se logra con las estructuras de pórticos o de esqueleto resistente. “Esta técnica reduce el uso de concreto armado, obliga a una mayor racionalidad dimensional y no implica cambios tecnológicos importantes...” (Cilento, 1989, p. 11).

### 3.1.2.1.2.3. Comparación de los dos sistemas

Ángel San Bartolomé (1998), señala que la albañilería confinada, presenta más ventajas que la albañilería armada. Haciendo un análisis comparativo con la albañilería armada, se exponen a continuación las ventajas y desventajas de la albañilería confinada con respecto a la albañilería armada.

#### • Ventajas

- Más económica que la albañilería armada.
- Más fácil de construir.
- Es más factible alcanzar precisión en la colocación del refuerzo, en el asentado de los muros, en el encofrado de los elementos de confinamiento y hormigonado.
- menor porcentaje de acero que en albañilería armada.
- Los pilares de confinamiento, colocadas en los extremos de los paños pueden resistir adecuadamente los esfuerzos de flexocompresión.
- Es factible obtener buenos acabados cara vista.
- Es factible obtener buena transferencia de esfuerzos entre techo y muro; y entre muro y cimentación.

#### • Desventajas

- Se deben encofrar los elementos de confinamiento.
- Hay mayor dificultad para colocar los conductos de las instalaciones eléctricas.

### 3.1.2.2. MURO DE CORTANTE

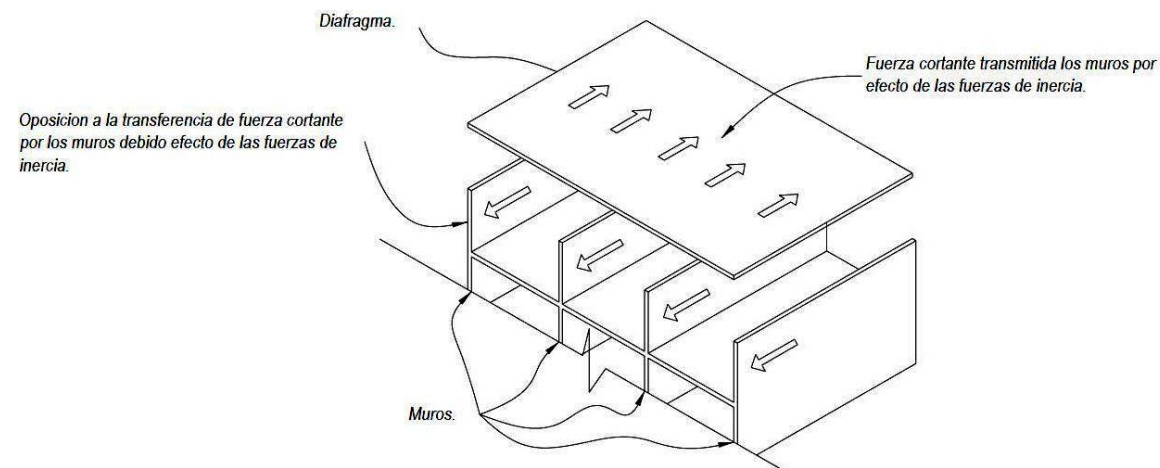
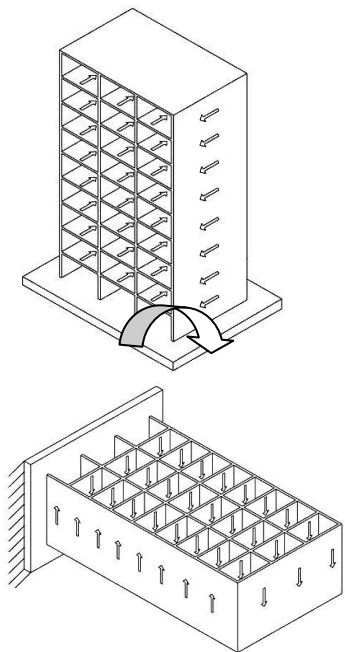
En edificios de alturas considerables es necesario proveer una rigidez adecuada para resistirlas fuerzas laterales causadas por el viento y el sismo. Cuando tales edificios no son adecuadamente diseñados debido a estas fuerzas, pueden presentarse grandes esfuerzos, vibraciones y flexiones laterales pudiendo producir, no sólo severos daños a la estructura, sino también molestias a sus ocupantes.

Se denomina muros de cortante a un elemento estructural vertical fabricado a base de hormigón armado, el cual aporta rigidez al sistema estructural.

En la imagen se observa que los muros de cortante tienden a actuar en su conjunto como una viga en voladizo que soporta las cargas transmitidas por los forjados, así como las cargas gravitatorias de su peso propio y las fuerzas dinámicas producidas por el viento o el sismo.

Durante un terremoto, los muros se opondrán al movimiento alternado de los forjados (en el sentido de las flechas de la imagen) debido a la transferencia de cortante que brinda el diafragma en la parte superior del muro.

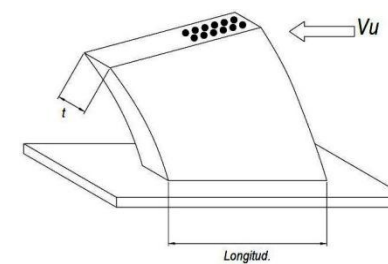
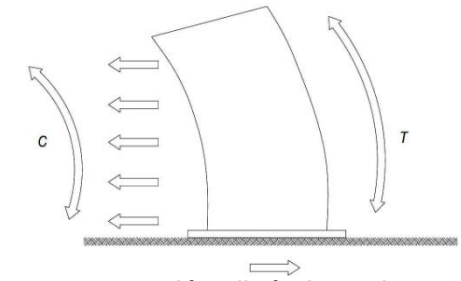
(D.A. Torres Avila.2007, IPN México DF)



Esquema de transferencia de fuerzas cortantes (D.A. Torres Avila.2007, IPN México DF)

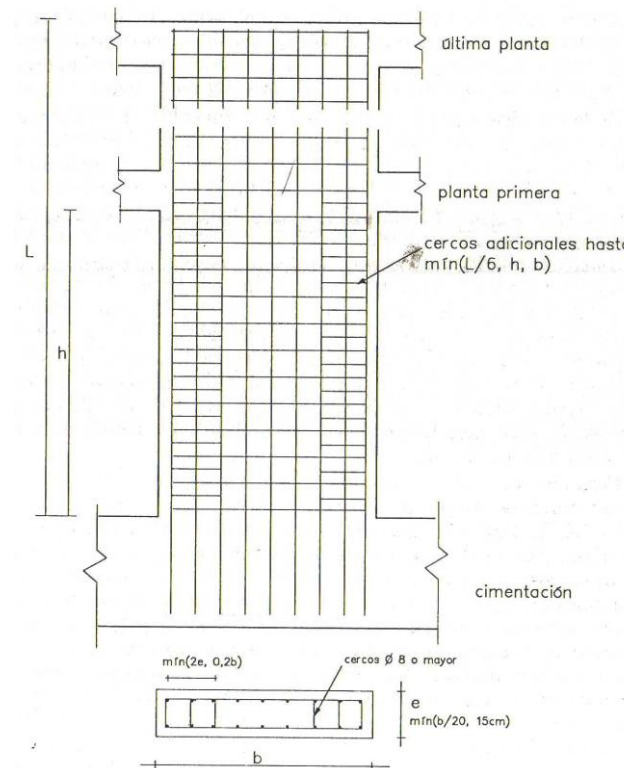
### Diseño de los muros de cortante

Los muros deben diseñarse para recibir las fuerzas laterales en los diafragmas y estos a su vez transmitirlas a los muros que las llevarán hasta la cimentación. Por tanto, es necesario que las estructuras cuenten con ciertas características de ductilidad que, la cual se podrá adquirir si se le proporciona un esfuerzo adecuado.

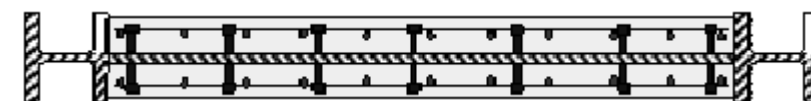


Como se muestra en la figura, ante una acción dinámica, el muro se verá sometido a unos esfuerzos de flexión, que serán absorbidos por las armaduras y que se situarán en los extremos.

Estos refuerzos se pueden hacer con un aumento de barras de acero en las zonas de refuerzo o con una estructura metálica conectada al hormigón mediante unos pernos que hacen que trabajen conjuntamente los dos elementos.



Muros de cortante de ductilidad alta, de acuerdo con la NCSE-94. (A.Barbat. m. Bozzo)



Muros de cortante de compuestos. (F. Arancibia Carvallo, ingenieriasismicaylaconstruccioncivil.blogspot.com)



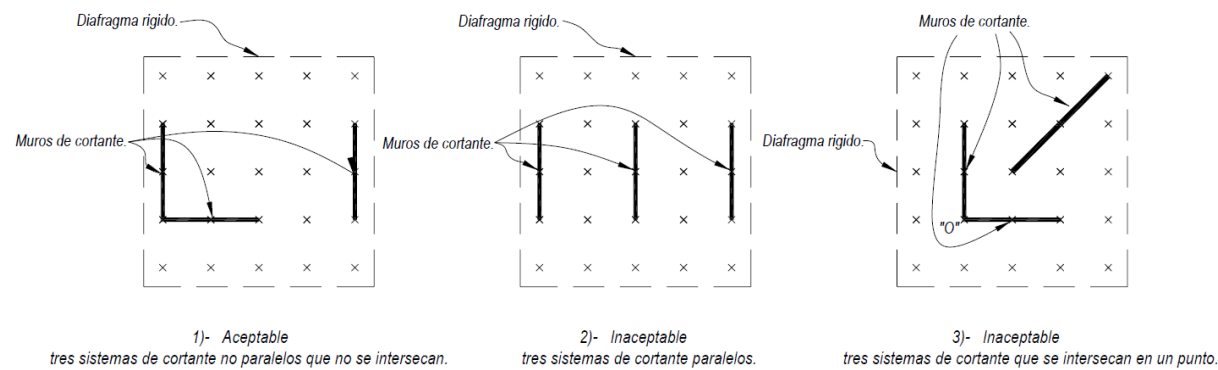
En comparación con un muro de hormigón armado cortante, un muro compuesto sometido a las mismas solicitaciones, tendrá menor espesor y menor peso; lo que resulta muy ventajoso desde el punto de vista arquitectónico proporcionando más espacio físico utilizable particularmente en altura edificios.

### Disposición de los muros

El uso de estos elementos está estrechamente vinculado a la disposición de los mismos en el edificio. Cuando los muros de hormigón armado, son colocados en ciertas zonas estratégicas, pueden a menudo usarse económicamente para proporcionar la resistencia necesaria a cargas horizontales.

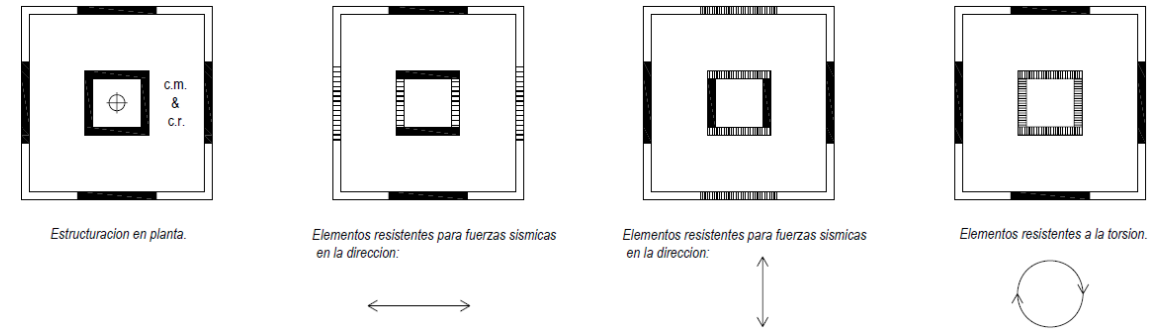
Para que el edificio sea estable para todas las direcciones del plano, al menos debe tener tres sistemas de muros de cortante. Es importante que estos muros de cortante no sean paralelos, ya que el muro solo es eficaz para resistir cargas en su plano. Además, las líneas de acción de los tres muros no deben converger en ningún punto, ya que cualquier carga aplicada en el punto de intersección causaría una fuerza de rotación al forjado.

Para evitarlo, una buena solución es disponer dos muros de cortante paralelos entre sí, con una distancia razonable entre ellos, y el tercero perpendicular a ellos. De esta manera obtendremos unos sistemas que se ajusta a las condiciones antes planteadas.



Ejemplos de diferentes disposiciones de muros de cortante. (D.A. Torres Avila.2007, IPN México DF)

Los muros de cortante pueden ser usados para resistir sólo fuerzas laterales o como muros de carga. Además pueden emplearse para encerrar ascensores, escaleras y cuartos sanitarios. A continuación se muestran unas imágenes de la disposición de estas estructuras y su forma de trabajo en función de esfuerzo al que se vea sometido.



Un ejemplo de la aplicación del sistema de muros de cortante se puede encontrar en el Edificio Residencial Mariscal Castilla, ubicado en la calle Joaquín Bernal 886 - 890, Distrito de Lince, Provincia de Lima y Departamento de Lima.



Se trata de un edificio de vivienda de diez pisos, con departamentos ubicados a partir del segundo piso, con un total con 18 departamentos; además cuenta con 12 estacionamientos y 06 depósitos en el primer nivel.

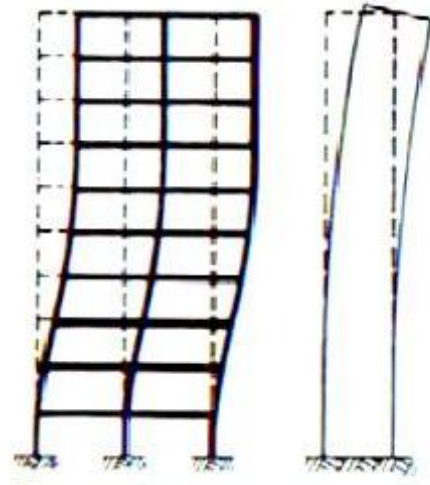
El sistema estructural empleado está compuesto por muros de corte de hormigón armado en ambos sentidos. Sobre los muros y vigas de concreto armado se apoya una losa aligerada cuyo espesor será de 0.25 m y 0.20 m dependiendo la zona. La cimentación está conformada por cimientos corridos de hormigón armado y zapatas de hormigón armado conectadas por vigas de cimentación.

Imagen digital del edificio terminado.

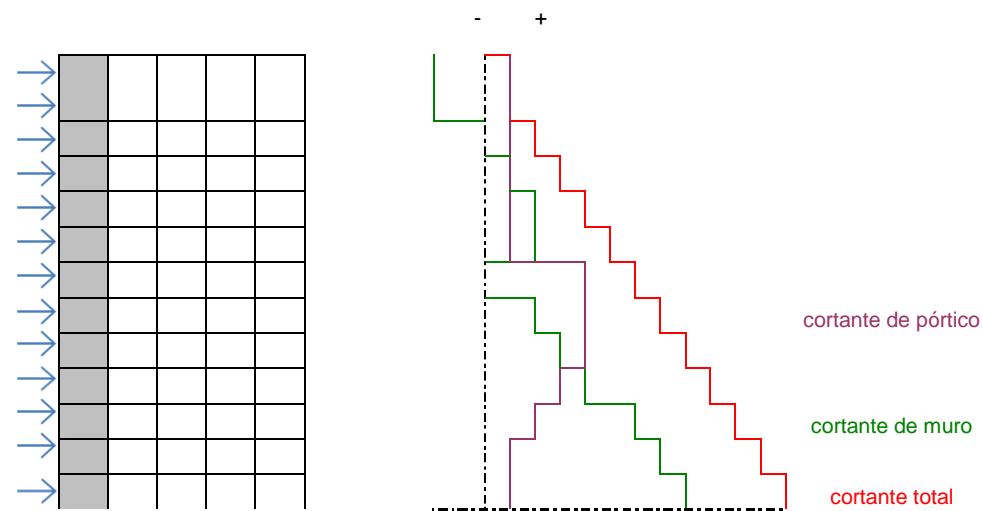
### 3.1.2.3. SISTEMA ESTRUCTURA DUAL

Existen edificios que no están estructuradas sólo por muros o por retículas de pilares, sino que son una mezcla de ambos. Son los llamados sistema dual o estructura híbrida compuesto por muros y pórticos. Estos sistemas pueden combinar las ventajas de sus elementos constituyentes, pilares dúctiles interactuando con muros, consiguiendo una significativa disipación de energía, cuando se requiera, particularmente en los niveles más altos de una estructura.

Por otra parte, como resultado de la gran rigidez de los muros, un buen control de deformación de entrepiso durante un sismo puede lograrse, y el desarrollo de mecanismos de piso figura pueden ser fácilmente evitados. Bajo la acción de fuerzas laterales, un pórtico deformará principalmente en el modo por corte, mientras que un muro se comportará como un voladizo vertical con deformaciones a flexión principalmente.



Deformación típica de un pórtico y de un muro de cortante. (P. Meneses Arcos)



Interacción muro-pórtico en la transmisión del cortante en altura (Adaptación A.Barbat. m. Bozzo)

Como se muestra en la imagen, el sistema porticado es más flexible en los niveles bajos de edificio, mientras que para los últimos pisos, el desplazamiento entre pisos se reduce considerablemente. Las fuerzas de cortante en los niveles superiores son transmitidas por los pórticos mientras que en los niveles bajos son mayoritariamente transmitidas por los muros, llegando a ser incluso negativas. Este comportamiento no se puede aplicar a los edificios de poca altura, pues en estos, los muros resisten mayoritariamente la carga en toda la altura.

El sistema estructural dual se utilizó en los dos bloques del Centro Empresarial San Isidro en Lima, Perú. Se trata de un proyecto de dos bloques de 16 pisos cada uno con 4 sótanos propiedad de una importante inmobiliaria del país. Este edificio se encuentra dentro del centro empresarial de la ciudad y forma parte de la cara más moderna de Lima.

Imagen del Centro Empresarial San Isidro en Lima, Perú.



### 3.1.2. PÓRTICOS ARRIOSTRADOS

El sistema de pórticos arriostrados se emplea comúnmente en edificios de acero laminado para limitar los desplazamientos de los entrepisos. La presencia de las barras diagonales o riostras modifica significativamente el comportamiento del pórtico, dado que se forma una estructura reticulada (con triangulaciones). Las acciones laterales de viento y sismo inducen en la estructura principalmente esfuerzos axiales de tracción y compresión. Este tipo estructural se caracteriza por una elevada rigidez lateral, lo que permite un adecuado control de los desplazamientos.

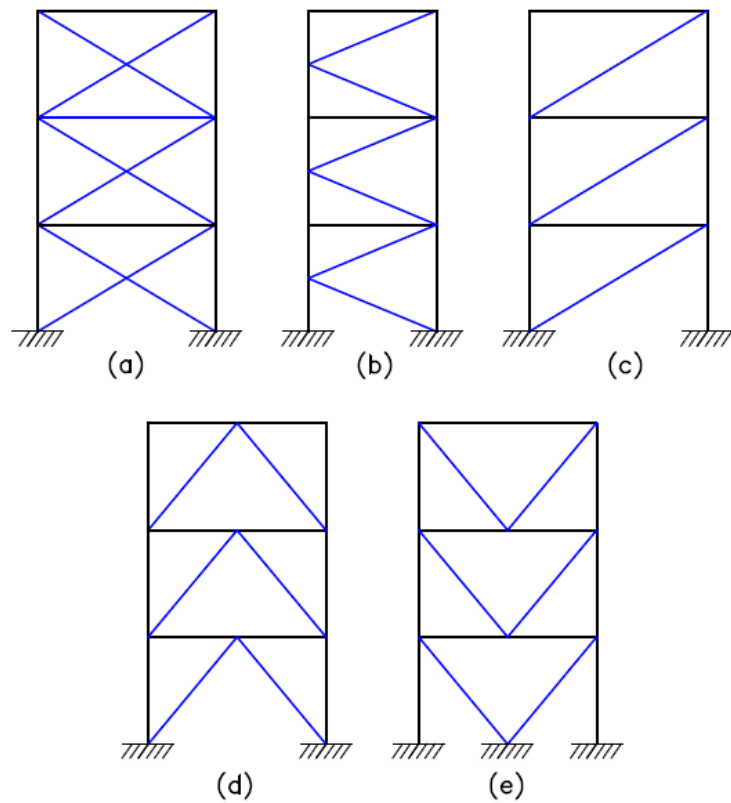
#### Diseño pórticos concéntricos

En todas estas tipologías se deben dimensionar las diagonales para evitar el fallo frágil por pandeo debido a las elevadas compresiones que las solicitan.

Se pueden plantear diferentes configuraciones eligiendo una u otra opción de configuración a partir de consideraciones estructurales, funcionales y eventualmente aspectos estéticos.

En general, para limitar los desplazamientos relativos entre plantas, los arriostramientos en X son más eficientes que los del tipo A. Sin embargo, pueden existir restricciones arquitectónicas como puertas o ventanas que hacen conveniente la elección de estos arriostramientos en A, los cuales, además, simplifican sus uniones.



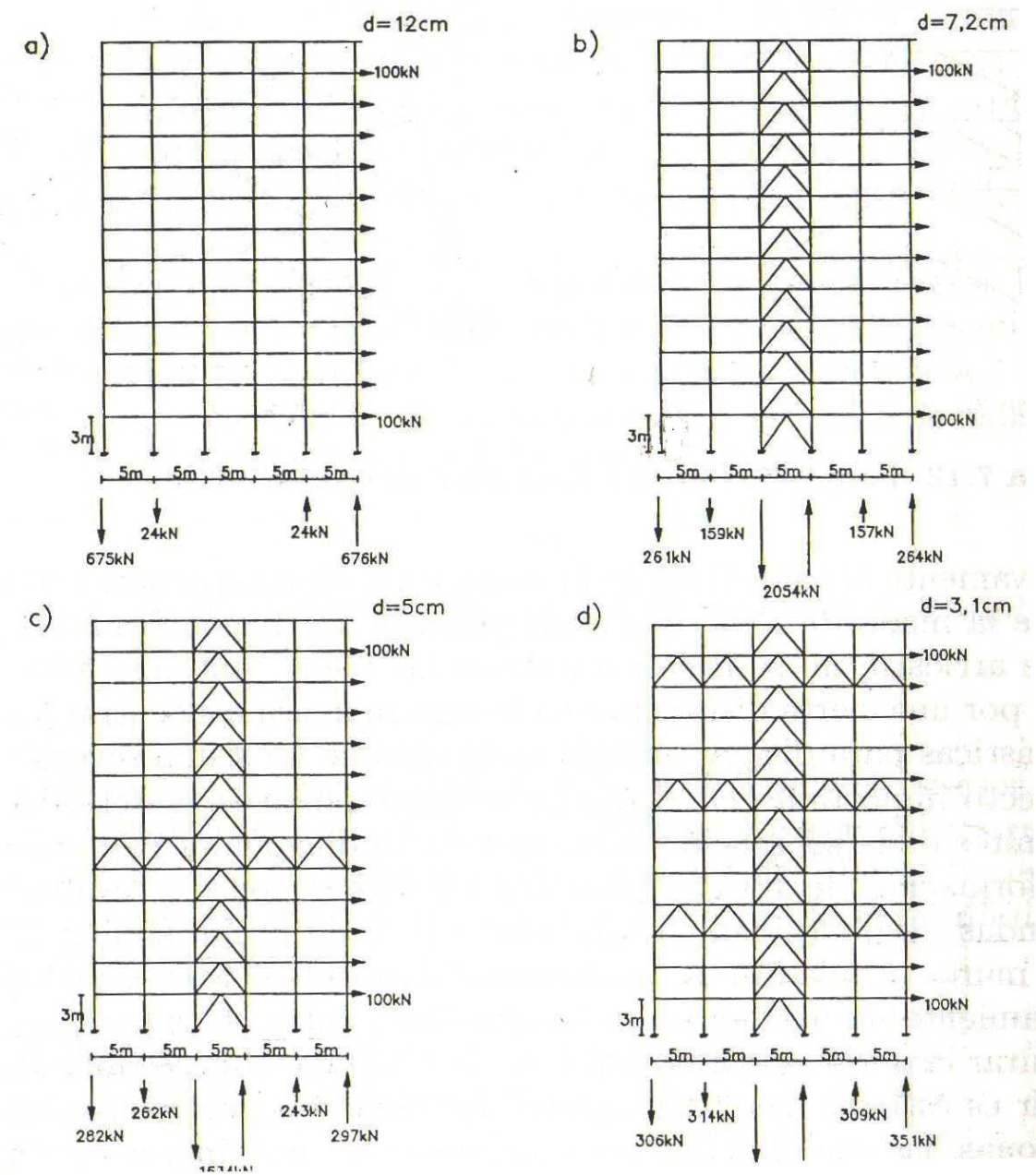


Configuraciones típicas para pórticos arriostrados concéntricamente a) riostras en X, (b) en K, (c) en diagonal, (d) en A (e) en V (F. Crisafulli. Instituto latinoamericano del hierro y el acero)

Otro aspecto importante a considerar es este sistema es la distribución de los arriostramientos en la altura del edificio. La imagen siguiente muestra las diversas alternativas de arriostramiento de un edificio de 13 plantas. La selección del sistema a utilizar vendrá dado por diversos parámetros tales como intensidad de las cargas sísmicas o de viento, el tipo y calidad de la cimentación y el suelo, y de las restricciones arquitectónicas como las antes mencionadas.

La imagen muestra las alternativas más comúnmente utilizadas con arriostramientos en A. Aparentemente la distribución B con una colocación de los arriostramientos uniformemente en toda la altura del edificio puede considerarse como la más conveniente arquitectónicamente hablando, pero esta distribución puede ocasionar en edificios altos fuerzas a la cimentación difíciles de transmitir. Este problema es de vital importancia en zonas de suelos blandos con alta sismicidad. En estos casos es preferible utilizar la opción A, utilizando sistema aporticado sin contar con elementos excesivamente rígidos que concentren la transmisión de cargas o la opción C que varía la ubicación de estos elementos en altura, distribuyéndolos en toda la planta.

Los ingenieros A. Barbat y M. Bozzo sostienen que la opción más eficiente es la D, en la que cada determinado número de alturas se incluye un arriostramiento en la planta completa de forma que las reacciones se transmiten de forma más uniforme. Además, los arriostramientos en la totalidad de la planta, distribuyen el cortante en ese nivel, reduce los esfuerzos axiales elevados ocasionados por los momentos de vuelco así como el desplazamiento de la estructura.



Ejemplo de interacción entre la distribución en planta y en altura de los arriostramientos y las reacciones producidas en la cimentación. (A. Barbat y M. Bozzo)

Los arriostramientos concéntricos de acero presentan ventajas significativas para la rehabilitación sísmica de estructuras, ya que permiten fabricar los componentes de acero en taller y luego montarlos en obra. Adicionalmente, en ciertos casos, es posible colocar solamente riostras de acero para rehabilitar estructuras aporticadas existentes, tal como se muestra en las imágenes siguientes





Izquierda, vistas de un pórtico arriostrado utilizado para la rehabilitación de una estructura existente de hormigón armado. (F. Crisafulli. Instituto latinoamericano del hierro y el acero) Derecha. Hospital México en San José de Costa Rica)

### 3.1.3. PORTICOS DÚCTILES ESPECIALES

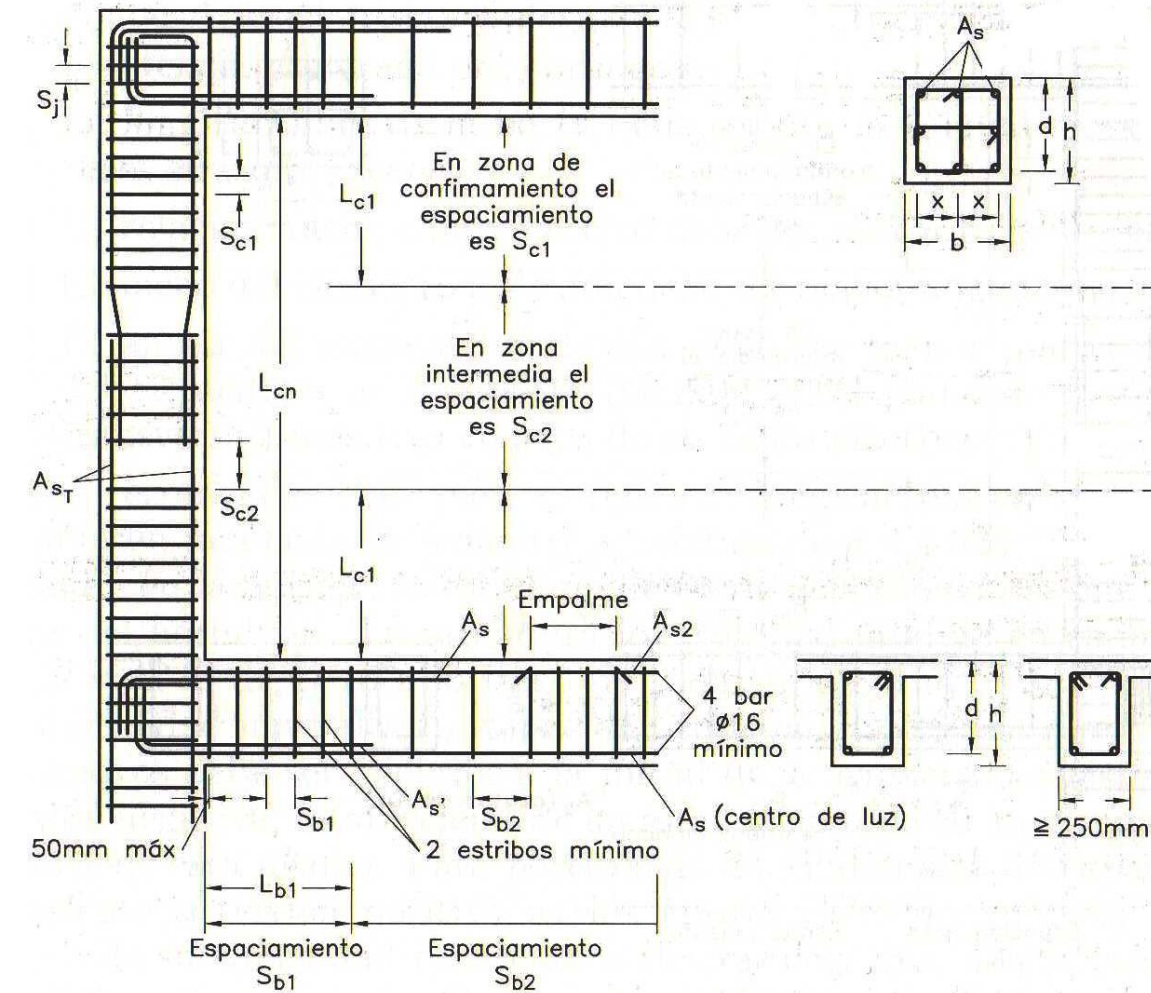
El diseño del sistema resistente a sismos debe garantizar una capacidad de absorción y disipación de energía en sus miembros y uniones, consistente con aquellas. Esto implica que las regiones críticas posean la ductilidad suficiente para sobrevivir varios ciclos de deformaciones inelásticas alternantes sin pérdida apreciable de la capacidad portante. Por tanto, es preciso evitar toda forma de falla frágil y garantizar una capacidad adecuada de absorber y disipar energía.

Una estructura se puede dividir, en general, en sistemas estructurales para cargas laterales y sistemas estructurales para cargas gravitatorias. Un sistema estructural para cargas lateral puede ser, como se han visto, un pórtico arriostrado o un pórtico con muros de cortante los cuales debido a su mayor rigidez en son capaces de transmitir mayoritariamente la carga lateral. En cambio, un pórtico perteneciente al sistema estructural para cargas laterales se denomina pórtico dúctil especial si cumple determinadas condiciones de cuantías mínimas de acero de refuerzo, tanto longitudinal como transversal, entre otros condicionantes que eviten cualquier fallo frágil y que se regulan en la normativa. Estas condiciones deben aplicarse por igual a todos los elementos del pórtico ya que no se puede determinar con precisión de ductilidad en cada elemento por separado

Los sistemas estructurales para cargas gravitatorias, también deben cumplir ciertas recomendaciones para asegurar al menos una compatibilidad de desplazamientos con los sistemas estructurales para cargas laterales. Estas recomendaciones, sin embargo, son mucho menos exigentes que las recomendaciones para pórticos dúctiles especiales.

La normativa española NCSE-94 y EHE definen la acción sísmica considerando cuatro niveles de ductilidad. Estos niveles corresponden a ductilidad muy alta ( $\mu=4$ ), alta ( $\mu=3$ ), baja ( $\mu=2$ ) y sin ductilidad ( $\mu=1$ ). A su vez, la EHE '08 en su anejo 10 recoge los requisitos especiales recomendados para estructuras sometidas a acciones sísmicas.

La imagen siguiente muestra un resumen de los requisitos especiales que deben cumplir los pórticos de ductilidad muy alta. El cumplimiento de estos requisitos, junto con otros de tipologías estructurales permite la reducción de la acción dinámica.



- $S_j = S_{c1}$
- $b, h \geq 300\text{mm}$
- Pilares:  $A_{sT} \geq 0,01bh$   
 $\leq 0,06bh$
- $L_{c1} > \text{máx}[2\text{mín}(h,b), L_{cn}/6, 600\text{mm}]$   
 $x < 150\text{mm}$
- $S_{c1} < 100\text{mm}, 1/4\text{mín}(b,h), 6d_b$
- $d_b$ : diámetro refuerzo principal
- $d_t$ : diámetro del estribo
- $d_t \geq d_b/4, 6\text{mm}$
- $L_{b1} > 2h$ : usar estribos a  $S_{b1}$
- $S_{b1} < \text{mín}(h/4, 6d_b, 24d_t, 150\text{mm})$
- $S_{b2}, S_{c2} < \text{valor calculado}$   
incrementando en 25%  
el cortante sísmico
- $L_{bn}$ : longitud libre de viga
- $A_{s2} > A_s/4$
- $A_{s'} > A_s/2$

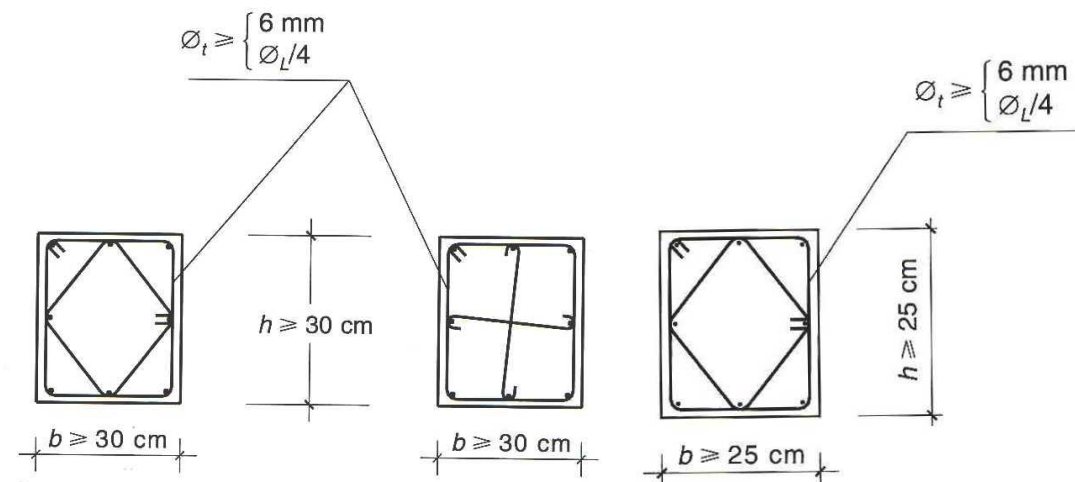
Resumen de requisitos especiales que deben cumplir los pórticos de ductilidad alta ( $\mu=4$ ) (A. Barbat y M. Bozzo)



### 3.1.3.1. Diseño elementos sometidos a flexo-compresión

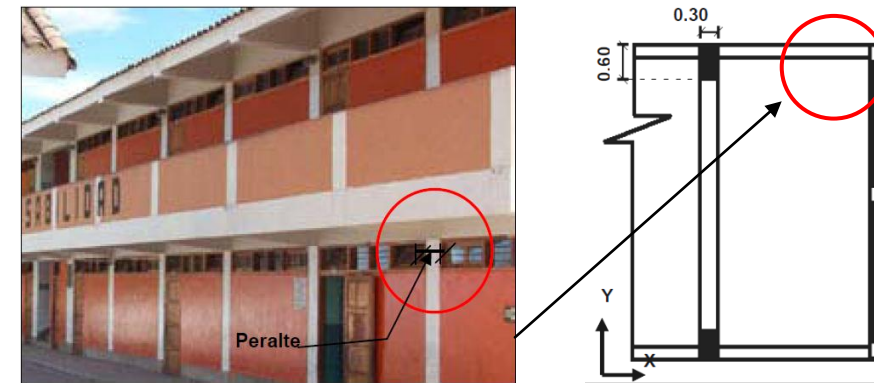
Los pilares de los sistemas aporticados o duales deben ser capaces de resistir las cargas verticales transmitidas por las vigas y las fuerzas internas generadas por los movimientos sísmicos. Cuando una estructura de hormigón es sometida a compresión, el hormigón tiende a proyectarse, es decir a partirse en trozos y salir hacia los lados, dejando las armaduras a la vista. Un temblor hace que el edificio oscile y durante esta oscilación la estructura primero se carga sobre un sector y luego sobre el otro. De esta forma, hay un momento en que el pilar recibe más carga de lo habitual, más los esfuerzos de compresión. Si el hormigón se proyecta, las armaduras pierden su recubrimiento, pudiendo, cuando el sismo inclina el edificio sobre el sector contrario, estirar o rompe el armado. Al siguiente ciclo de oscilación, este sector debilitado vuelve a soportar compresión y como las barras ya no están recubiertas, se doblan. Existe una mayor probabilidad de que esto ocurra cuando la duración del ciclo de oscilación se acerca o supera un segundo, lo que es habitual en edificios altos.

La norma española EHE '08 indica que el refuerzo transversal debe proporcionarse ya sea mediante cercos cerrados y, en su caso, flejes adicionales de al menos  $\phi 6$ . Se pueden usar ganchos suplementarios del mismo diámetro de barra y el mismo espaciamiento que los estribos cerrados de confinamiento. Estos elementos son los que se conocen como "gancho sísmico", el que virtualmente abrazan las armaduras longitudinales para que no se doblen a causa de un terremoto. En esta misma norma en el anejo 10.6.3.2 se indican las disposiciones requeridas para los casos de ductilidad alta.



Colocación de las armaduras trasversales en pilares (EHE '08)

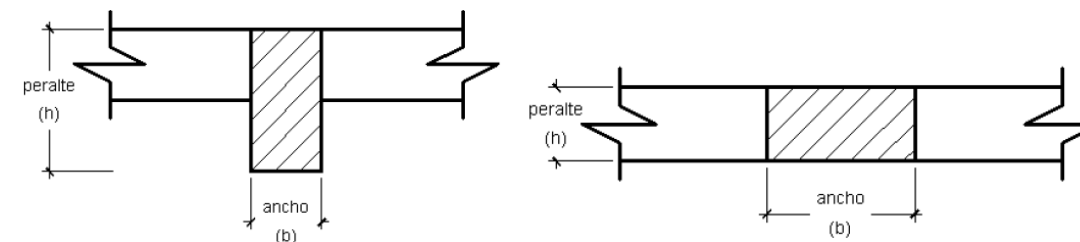
Por otro lado, en lo que respecta a la forma, el uso de peraltes puede mejorar la capacidad de resistir las fuerzas sísmicas horizontales. Para ello, es aconsejable que tengan peraltes suficientes orientados en las dos direcciones principales del edificio. Los pilares pueden tener secciones de diferentes formas, siendo las más utilizadas, las columnas de secciones rectangulares, circulares, en L y en T.



Peralte de los pilares foto y planta de los modelos antiguos de los C. E. INFES. ([www.pucp.edu.pe](http://www.pucp.edu.pe))

### 3.1.3.2. Diseño elementos sometidos a flexión

Las vigas generalmente más utilizadas en construcción son las vigas peraltadas o chatas. Las vigas peraltadas son aquellas que tienen su altura o peralte mayor que el espesor del techo. Pueden ser peraltadas hacia abajo, o peraltadas hacia arriba, o con el peralte compartido hacia arriba y hacia abajo del techo. En cualquiera de los casos el comportamiento es similar en cuanto a rigidez y resistencia. En cambio, las vigas chatas tienen su altura o peralte coincidente con el espesor de la losa.



Tipos de vigas rectangulares (N. A. Sánchez Arévalo 2006)

La norma EHE '08 en su anejo 10.6 indica los requisitos que deben tener las vigas en estructuras sometidas a acciones sísmicas así como sus encuentros con los pilares de hormigón.

En una edificación sismorresistente, el aporte de rigidez de las vigas peraltadas es mucho mayor que el de las vigas chatas. En una edificación conformada por pórticos, ante las fuerzas sísmicas horizontales, esta rigidez es vital para el control de las deformaciones laterales. Además, en las vigas peraltadas, el control de las deformaciones ante cargas verticales es más sencillo de lograr.

En forma simplificada, se puede decir que la rigidez depende del momento de inercia de la sección y éste crece más con el peralte que con el ancho. El aporte del refuerzo interior de acero es despreciable en estos casos.

En conclusión, se puede lograr mayor capacidad resistente con vigas peraltadas (aún con menos acero de refuerzo) que con vigas chatas con más acero. Asimismo, el aporte de la rigidez es muy superior en vigas peraltadas que en vigas chatas. Por estas razones, no se recomienda el uso de vigas chatas en los sistemas estructurales sismorresistentes compuestos por pórticos. Sólo es aconsejable usar vigas chatas cuando el sistema estructural es dual, es decir, el que está conformado por pórticos y muros. De

esta forma los muros proporcionan la rigidez lateral adecuada y son capaces de absorber la mayor parte de la fuerza sísmica.

En el terremoto de la Bahía de Caráquez (Ecuador) en 1998, gran parte de los edificios que colapsaron tenían sistemas estructurales compuestos sólo por pórticos que en una dirección tenían vigas chatas. Otro caso similar se pudo observar en algunos edificios colapsados en el terremoto de México de 1985. Gran parte de los edificios colapsados o que chocaron con edificios adyacentes carecían de vigas peraltadas.

### 3.1.4. SISTEMAS ESTRUCTURAL DE PLACAS RETICULARES MIXTAS

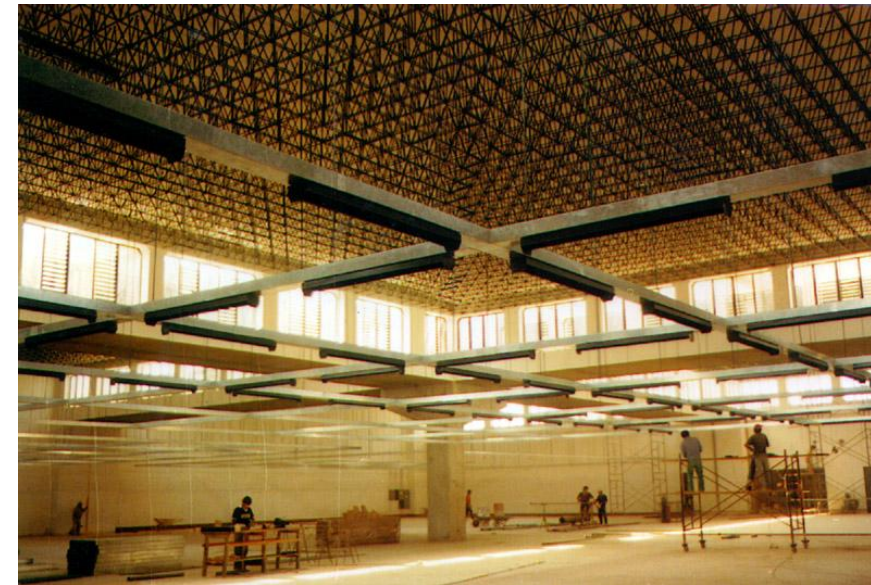
Las Losas Reticulares Mixtas (LRM) son una generalización de las "tridilosas" desarrolladas por el ingeniero Mexicano Heberto Castillo y continuadas en el Perú por el ingeniero M. Bozzo. A partir de estos trabajos, se han proyectado diversas estructuras como arcos y losas planas o curvas para luces medias y grandes con capacidad de cubrir luces de entre 30 y 40 metros.

El sistema estructural está formado por una estructura espacial metálica plana o curva, una o dos losas de hormigón, capiteles y pilares, los cuales no es necesario que estén alineados debido a su trabajo bidireccional. La estructura espacial de acero está formada por una malla superior, una inferior y unos elementos diagonales que las unen. Las losas de hormigón embeben las mallas completando el sistema. En este sistema estructura, la transmisión de esfuerzos de las losas de hormigón superior e inferior, (si la hubiera) se efectúa a través de las barras diagonales trianguladas y empotradas en ellas, lo que permite el comportamiento tipo losa de la estructura. De esta forma, la estructura metálica se encarga de transmitir principalmente las tracciones derivadas de la flexión y las fuerzas verticales de cortante.



Esquema funcionamiento del sistema (A. Barbat y M. Bozzo)

El sistema estructural con una sola losa superior se utilizó en la construcción de la fábrica Knitex en 1989. Como se muestra en la imagen, la ausencia de la losa inferior permite ver la estructura espacial metálica.



Sistema estructural de placa reticular mixta utilizado en la construcción de la Fábrica Knitex en 1989. Lima. (M. Bozzo)

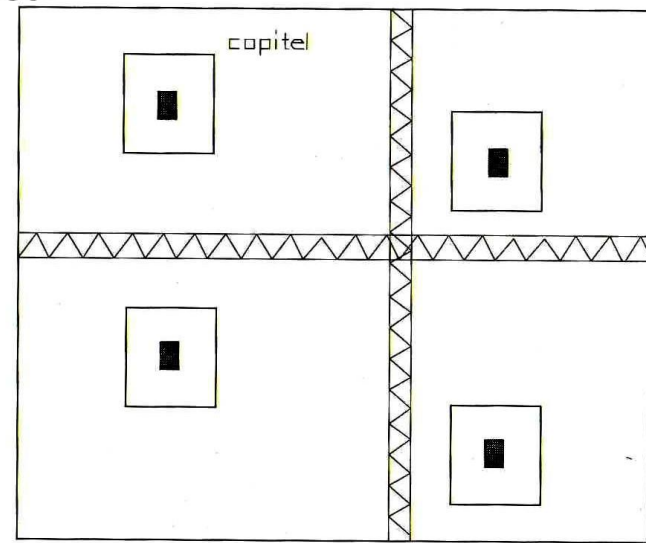
Por otro lado, el sistema patentado P200101760, utilizado en el edificio FORUM de Barcelona, está compuesto por dos losas, una superior y otra inferior que funciona como cielo raso. Las mallas están separadas la altura de una planta de forma que pueda albergar un forjado de instalaciones o servicios entre las dos losas.

### Comportamiento sismorresistente

La ductilidad global en una estructura se logra evitando cualquier mecanismo de fallo frágil como de cortante o aplastamiento del hormigón. Las estructuras espaciales mixtas están constituidas por un alto porcentaje de acero por m<sup>2</sup> y un reducido peso espesor de la losa de hormigón. Dependiendo de este espesor, de 50 a 80 mm, el hormigón se encuentra solicitado por esfuerzos de compresión del orden de 30 kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, la transferencia de cortantes a los pilares se logra mediante la ejecución de capiteles de hormigón en el canto total de la placa, capaces de absorber los esfuerzos verticales de la estructura.

Por tanto, en general, un fallo frágil por aplastamiento del hormigón es remoto. Por otra parte, dado el comportamiento bidireccional de la estructura, su fallo seguiría líneas de rotura con una elevada disipación de la energía.



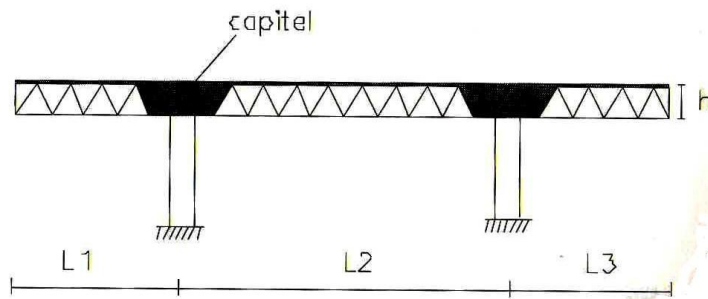


### Comparación del sistema con los forjados convencionales

Este sistema estructural y constructivo presenta las siguientes ventajas frente a los forjados convencionales:

1. Trabajo bidireccional empleando una solución que permite cubrir eficientemente estructuras a partir de 15m con libre disposición de pilares en planta.
2. Reducción de un 20-40% de canto en comparación a un forjado "in situ" convencional.
3. Reducción de hasta un 60% el peso propio (peso propio aproximado 150 kg/m<sup>2</sup>) de la estructura lo cual redonda en una disminución similar en columnas y zapatas.
4. En zonas sísmicas se reduce de forma proporcional el cortante basal.
5. Al ser una losa apoyada directamente en las columnas, las cargas son directamente transmitidas a ellas eliminando la labor intermedia de las vigas tradicionales. Esta es una ventaja importante, pues aumenta la eficiencia del techo, especialmente si las separaciones entre columnas perpendiculares es similar.

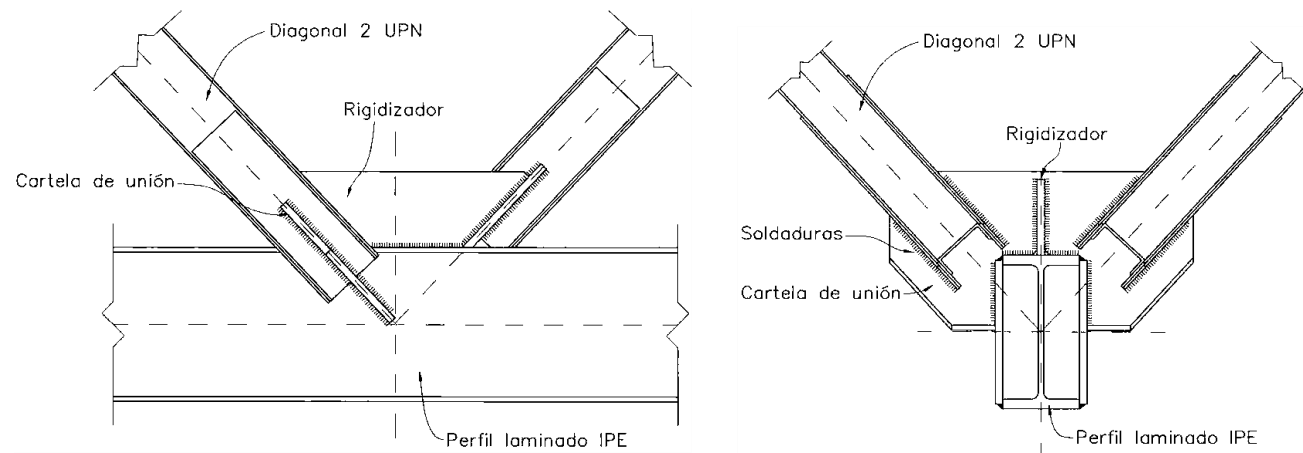
Un ejemplo claro es la estructura del edificio FORUM 2004 en Barcelona diseñado por Jacques Herzog y Pierre de Meuron. El edificio queda suspendido en el aire mediante 17 puntos de apoyo, creando así un espacio cubierto de uso público a nivel de calle. La planta se encuentra perforada por múltiples claraboyas que atraviesan el edificio en su verticalidad.



L2 = 10m - 40m  
h = 0,5m - 1,5m

Distribución en planta y transferencia dúctil de cortante en capitales (A. Barbat y M. Bozzo)

En zonas de alta sismicidad será importante poner atención también a la unión de las barras de la estructura espacial. La unión de esta malla se puede conseguir con nudos como los de las imágenes siguientes.



Detalles de nudo en una malla espacial metálica de grandes luces (A. Barbat y M. Bozzo)



La estructura de su parte aérea forma un gran prisma triangular, de 180 m de lado y 13 de altura, que cubre toda la plaza inferior. Este prisma, está constituido por una estructura superior denominada macro-estructura, apoyada en 17 soportes ocultos en los mencionados elementos arquitectónicos; colgada de ella se sitúa la inferior, llamada, por contraposición con la anterior, micro-estructura.

La primera tiene un canto total de 4,50 m, en toda su extensión, y está formada por dos familias de cerchas trianguladas ortogonales, tipo Pratt, que definen una modulación de 6 x 6 m. El cordón superior, sostiene un forjado de chapa grecada sobre la que se añade una losa, de 15 cm de espesor, que constituye el soporte de la cubierta inundada del edificio. El inferior se organiza, de forma similar al anterior, con otra losa que proporciona el suelo de la planta de instalaciones.



Imágenes de la construcción del edificio FORUM (2004) en Barcelona (<http://apta.com>)

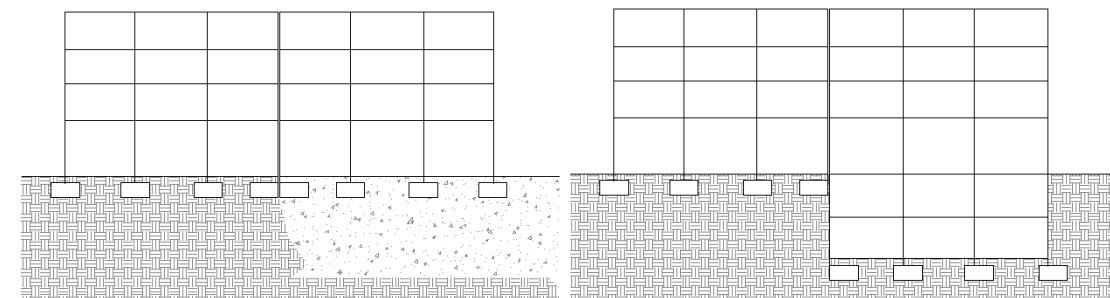
### 3.1.5. SISTEMAS DE CIMENTACIONES SISMORRESISTENTES

La función de una cimentación ante un sismo es brindar al edificio una base rígida y capaz de transmitir al suelo las acciones que se generan por la interacción entre los movimientos del suelo y de la estructura, sin que se produzcan fallas o deformaciones excesivas en el terreno.

Por lo tanto, la naturaleza del terreno y la elección del terreno más adecuado para su ubicación, tiene una gran importancia en los colapsos de estructuras durante los terremotos. Se ha observado que, en general, que en suelos firmes, las construcciones han sufrido menos daños que las estructuras cimentadas en suelos blandos. Pero por otro lado, se han reportado casos en que construcciones situadas en terrenos blandos han sufrido menos daños que otras ubicadas en terrenos firmes. Por ello se recomienda la utilización de:

- Estructuras rígidas en suelo blando, a pesar de los problemas de cimentación de las mismas condicionada por la baja resistencia del suelo.
- Estructuras flexibles en suelo firme, las estructuras porticadas, aparte de ser más económicas, son también más dúctiles y flexibles que las concebidas a base de pantallas; sin embargo, debe limitarse la capacidad de desplazamiento lateral de las mismas, al objeto de evitar daño en los elementos no estructurales.

Por otro lado, se recomienda que el nivel de apoyo sea homogéneo, y en el caso de que el terreno no lo fuera por presentar variaciones en su naturaleza o discontinuidades por fallas, se deberá dividir el conjunto de la construcción en bloques aislados, mediante juntas de asiento de forma que cada uno de los bloques se pueda mover de forma independiente.

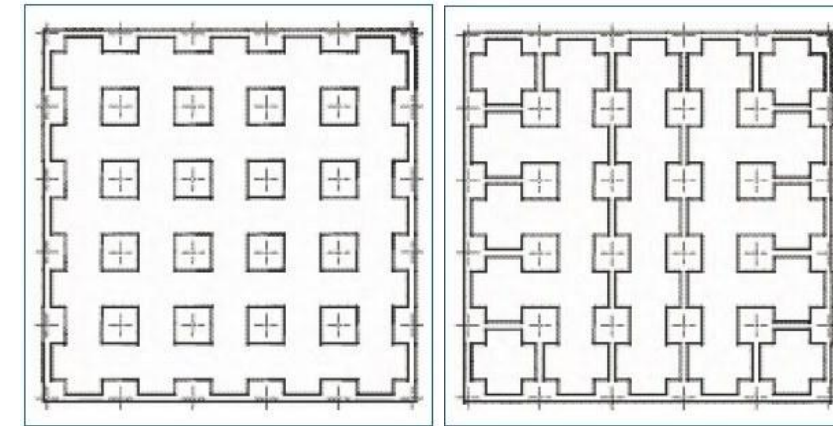


Esquema de edificio en suelo no homogéneo y adaptación de la cimentación. (Adaptación L.M. Villa García 2002)

Asimismo, en cada uno de los bloques, la tipología de cimentación debe ser homogénea, sin estar permitido combinar cimentaciones superficiales o directas con cimentaciones profundas. A tal efecto, se consideran sistemas iguales los siguientes:



Superficiales o directas (hasta 3 m)	Zapatas
	Zapatas corridas
	Emparrillados
	Losas
Semi-profundas ( de 3 a 6 m)	Pozos
Profundas (de 6 a 12 m)	Pilotes
	Pantallas
Flotantes (más de 12 m)	Pilotes flotantes
	Cajones indios



•Alta: el atado debe vincular a todos los elementos de la cimentación en dos direcciones sensiblemente ortogonal; en el caso de cimentación por pilotes profundos, esta forma de atado es también aplicable.

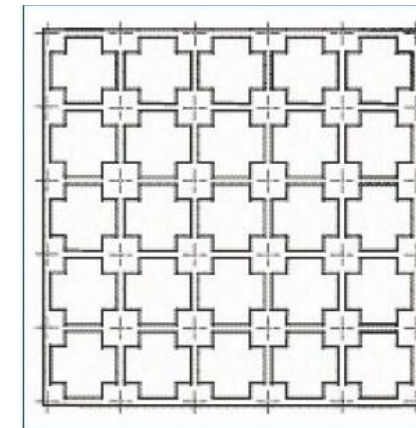
Clasificación de las cimentaciones según la profundidad (nivel de solera) a la que se encuentre el terreno apto para cimentar. (Adaptación L.M. Villa García 2002)

Debe prestarse especial atención a la vinculación entre pilares y zapatas, ya que en caso de terremoto la concentración de esfuerzos en estos lugares suele ser generalmente mayor que en el resto de la estructura.

**Atado de la cimentación. Cimentaciones discontinuas.**

Si la cimentación se resuelve mediante sistemas discontinuos (zapatas aisladas, pilotes, etc.), al objeto de evitar corrimientos horizontales relativos entre elementos, deberán enlazarse entre si mediante vigas de atado. Según la norma EHE '08 los elementos de atado deben tener unas dimensiones mínimas de 250 mm de base y 400 mm de canto para estructuras de hasta 3 pisos sobre el sótano o 500mm de canto para estructuras de altura mayor. El atado de la cimentación se efectuará según que la zona de ubicación de la construcción sea de una sismicidad:

•Moderada: enlazando los elementos de la cimentación situados en el perímetro, a lo largo de la fachada, que junto con el comportamiento como diafragma rígido por parte de la solera, garanticen una respuesta adecuada. Este cerco que constituye el atado perimetral, ejerce una coacción sobre la totalidad del bloque del edificio, similar a la que se produce en las armaduras longitudinales de un pilar por sus cercos y estribos. Sin embargo, otra recomendación más exigente aconseja el atado bidireccional en las zapatas perimetrales y el unidireccional para las interiores, por supuesto orientado este ultimo en una de las dos direcciones principales.



### 3.2. SISTEMAS AVANZADOS

En contraste con los sistemas anteriores, podemos decir que el enfoque básico de técnicas más avanzadas para la resistencia a los terremotos no es para reforzar la construcción, sino reducir las fuerzas que genera el terremoto y que actúan sobre ella.

Estas técnicas complementan las técnicas tradicionales de diseño al introducir elementos estructurales adicionales que deben disipar la mayor parte de la energía de vibración introducida por los sismos. Estos elementos adicionales se colocan estratégicamente en la estructura principal para que se dé el mayor aprovechamiento de su capacidad de disipación de energía y para que se localice el daño estructural. De esta manera, después de un evento sísmico fuerte, estos elementos fácilmente se reemplazan sin poner en riesgo la estabilidad y la funcionalidad de la edificación.

Aunque varias edificaciones en el mundo se han proyectado con técnicas respuesta sísmica, su aplicación continúa siendo baja debido al alto costo y demanda de procedimientos de verificación. En general, las estructuras con estas técnicas de control requieren de un mayor control y una especial atención a los dispositivos de control, las fuentes de energía externa, las operaciones de mantenimiento y los métodos de análisis y diseño estructurales. Además, el seguimiento del estado del sistema y sus componentes debe ser continuo, ya que la contribución de los dispositivos a la respuesta de la edificación cambia dinámicamente, regulando los parámetros de control estructural.

#### Clasificación de los sistemas

Las técnicas de control de respuesta sísmica se pueden clasificar según la forma como el sistema maneja la energía impuesta por el sismo, su absorción y disipación. Se conocen como sistemas de disipación de energía aquellos que aportan intentos mitigar los efectos de las ondas que entran a la estructura y se conocen como sistemas aisladores los que se enfocan a disminuir la energía de entrada al sistema estructural.

Los japoneses y estadounidenses utilizan dos nomenclaturas diferentes de clasificación de acuerdo con el mecanismo de funcionamiento. Esta diferencia entre las clasificaciones radica en que los estadounidenses incluyen los sistemas de efecto de masa dentro de los sistemas de control pasivo o activo de energía.

Ante estas diferencias, en la ISO 3010 International Standard "Basis for design of structures –Seismic action on structures" ha propuesto una clasificación, que pretende ser internacional, que consiste en tres sistemas de control de respuesta sísmica: control *pasivo*, control *activo* e *híbrido* y control *semiactivo*.

Sistema de control	Familia	Tipo	Dispositivo
Control pasivo	Aislamiento sísmico	Mecanismos deslizantes o de rodillos	Apoyo de rodillos
			Apoyo de placa deslizante, tipo péndulo, basculante
			Capa deslizante
		Elemento flexible	Elastómero multicapas
			Dispositivo flexible
			Disipación de energía
	Plomo		
	De tipo friccionante		
	De tipo fluido	Hidráulico	
		Viscoso	
	De tipo viscoelástico		
	Efecto de masa adicional	De masa y resorte	
De tipo pendular			
Vibración de líquido			
Otros			
Control semiactivo	Control de amortiguamiento de rigidez	Sistema de Amortiguamiento variable	De tipo hidráulico
		Sistemas de rigidez variable	Otros
Control activo e híbrido	Efecto masa	Amortiguamiento activo de masa	
		Amortiguamiento híbrido de masa	
	Control de fuerza	Tendón activo	

Clasificación de las técnicas de control de respuesta sísmica (ISO 3010)

No todos los sistemas existentes se pueden incluir en el cuadro anterior, por estar muchos de ellos en fase de prueba y experimentación. A continuación se presentan los dispositivos más habituales.



### 3.2.1. Sistemas de control pasivo

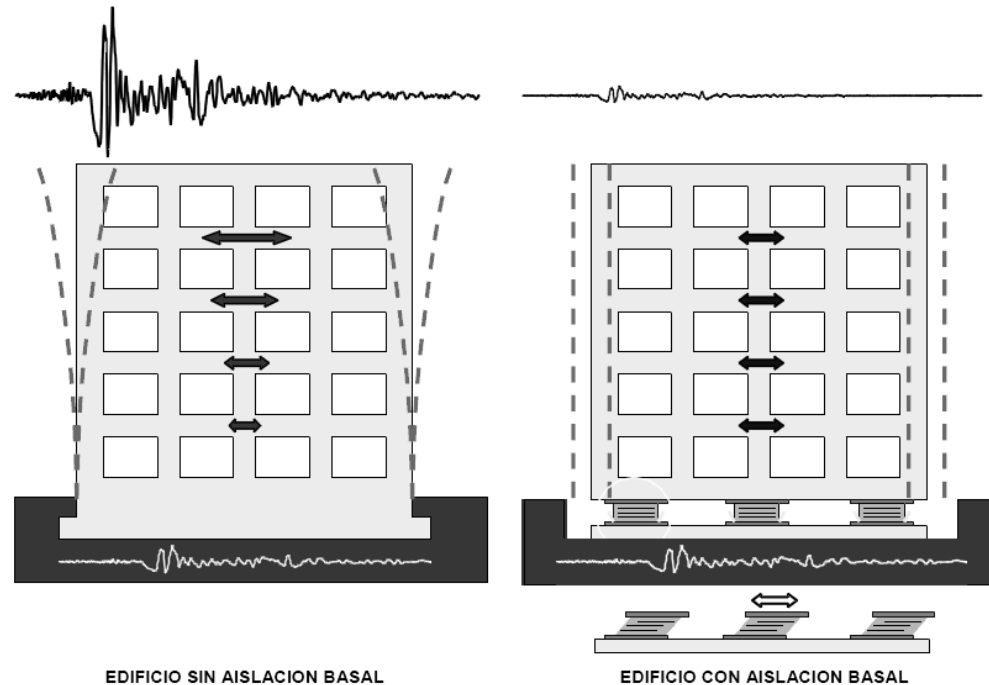
#### 3.2.1.1. AISLAMIENTO SISMICO

Aislación sísmica es una técnica de diseño sismorresistente que busca reducir la energía que entra a una estructura durante un sismo mediante la instalación de dispositivos muy flexibles horizontalmente, llamados aisladores, entre la cimentación de un edificio o puente, y la superestructura. El efecto que se busca es que el terreno se mueva y la estructura permanezca esencialmente quieta.

Los objetivos principales que se buscan al aplicar estas técnicas son dos: alcanzar una mayor seguridad sísmica de la estructura y de las personas que se encuentran en su interior a través de la minimización o incluso eliminación de daños en ella, y salvaguardar los contenidos de la estructura manteniendo el funcionamiento de ella después del sismo.

Como el movimiento horizontal es la causa principal del daño en la estructura, el aislador sísmico la protege reduciendo su vibración lateral en valores del orden de 6 a 8 veces (según Juan Carlos de la Llera, académico de la Pontificia Universidad Católica de Chile y experto en modelamiento estructural y sistemas de reducción de vibraciones) más segura que una estructura convencional fija al suelo. De hecho, los esfuerzos producidos por el sismo en la estructura con aislación sísmica son del orden de 10 veces más pequeños que los de una estructura análoga fija al suelo. Esta reducción de esfuerzos es la que implica que la estructura permanecerá sin daño incluso durante un sismo de grandes proporciones.

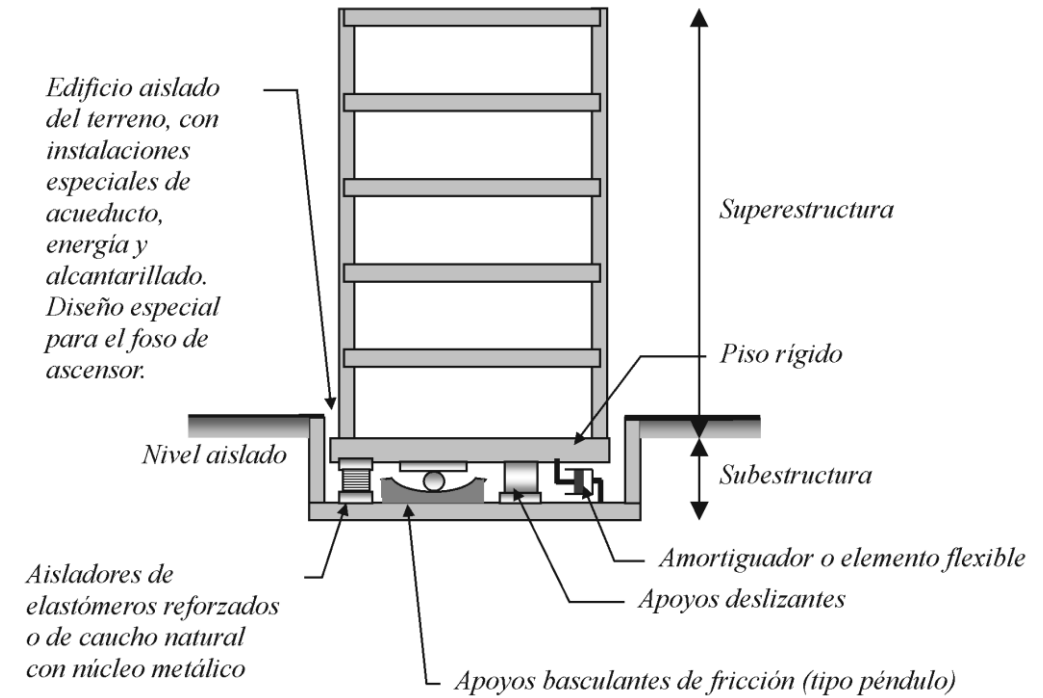
Una de las ventajas que ofrece estos sistemas es su larga vida útil. Los aisladores sísmicos tienen una vida útil aproximada de por 50 años, al cabo de los cuales, o antes si fuera necesario, pueden ser reemplazados mediante una operación constructiva relativamente simple, la que está por supuesto considerada en el diseño. Además se contempla una protección especial contra el fuego, instalada en cada aislador.



Comparación de la respuesta de un edificio sin aislación basal y uno con aislación basal. (Ingeniería Civil UC)

Existen numerosos dispositivos de aislamiento sísmico de los cuales los aisladores friccionales y elastoméricos son los más conocidos y utilizados.

El aislamiento de base es más recomendable en estructuras rígidas sobre terrenos firmes. El principal inconveniente que se presenta en estructuras con una elevada relación altura - anchura son los elevados momentos de vuelco que pueden suponer la pérdida del equilibrio. Además, al incrementarse la altura las ventajas obtenidas al variar el período de vibración disminuyen.



Técnica de aislamiento sísmico en la base (J. A. Oviedo, M.P. Duque)

El aislamiento de base es actualmente considerado como una de las tecnologías más comunes para reducir la respuesta sísmica de estructuras por el amplio campo de aplicaciones.

### 3.2.1.1.1. Aisladores elastoméricos

Los aisladores de elastómeros y los de caucho natural están compuestos por una serie de láminas de elastómeros o de caucho adheridas entre sí, intercaladas o no con láminas metálicas, con el fin de proveer capacidad para soportar cargas verticales y confinar el núcleo que, por lo general, es de plomo. Este núcleo cumple dos funciones primordiales. La primera, y más obvia, es la de aumentar el amortiguamiento del aislador a través de fluir bajo deformación lateral. Y la segunda, es la de rigidizar la estructura lateralmente para cargas de servicio y eventuales como el viento.



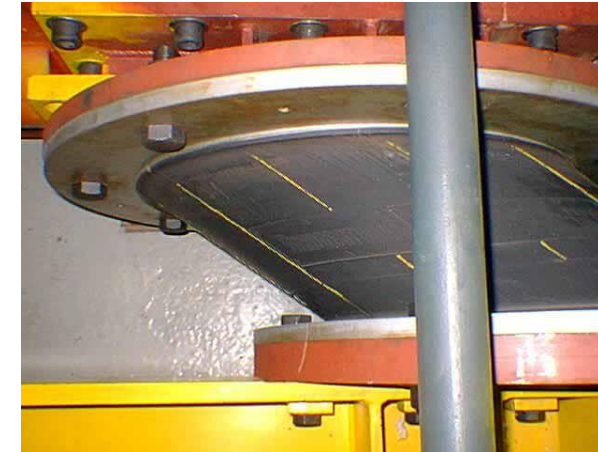
Partes de un aislador elastomérico.

Estos elementos soportan hasta 800 toneladas de carga vertical cada uno y pueden deformarse lateralmente hasta 35 centímetros. Tienen una elasticidad que es 2000 veces la del hormigón. Mientras el hormigón falla al deformarlo axialmente 3 milímetros en 1 metro, el elastómero falla al deformarlo en 6 metros. Por otra parte, el corazón de plomo que se introduce al centro aumenta la capacidad de amortiguamiento del elemento.



A la izquierda, placa de anclaje a la cimentación del aislador. A la derecha, aislador ya colocado con esperas para anclarse a la estructura. Edificio de Consultas ACHS Santiago, Chile Edificio de 7 pisos y 3 subterráneos. Estructura mixta de muros (núcleo) y marcos de hormigón armado (5.330 m2).

Las principales características que debe cumplir este tipo de aisladores son la alta rigidez vertical, la flexibilidad horizontal, la rigidez torsional, la durabilidad, la resistencia a cambios de temperatura y la resistencia a fuerzas cortantes, propiedades que deben ser comprobadas en laboratorio. Los aisladores son ensayados en forma dinámica uno a uno antes de ser colocados en el edificio. Estos ensayos son extraordinariamente exigentes y permiten garantizar las propiedades de rigidez y amortiguamiento de los aisladores.



Ensayo de un Aislador en el Laboratorio de Dinámica Estructural de la Universidad Católica de Chile.

Un ejemplo de la instalación de este sistema se puede encontrar en la vivienda aislada construida en el sector de Chicureo, Santiago, Chile en 2009 y diseñada por All Arquitectos. La obra presenta una losa flotante sobre apoyos deslizantes (bielas) que con la ayuda de dos aisladores sísmicos de 42 cm de diámetro y 24 cm de altura, se estima que reducirá los esfuerzos inducidos por sismos entre cuatro a seis veces, respecto de una casa sin aislación, protegiendo así la estructura de la vivienda, su contenido y la sensación sobre sus ocupantes.



Imagen de la vivienda terminada.

El funcionamiento de la vivienda ante los movimientos del terreno es muy sencillo. La vivienda reposa sobre aisladores esféricos de hormigón armado que se apoyan en bases planas que se insertan en tubos de hormigón de 100 mm de diámetro, los cuales separan la biela (aislador) de su entorno inmediato permitiendo su libre movimiento. Dos aisladores sísmicos desarrollados son los que hacen regresar la vivienda a su posición original. Sobre los apoyos deslizantes se ejecuta la losa de hormigón armado, la que se monta en obra en base a elementos prefabricados de hormigón, vigas, nudos y losas.





Base y colocación de uno de los aisladores sísmicos



Izquierda. Tuvo separador de hormigón armado antes de colocar la biela. Derecha. Aislador ya instalado.



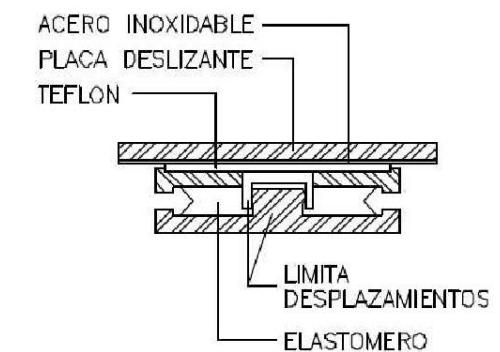
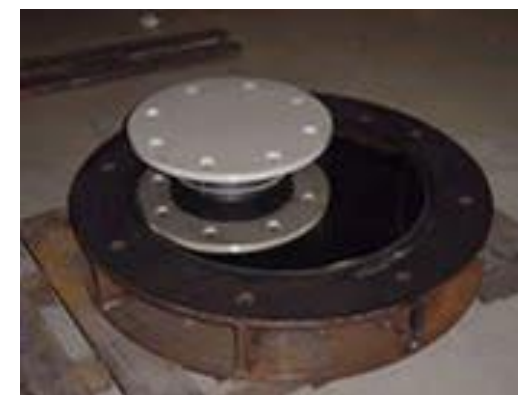
Forjado apoyado sobre el sistema de aislamiento.

### 3.2.1.1.2. Aisladores friccionales.

Estos dispositivos trabajan de forma distinta a los aisladores elastoméricos, al limitar la fuerza máxima transmitida a la estructura mediante el coeficiente de fricción. Su principal ventaja es el coste y no tener prácticamente limitación en la carga vertical que puede transmitir.

Dentro de este tipo de aisladores se cuentan los apoyos deslizantes y los apoyos basculantes tipo péndulo de fricción.

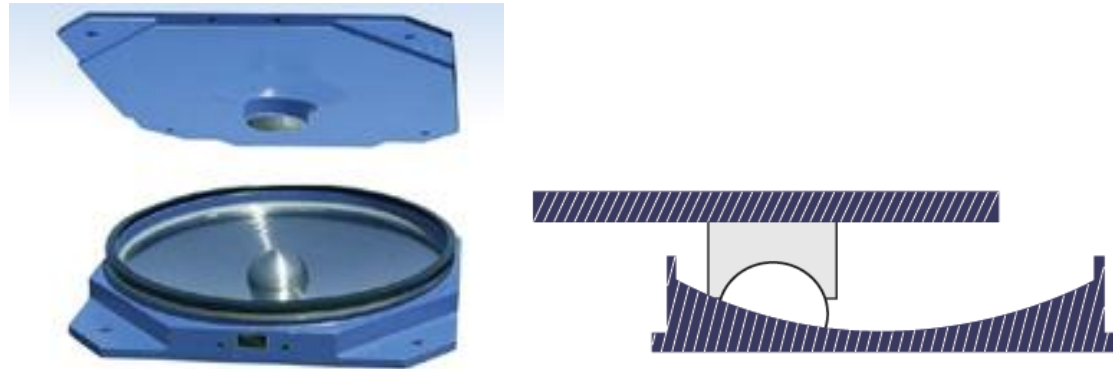
En los apoyos deslizantes el aparato de apoyo lleva adherida en su parte superior una lamina de teflón y a su vez el tablero lleva solidario con él un palastro de acero en que en su cara inferior se dispone una lamina de acero inoxidable de 1 a 2 mm de espesor constituyendo este conjunto la placa de deslizamiento que desliza sobre el teflón.



A la izquierda, imagen de deslizador friccional. A la derecha, esquema del deslizador.



Por otro lado, el dispositivo péndulo friccional está compuesto en un deslizador móvil sobre una superficie esférica cóncava. Cualquier movimiento de la base producirá un desplazamiento del deslizador a lo largo de esta superficie disipando energía por fricción. Como este desplazamiento ocurre sobre una superficie curva la fuerza vertical transmitida por el "deslizador" provee un componente tangencial que tiende a centrar al sistema. El deslizador está recubierto con fluoropolímero de alta resistencia, lo que permite trabajar con presiones de diseño cercanas a los 500 Kg/cm<sup>2</sup>. El sistema lleva un sello de goma alrededor del aislador que evita el ingreso de polvo y agua mejorando así la posibilidad de mantener limpia la superficie esférica.



A la izquierda imagen digital del péndulo basculante friccional. Al lado, esquema movimiento péndulo basculante friccional.

Se pueden encontrar este tipos de aisladores friccionales en el edificio de la Asociación Chilena de Seguridad, en Viña del Mar, Chile. Este edificio de 7 pisos y 2 subterráneos utiliza un sistema estructural dual de muros (en el núcleo) y pilares de hormigón armado. El sistema de aislamiento consta de 25 aisladores repartidos en dos niveles del edificio: 5 aisladores elastoméricos en el nivel de las fundaciones (caja de escaleras y ascensores) y 20 aisladores ubicados en el cielo del 1er subterráneo (13 elastoméricos y 7 friccionales).



Imagen del edificio de la Asociación Chilena de Seguridad, en Viña del Mar, Chile

### 3.2.1.1.3. Complementos al sistema

Para edificios con períodos largos de vibración el uso de aisladores no es muy recomendado, ya que su presencia no implicaría un cambio drástico en las fuerzas de entrada a la superestructura. Por esta razón, se suelen utilizar amortiguadores adicionales para disminuir la sensibilidad del sistema a las frecuencias de vibración del suelo y la vulnerabilidad a pulsos largos que ocurren en registros cercanos al epicentro del sismo. La rigidez inicial proporcionada por los amortiguadores controla las vibraciones menores y da confort a los usuarios.



Distintos tipos de amortiguadores metálicos

### 3.2.1.1.4. Costo del sistema de aislamiento sísmico

El coste del sistema de aislamiento es típicamente del orden de 23.10 a 46.2 \$/m<sup>2</sup> (17.55 a 35.11 €/m<sup>2</sup>), dependiendo de la solución adoptada. Este coste se compensa varias veces si en el análisis económico se considera que en la alternativa sin aislación la estructura, los elementos no estructurales, y los contenidos, afrontarán elevados costes de reparación o sustitución cuando ocurra sismo de gran intensidad que con casi certeza van a experimentar. Es importante recordar que en los edificios el coste los elementos no estructurales, y que en muchos casos el valor de los contenidos es muy superior al de la estructura. Por otra parte, el hecho que la estructura tenga esfuerzos 10 veces menores puede llegar a permitir ahorro en costos directos de construcción.



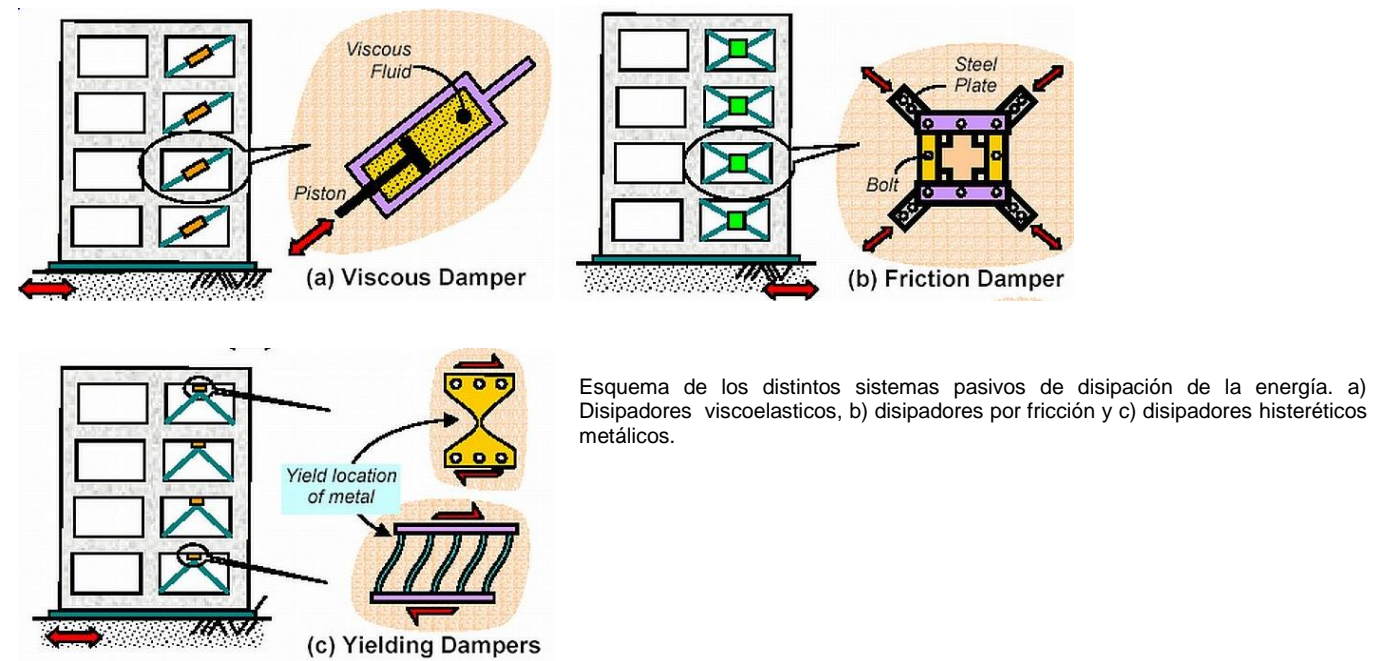
### 3.2.1.2. DISIPACIÓN DE ENERGÍA.

Los disipadores apuntan a disminuir por distintos medios la energía vibratoria introducida a la estructura por el movimiento sísmico. Hay distintas formas como la fluencia de metales, la fricción, la disipación viscosa y viscoelástica.

Se pueden distinguir dos tipos de disipadores dependiendo de los parámetros fundamentales en los que se basa su comportamiento, los histeréticos y los viscoelásticos.

Los dispositivos histeréticos son dispositivos que dependen básicamente del desplazamiento dentro de los cuales se distinguen los metálicos, basados en la plastificación de metales por flexión, torsión, cortante o extrusión y los de tipo fricción entre superficies.

Por otro lado, el comportamiento de los disipadores viscoelásticos depende fundamentalmente de la velocidad.



En las estructuras, los disipadores son colocados entre dos puntos que sufren una deformación relativa, aprovechándola para realizar un trabajo mecánico. La disipación de energía en estos sistemas reduce la acumulación de la demanda sobre la estructura debido a efectos de resonancia, protegiéndola del daño sísmico.

Los disipadores de energía presentan el inconveniente de que las estructuras secundarias auxiliares que precisan como las triangulaciones metálicas incrementan notablemente el peso de la estructura y por lo tanto de las fuerzas de inercia generadas por el terremoto; reducen la diafanidad de los espacios, dificultan o impiden la apertura de huecos y restringen la flexibilidad en el diseño de la construcción y el elevado coste de su ejecución.

### 3.2.1.2.1. DISIPADORES HISTERÉTICOS

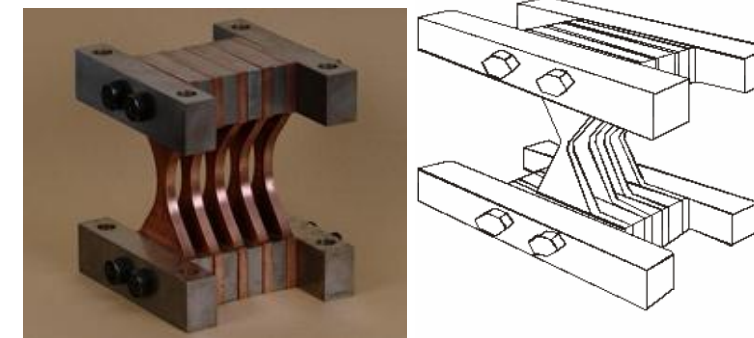
#### 3.2.1.2.1.1. Disipadores por plastificación de metales.

Son dispositivos que utilizan la deformación plástica de acero, plomo o aleaciones especiales para alcanzar comportamientos predecibles cuando se ven sometidos a deformación o esfuerzos alternantes (histéresis), como puede ser un terremoto.

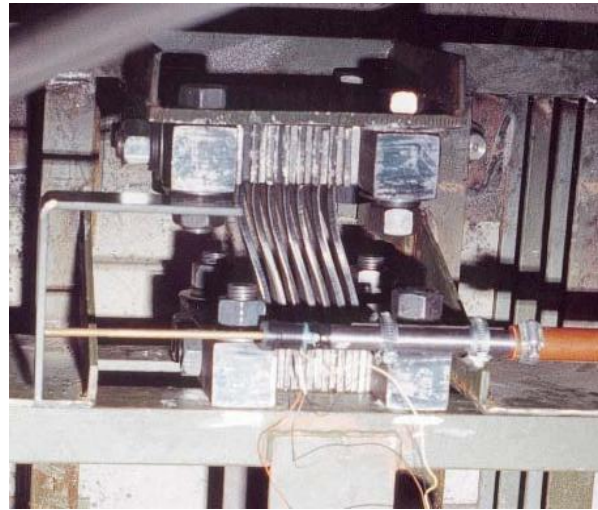
El sistema se fundamenta en que durante el sismo, la mayoría de las deformaciones plásticas se producen en el dispositivo y en consecuencia los daños sobre la estructura primaria son limitados.

El acero ha sido sin duda el metal más empleado en disipadores. Entre sus virtudes están las posibilidades constructivas que ofrece (fácil mecanizado y soldabilidad), su bajo coste y su elevada ductilidad. Los aceros empleados para este tipo de sistemas son aceros de bajo límite elástico y con gran capacidad de alargamiento en relación a los aceros de construcción convencionales

Uno de los disipadores más conocidos y estudiados es el conocido por el nombre de ADAS (Added Damping And Stiffness) (Soong and Dargush, 1997) Es un dispositivo formado por un conjunto de chapas en paralelo, de espesor constante y sección variable en X, tal que, frontalmente, es similar a dos trapecios unidos por la base menor. El número de chapas en paralelo resulta variable, permitiendo ajustar el disipador a las necesidades de la estructura a la cual se incorpora. Cada placa del dispositivo se encuentra impedida de giro en ambos extremos, de forma que un desplazamiento relativo entre éstos en dirección perpendicular al plano de la placa produce una distribución de momentos flectores lineal y simétrica



Disipador metálico ADAS (Soong y Dargush, 1997)

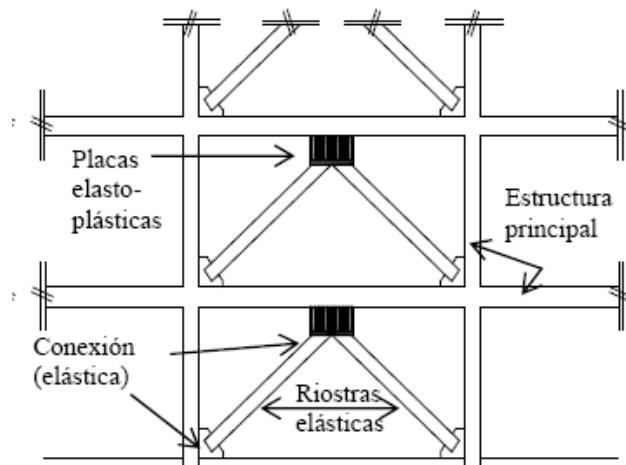


Izquierda, imagen de la deformación del sistema durante un ensayo. Arriba, imagen del sistema montado antes del ensayo. ( Instituto de Investigaciones antisísmica. Universidad Nacional de San Juan, Argentina)

Este tipo de disipadores de energía se utilizaron en el diseño sismorresistente de la Torre Titanium en Santiago de Chile en 2009. La estructura del edificio está conformada por un núcleo rígido de hormigón armado y una estructura flexible de pilares perimetrales. La gran innovación del edificio fue incorporar, cada tres pisos, disipadores de energía sísmica, los cuales funcionan como amortiguadores, reduciendo las deformaciones del edificio hasta en un 40% en caso de sismo. Esta tecnología hace que la estructura funcione como los discos intervertebrales de la columna y que los disipadores de energía actúen como fusibles, reemplazables en caso de un gran terremoto.



Imagen de la construcción de la Torre Titanium y detalle de uno de los disipadores de energía instalados.



La base mayor de la placa se conecta al nivel de viga a una estructura porticada, mientras que la otra se articula con una unión de bulón a dos contravientos dirigidos a la base de los pilares del pórtico.

Esquema de instalación de disipadores metálicos (Rev.eia.esc.ing. Antioquia n.11 2009)

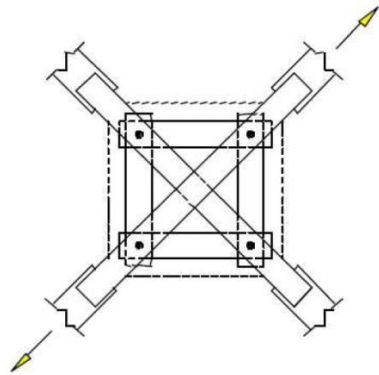


### 3.2.1.2.1.2. Amortiguadores de fricción

Estos dispositivos permiten el amortiguamiento a través de la fricción de los componentes de los dispositivos y la vinculación de los mismos a la estructura principal. Se pueden utilizar en el control de vibraciones inducidas por sismos, pero también producidas por viento y equipos mecánicos.

El sistema más conocido es el diseñado por Pall y Marsh (1982). Este dispositivo consiste en unos elementos de arriostamientos diagonales, que tienen una interfase de fricción en su punto de intersección y que están conectados juntos por elementos de eslabones horizontales y verticales. La interfase de fricción es un simple cojinete de fricción de acero inoxidable acoplado, que es activado por una fuerza normal especificada. Los eslabones aseguran que, cuando la carga aplicada al dispositivo es suficiente para iniciar el deslizamiento del brazo tensionado, entonces el brazo en compresión también deslizaría en igual cantidad en la dirección opuesta.

Este sistema requiere que el diseñador conozca el nivel de fuerza exacto en que se rompe la estática y comienza el deslizamiento entre las dos placas, tanto para sismos pequeños como para grandes.



Esquema de disipador por fricción.

El mayor inconveniente que presentan estos disipadores es que el coeficiente de fricción, durante el desplazamiento, depende de la velocidad, de la presión normal y de las condiciones de las superficies en contacto. Por esta razón, resulta difícil garantizar un coeficiente de fricción independiente del tiempo y de las condiciones de los disipadores

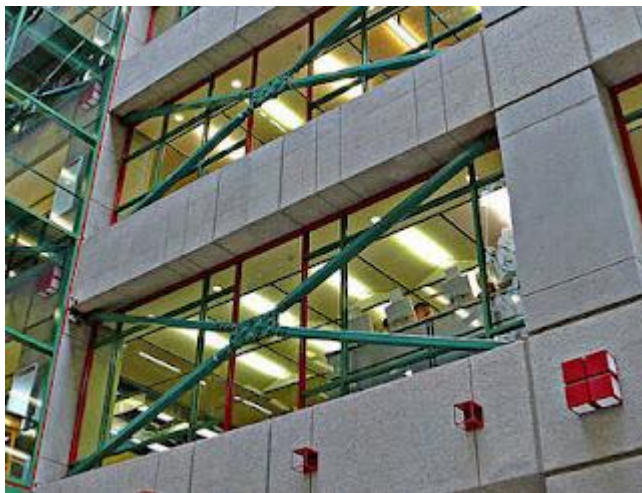


Imagen de dos disipadores friccionales instalados en el interior de la Biblioteca McConnell, Universidad de Concordia, Canadá

### 3.2.1.2.1.3. Disipadores viscoelásticos

Los disipadores viscoelásticos no sólo se han utilizado contra los sismos, sino también para el control de vibraciones inducidas por viento. Los materiales viscoelásticos son generalmente polímeros que, al ser deformados por cortante, ofrecen capacidad de disipación de energía.

El sistema se compone de dos chapas metálicas unidas por capas finas de material viscoelástico. La disipación tiene lugar cuando existe desplazamiento relativo entre las placas de acero externas y el material viscoelástico interno.

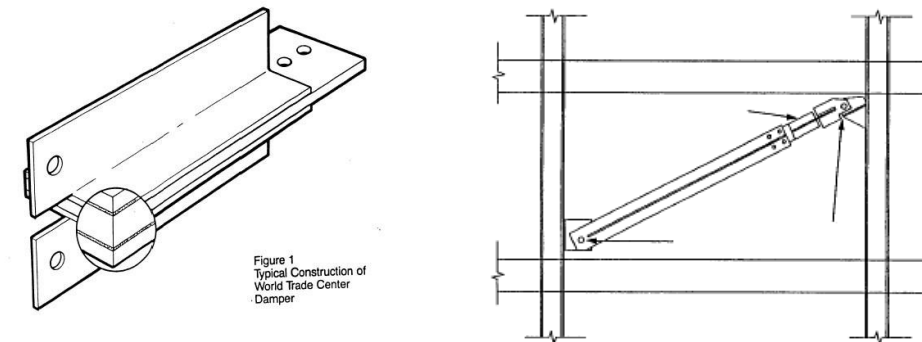


Figure 1  
Typical Construction of  
World Trade Center  
Dampers

Los materiales viscoelásticos utilizados, en general, son sensibles a los cambios de temperatura, frecuencia y deformación, y por lo que resulta necesario minimizar la influencia de estas variables en sus rangos de servicio, ya que pueden modificar el comportamiento del dispositivo.

Su aplicación en la ingeniería civil comenzó en 1969 cuando aproximadamente diez mil disipadores viscoelásticos fueron instalados en las torres gemelas del World Trade Center en New York entre las vigas del forjado y los pies derechos exteriores, amortiguadores viscoelásticos para absorber los movimientos de balanceo del viento.

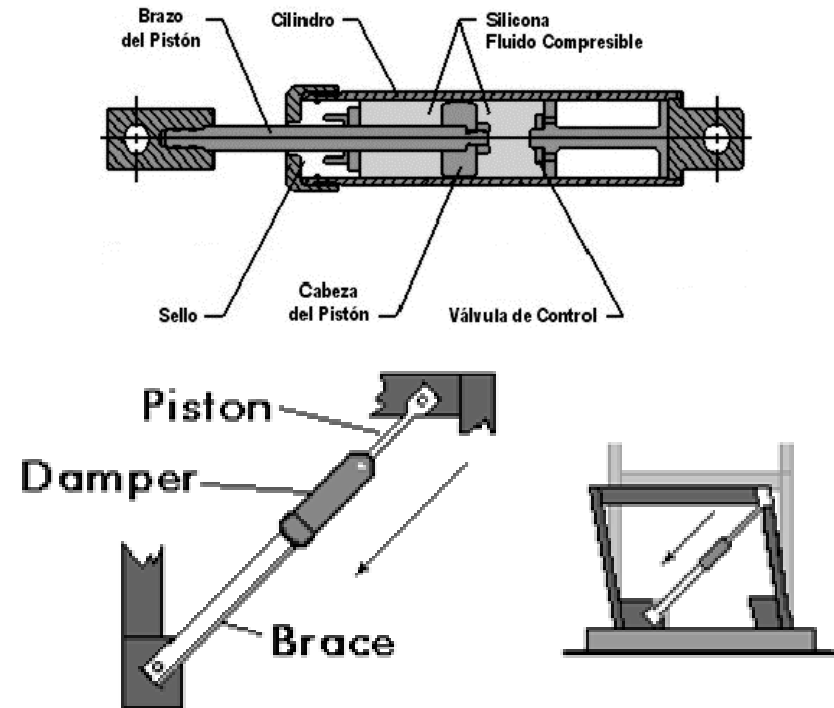


Izquierda. Imagen de las Torres Gemelas de Nueva York. Derecha. Detalle instalación de uno de los disipadores viscoelásticos.



### 3.2.1.2.1.4. Disipadores de fluidos

Se basan en la respuesta elástica de un líquido viscoso. Uno de los amortiguadores viscosos de mayor uso es el dispositivo compuesto por un pistón dentro de un cilindro lleno de un compuesto de silicona o aceite, en el que la energía es disipada mediante el movimiento del fluido viscoso dentro del cilindro. Al generarse un desplazamiento interno del pistón, el fluido es forzado a pasar por un grupo de pequeños orificios, lo que da como resultado disipación de energía.



Esquema e instalación de un disipador de fluido viscoso.

Este dispositivo es muy eficiente, puesto que cubre un amplio rango de frecuencias, así que sirve para un mayor rango de sismos y es capaz de absorber entre un 20-40% de la energía producida por el sismo. Además no requiere de un mantenimiento posterior al terremoto.

En la última década, los amortiguadores de fluido viscoso han sido incorporados en un gran número de estructuras civiles. Sólo los amortiguadores del fabricante principal de los Estados Unidos, Taylor Devices Inc., han sido instalados en 66 estructuras alrededor del mundo, como las torres de iluminación del Rich Stadium en Buffalo, New York, el puente Golden Gate, en San Francisco, California y en el puente entre las torres de las Petrona Twin Towers, Malasia

Este sistema de disipación de la energía se instaló también en la Torre Mayor de Ciudad de México. Este edificio diseñado por el canadiense Paul Reichmann tiene una altura de 230,4 m y 55 pisos, además de 4 niveles de estacionamiento subterráneo y 9 sobre el nivel de la calle. El sistema estructural está basado en un sistema redundante múltiple, el cual se lleva a cabo introduciendo el sistema dual, (sensible a deflexión) de resistencia lateral de fuerza convencional, en combinación con un sistema de amortiguamiento suplementario. Estos dispositivos suplementarios de amortiguamiento, son altamente eficaces para reducir el impacto del movimiento sísmico sobre la estructura, así como los elementos no estructurales. En la orientación norte-sur se colocaron un total de 72 amortiguadores dentro del sistema de armaduras del núcleo principal. Un total de 24 amortiguadores fueron colocados como parte del sistema de contraviento perimetral.



Construcción del la Torre Mayor, Ciudad de México. (www.arquigrafico.com)



Imagen de la torre terminada y detalle de uno de los disipadores de fluido viscoso instalados construidos por la empresa Taylor Device, Inc.



### 3.2.1.3. AMORTIGUADORES DE MASA PASIVOS

Son los llamados también sistemas de efecto de masa adicional. Estos sistemas están constituidos por una masa, un elemento restitutivo y un mecanismo de disipación de energía, usualmente montado en la parte superior de la estructura. Su misión es contrarrestar los vaivenes y movimientos laterales del edificio como el empuje del viento o incluso un seísmo, desplazándose en el sentido contrario a estos.

Estos sistemas se utilizan generalmente en edificios de altura significativa como hoteles, torres de control aéreo, centros financieros y observatorios.

Dentro de estos sistemas cabe destacar los amortiguadores de masa sintonizada (AMS) y los amortiguadores de líquido sintonizados (ALS).

#### 3.2.1.3.1. Amortiguadores de masa sintonizada (AMS)

Los AMS son un sistema pasivo de disipación de energía que funciona mediante la instalación de masas de hormigón rellenas de acero, que concentran un gran peso en el menor volumen posible y son ubicadas estratégicamente en los puntos que están sujetos a mayor deformación, por lo que se suelen colocar en los extremos superiores de la estructura. Se denomina masa sintonizada, porque su frecuencia coincide con la fundamental del edificio. Con esta sintonía se consigue una reducción de las deformaciones relativas del edificio. Esto se logra debido a que la masa se opone al movimiento del edificio y lo contrarresta parcialmente.

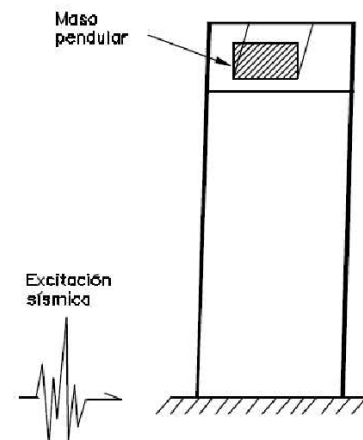


Imagen de los Amortiguadores de masa instalados en el edificio Parque Araucano, (Chile). Dos amortiguadores de masa sintonizada, cuelgan de la estructura mediante tensores, cuyos períodos de oscilación se ajustan y controlan dos tipos de movimientos: el de traslación y el de rotación respecto de un eje vertical. En el primero las dos funcionan sincrónicamente, y en el segundo actúan de forma opuesta, neutralizándose para reducir esta rotación. (Imagen)

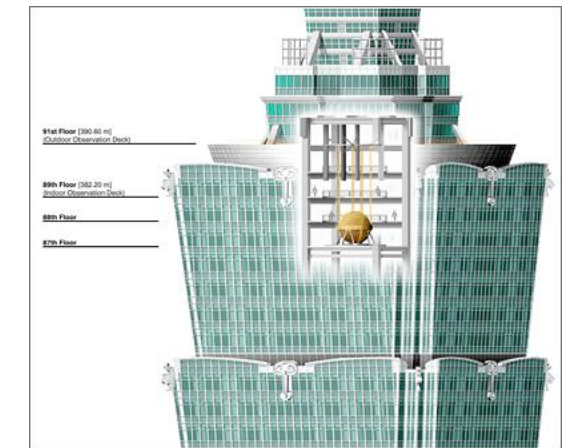
Este sistema se instaló por ejemplo en el Taipei 101, que ha de resistir también los ciclones en la zona. El está situado en la ciudad de Taipéi en Taiwán y cuenta con 106 pisos a los que se le suma una aguja para totalizar 509 metros de altura, convirtiéndolo a este coloso en el segundo más alto del mundo, después del Burj Khalifa de Dubai, Emiratos Árabes Unidos.



El rascacielos puede soportar terremotos de hasta 7 grados en la escala de Richter, aunque en esa zona no se conoce de terremotos superiores a ese nivel, lo cierto es que en esta época los hay muy superiores y testigos de ellos son Chile y Japón. También puede soportar vientos de más de 450 km/h.

Un amortiguador de masa es el encargado de absorber los movimientos de masa del edificio, este es una esfera dorada gigante de 680 toneladas con planchas metálicas que se encuentra en el piso 92. La esfera está suspendida sobre tensores en la parte alta y la base se sujeta con bombas hidráulicas. Al moverse la torre hacia un lado, el amortiguador lo hace en sentido contrario para estabilizar el edificio.

Arriba imagen del edificio Taipei 101 está situado en la ciudad de Taipéi, Taiwán. Abajo izquierda imagen del amortiguador de masa sintonizada. A la derecha, esquema de la situación del amortiguador en el edificio.



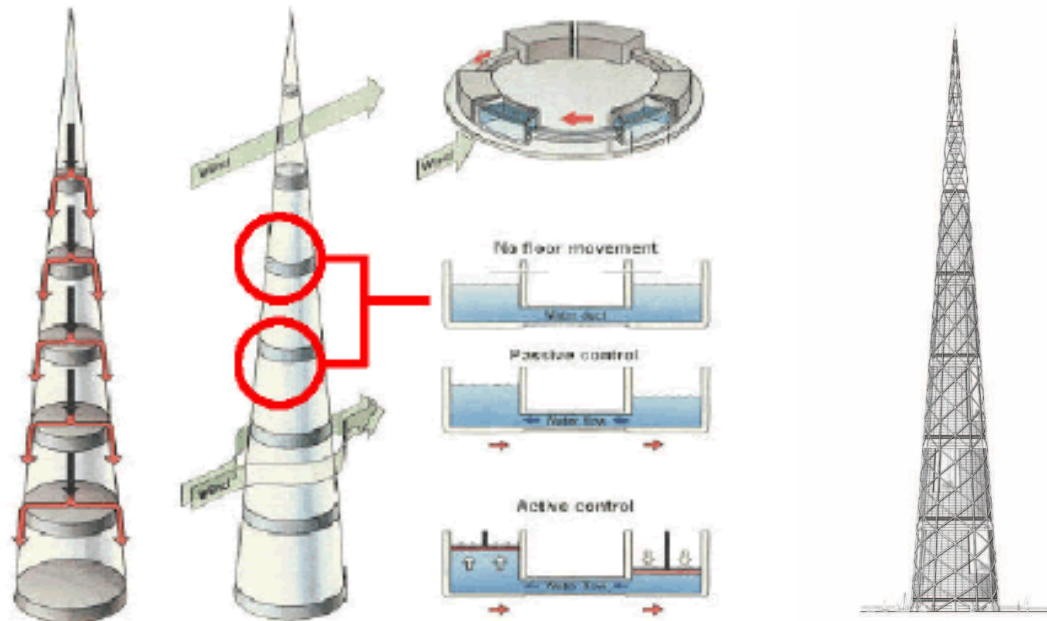
### 3.2.1.3.2. Amortiguadores de líquido sintonizados (ALS)

Los ALS son una variante del sistema anterior. Los amortiguadores de líquido sintonizado absorben la energía de la vibración por el movimiento oscilante del líquido contenido en el recipiente y la disipan a través de la fricción intrínseca del líquido y la fricción con la superficie de las paredes. Para aumentar la disipación de energía, se suelen utilizar piezas cilíndricas de polietileno que flotan en el líquido.

La frecuencia del ALS se ajusta con la altura del agua y la dimensión de los recipientes y se tiene que sintonizar con la frecuencia natural del edificio para un funcionamiento eficaz.

Las ventajas principales que presenta este sistema son su bajo costo inicial, que no necesita ningún mecanismo de activación y su bajo mantenimiento requerido.

Un ejemplo de este sistema es Torre Millenium en Japón, actualmente en proyecto. Este edificio tendrá 840 metros de altura y que pretende funcionar como una comunidad autónoma y autosuficiente de 64.000 habitantes. Utilizando agua en anillos perimetrales a diferentes alturas para minimizar las vibraciones inducidas por viento.



A la izquierda, disposición de los anillos de agua en el edificio. A la derecha, dibujo de la estructura proyectada de forma cónica.

### 3.2.2. Comparación de los dispositivos de control pasivo

Aspectos deseables	Control pasivo		
	Aislamiento basal	Disipadores histeréticos	Masa adicional
Bajo costo de instalación y puesta en obra de los dispositivos de control		*	
Larga vida útil de los dispositivos	*	*	*
Bajo costo de mantenimiento de los dispositivos de control (1)	*	*	*
Bajo costo de reemplazo de los dispositivos de control		*	
Baja probabilidad de reemplazo de los dispositivos de control	*		*
Bajo costo de fabricación de los dispositivos de control (2)		*	
Instalación simple en obra de los dispositivos de control		*	
Reducción del daño estructural por sismo	*	*	*
Simplicidad en el uso para la rehabilitación o reforzamiento de estructuras existentes.		*	*
Simplicidad en la implementación en sistemas de pórticos	*	*	*
Simplicidad en la implementación en sistemas de muros de carga		*	*
No requiere mano de obra altamente calificada para la instalación de los dispositivos de control		*	
Alto control de daños en contenidos (3)	*		*
Bajo impacto en las practicas de construcción actuales		*	
Fácil consecución de materiales necesarios para la fabricación de los dispositivos en el país		*	
Baja interrupción del continuo funcionamiento de estructuras indispensables para la instalación y reemplazo de los dispositivos de control	*	*	*

1-Algunos dispositivos no requieren mantenimiento

2-Para las técnicas de aislamiento basal y masa adicional se han desarrollado algunos dispositivos simples con un costo inferior a los comúnmente utilizados.

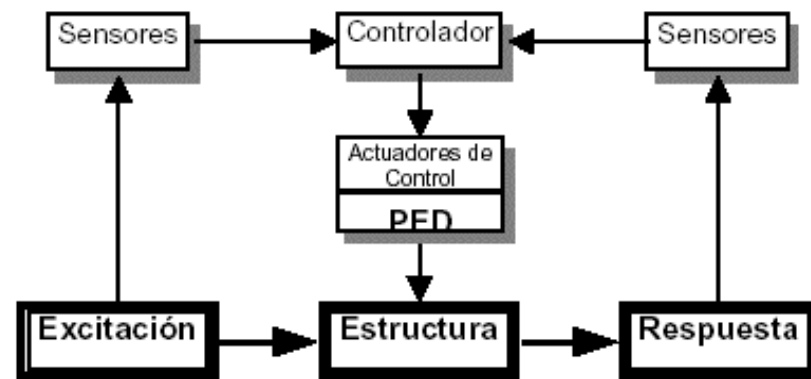
3-Note que las técnicas de aislamiento basal y masa adicional suelen ofrecer un mayor control de daño en contenidos que los disipadores histeréticos. Sin embargo el nivel de protección ofrecido por los disipadores histeréticos, es adecuado.

(Revista .eia.esc.ing. Antioquia n.11 2009)



### 3.2.2. Sistemas de control semiactivo

Los sistemas semiactivos tienen un esquema de funcionamiento muy similar a los sistemas activos, diferenciándose de estos en que el control estructural se obtiene a partir de dispositivos cuyas características mecánicas (rigidez o amortiguamiento) son controlables, lo cual permite modificar las propiedades dinámicas de la estructura dependiendo de las características de la misma, con costos energéticos muy reducidos.



Esquema de funcionamiento del sistema de control semiactivo.

Estos sistemas de control han recibido mucha atención durante los últimos años debido a que ofrecen la adaptabilidad de los sistemas de control activo pero requieren una menor cantidad de energía externa. De hecho, muchos de estos sistemas semiactivos operan con la energía de una batería independiente, lo que resulta de vital importancia durante eventos sísmicos cuando es habitual el corte de energía eléctrica.

La mayoría de los dispositivos de control semiactivo no puede aumentar la energía mecánica en el elemento controlado (incluyendo estructura y dispositivo), pero tiene propiedades que pueden ser variadas dinámicamente para reducir la respuesta de un sistema estructural. Por esta razón, a diferencia de los sistemas de control activo, los dispositivos de control semiactivo no pueden desestabilizar el sistema estructural.

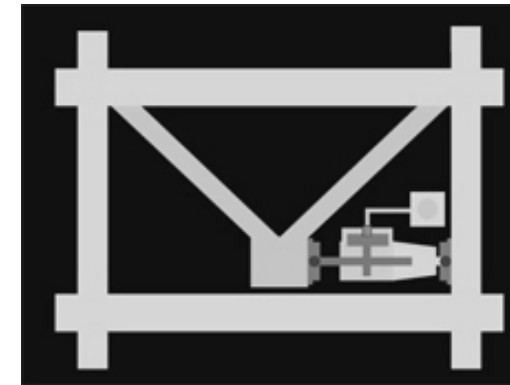
Los sistemas semiactivos permiten la posibilidad de una reducción efectiva de la respuesta de la estructura bajo una amplia gama de condiciones de cargas dinámicas, por lo que su rendimiento es mejor que los dispositivos pasivos y, a veces, incluso mejor que los sistemas completamente activos.

Dentro de este tipo de técnicas de control, se pueden diferenciar las empleadas por los sistemas semiactivos encaminadas al control del amortiguamiento y al control de rigidez.

#### 3.2.2.1. Sistema de amortiguamiento variable

Algunos ejemplos de estos sistemas son los amortiguadores de fluidos con orificio variable, dispositivos de aleaciones con memoria de forma, y dispositivos de fluidos controlables. La característica principal de los fluidos controlables es la habilidad que poseen para cambiar reversiblemente de un fluido viscoso lineal a un semisólido cuando son expuestos a un campo magnético o eléctrico.

Los amortiguadores de fluidos con orificio variable permiten alterar la resistencia del caudal de un fluido hidráulico y han sido efectivos para controlar la respuesta sísmica de edificios



Izquierda, esquema de instalación del amortiguador de fluido en pórtico. Derecha, imagen real instalación del amortiguador. (Kobori Research Complex)

El sistema ha sido aplicado al Edificio de Control de las instalaciones de ensayos de mesa vibradora, ubicado en el complejo del Instituto de Investigación Técnica de Kajima, (Japón) de tres pisos de altura. El edificio cuenta con arriostramientos de acero en forma de V invertida colocados en la dirección transversal y dispositivos de rigidez variable instalados entre el tope del arriostramiento y la viga.

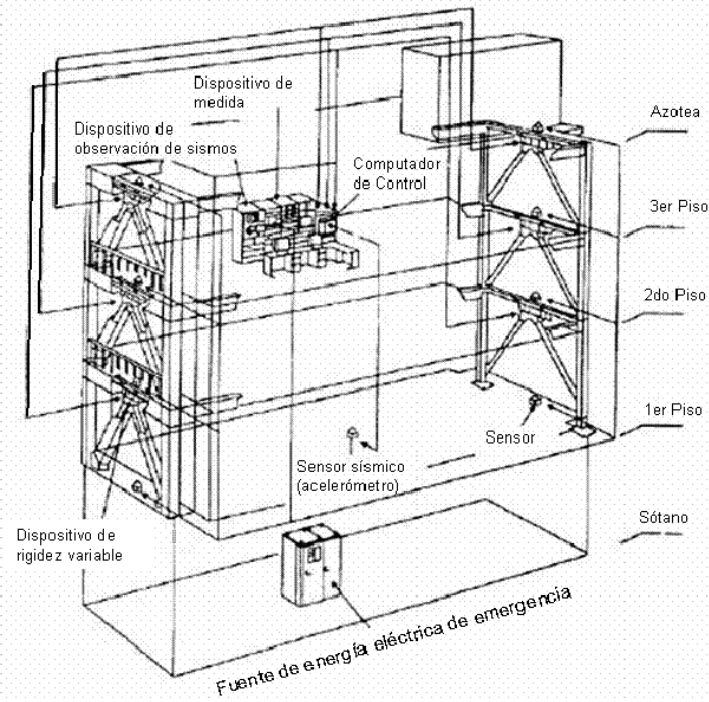


Izquierda, edificio de Control de las instalaciones de ensayos de mesa vibradora. Derecha, detalle de la instalación del dispositivo de control en el sistema

### 3.2.2.2. Sistemas de rigidez variable

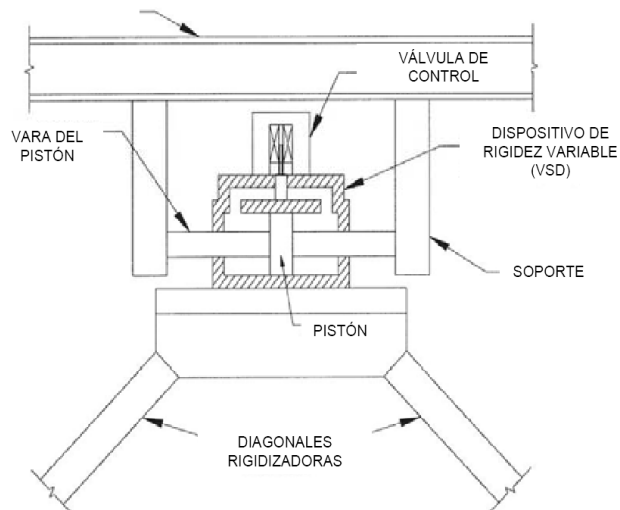
En la actualidad existen diversas tecnologías que intentan evitar que la estructura entre en resonancia durante un sismo. Una manera simple y económica es variar la rigidez de los pórticos que componen la estructura utilizando unas diagonales rigidizadoras que puedan activarse y desactivarse en función de la vibración.

De esta forma, los sensores captan la frecuencia del sismo y el sistema tiene la capacidad de cambiar su rigidez en presencia de un estímulo eléctrico, con el fin de variar la frecuencia natural de la estructura dependiendo de la frecuencia de excitación, evitando la posibilidad de una situación de resonancia



En el esquema que se puede observar como el sistema está conformado por unos sensores de sismos (acelerómetros) que están conectados a un sistema de control el cual decide el estado de rigidez en el que se debe encontrar la edificación para reducir el riesgo de resonancia.

Esquema de instalación del dispositivo de control de rigidez estructural en un edificio de tres alturas, Kobori Research Complex (1993).



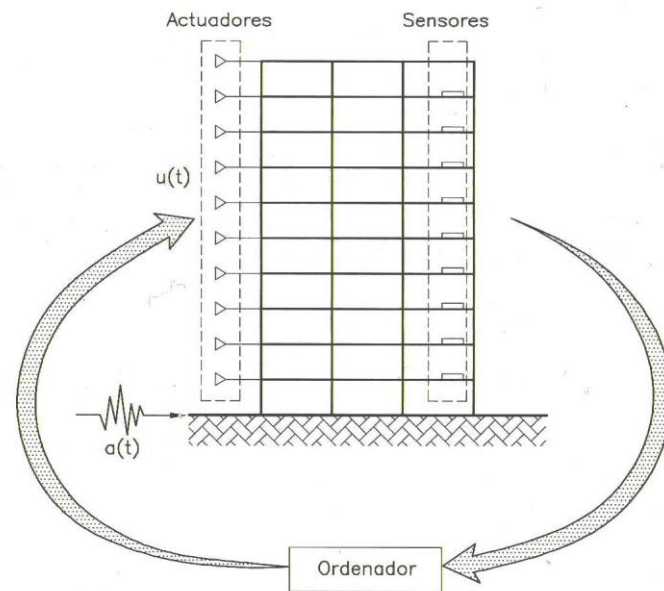
Detalle de la instalación del dispositivo de control de rigidez estructural, Kobori Research Complex (1993).



### 3.2.3. Sistemas de control activo e híbrido

#### 3.2.3.1. Sistemas activos

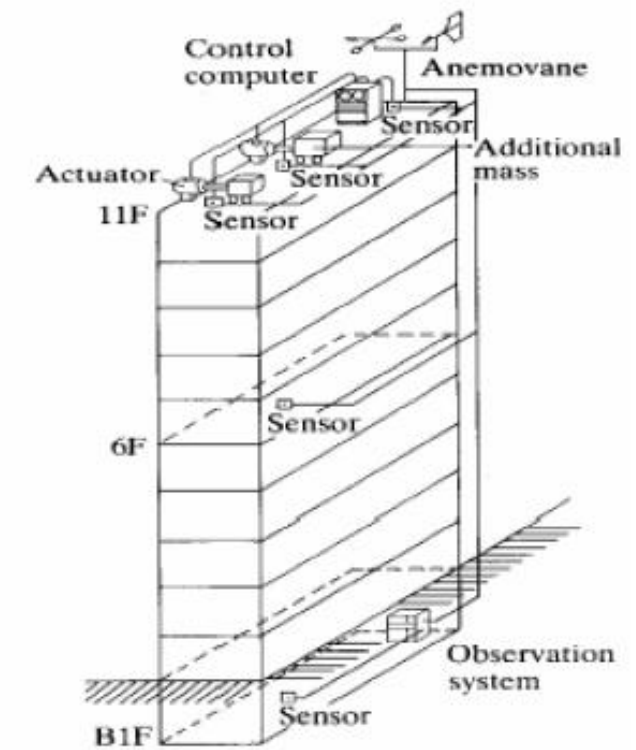
Los sistemas de control activo son empleados para atenuar la respuesta de estructuras sometidas a excitaciones tanto internas o externas, tales como maquinaria o tráfico, vientos y sismos, con el fin de incrementar la seguridad y la comodidad de los usuarios del edificio. Estos sistemas se basan principalmente en impartir una fuerza o movimiento a la estructura, en dirección opuesta a la vibración.



Representación de funcionamiento de una estructura con sistema de control activo. (A. Barbat, M.Bozzo)

Una característica a considerar a la hora de elegir la instalación de esos sistemas es que requieren una fuente externa de energía para su funcionamiento y, por lo tanto, son vulnerables a cortes en la corriente eléctrica, lo que es altamente probable durante sismos. Estos sistemas pueden mejorar la respuesta dinámica de una estructura pero una de sus grandes desventajas es que también lo pueden empeorar, llegando incluso a volver inestable e introducir energía cinética adicional al sistema. Otras limitaciones del control activo es la dificultad de obtener un modelo adecuado de la estructura para el diseño del controlador y la dificultad en la medición de desplazamientos y velocidades de la estructura. Debido a este condicionante, la extensión del diseño estructural para incorporar conceptos de control con retroalimentación debe estar acompañada por un compromiso con la investigación y el desarrollo tecnológico.

Un ejemplo de la implantación de este sistema es el instalado en el edificio Kyobashi Seiwa, en Japón. Es un ejemplo de la primera aplicación a escala natural de la tecnología de control activo que se terminó de construir en 1989. El sistema activo está formado por osciladores AMD, uno principal para controlar el movimiento transversal, y otro secundario para reducir los movimientos torsionales. El objetivo del sistema instalado en el edificio es reducir las vibraciones producidas por vientos fuertes y solicitaciones sísmicas moderadas.



Izquierda, Edificio Kyobashi Seiwa, en Japón. Derecha, esquema de la instalación del sistema de control activo.



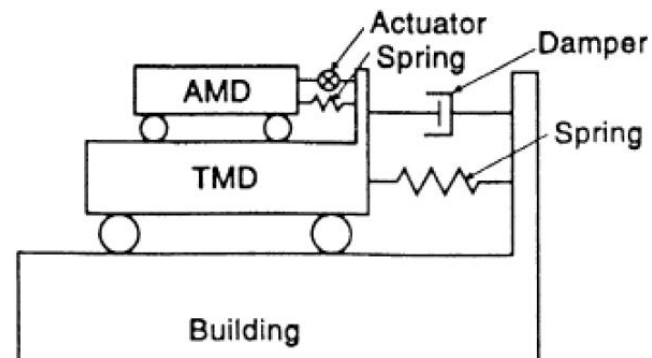
Imagen de los dos osciladores AMD instalados en la azotea del edificio Kyobashi Seiwa, en Japón

### 3.2.3.2. Sistemas híbridos

Los sistemas híbridos son la combinación de los dos sistemas anteriores: los sistemas activos y pasivos. Esta combinación ofrece una serie de ventajas, como la posibilidad de que en caso de fallo del componente activo, el sistema pasivo pueda seguir funcionando(aunque de forma menos efectiva) o una menor necesidad de energía necesaria para su funcionamiento respecto a los sistemas activos. Dos de los sistemas

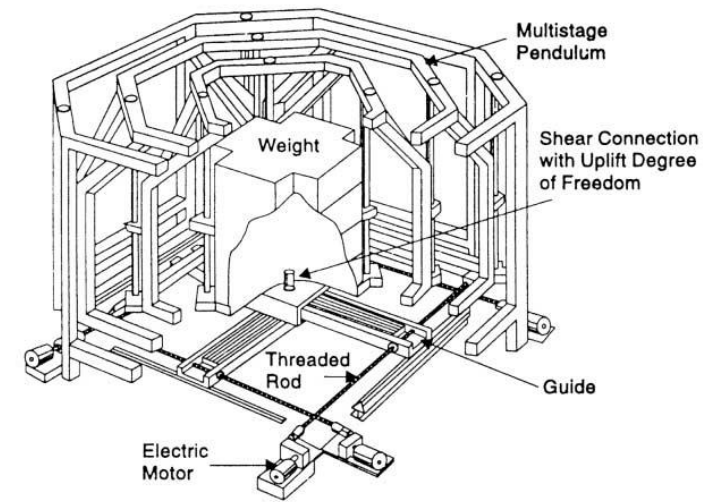
Más desarrollados en la actualidad en este grupo son el HMD (Hybrid Mass Damper) y el aislamiento de base con control activo del desplazamiento.

El HMD está compuesto por una masa oscilante pasiva que por sí misma reduce la respuesta del edificio(TMD) y de un actuador activo (AMD), el cual mejora la eficiencia del sistema y además aporta mayor robustez frente a cambios dinámicos de la estructura.



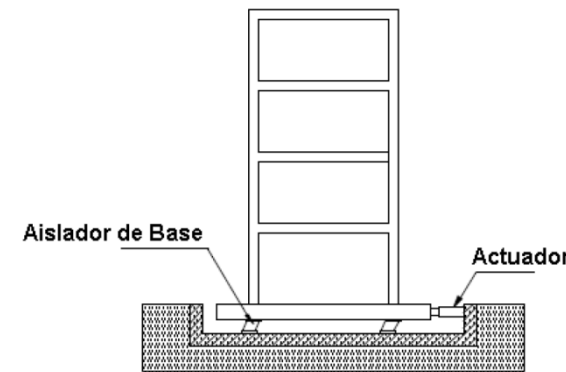
Esquema básico del comportamiento del sistema de control híbrido HMD

Este sistema se utilizó en la construcción del Yokohama Landmark Tower, el edificio más alto de Japón con 296.3 m.



Izquierda, esquema del dispositivo HMD instalado en el rascacielos. Derecha, imagen del Yokohama Landmark Tower. (Supplemental energy dissipation: state-of-the-art and state-of-the-practice T.T. Soong, B.F. Spencer Jr)

Por otro lado, el sistema de aislamiento de base con control activo consta de un componente pasivo que desolidariza parcialmente la estructura del terreno, mientras que el componente activo controla este desplazamiento, ya acotado por el componente pasivo, mediante un actuador.



Esquema de funcionamiento de un edificio con sistema de aislamiento de base con control activo. (A. Barbat, M.Bozzo)



### 3.3. COMPATIBILIDAD DE SISTEMAS

		SISTEMAS CONVENCIONALES								SISTEMAS AVANZADOS													
		Muros armados	Muros confinados	Muros de cortante	Sistema estructural dual	Pórticos arriostrados	Pórticos dúctiles especiales	Placas reticulares mixtas	Atado de la cimentación	Apoyos elastoméricos	Aisladores friccionales deslizantes	Aisladores tipo péndulo de fricción	Disipadores por plastificación de metales.	Amortiguadores de fricción	Disipadores viscoelásticos	Disipadores de fluidos	Amortiguadores de masa sintonizada (AMS)	Amortiguadores de líquido sintonizados (ALS)	Sistemas de amortiguamiento variable	Sistemas de rigidez variable	Sistemas de control activo	Sistemas de control híbrido	
SISTEMAS CONVENCIONALES	Muros armados	X							X	X	X												
	Muros confinados		X						X	X	X												
	Muros de cortante			X	X				X	X	X	X											
	Sistema estructural dual			X	X	X			X	X	X	X			X								
	Pórticos arriostrados				X	X									X					X			
	Pórticos dúctiles especiales						X		X	X	X										X	X	
	Placas reticulares mixtas							X															
	Atado de la cimentación			X	X		X		X	X	X	X											
SISTEMAS AVANZADOS	Apoyos elastoméricos	X	X	X	X		X		X	X	X						X						
	Aisladores friccionales deslizantes	X	X	X	X		X		X	X	X						X						
	Aisladores tipo péndulo de fricción	X	X	X	X		X		X	X		X											
	Disipadores por plastificación de metales.			X	X								X										
	Amortiguadores de fricción													X									
	Disipadores viscoelásticos					X									X		X						
	Disipadores de fluidos				X	X										X							
	Amortiguadores de masa sintonizada (AMS)									X	X				X		X						
	Amortiguadores de líquido sintonizados (ALS)																	X					
	Sistemas de amortiguamiento variable																		X				
	Sistemas de rigidez variable					X														X			
	Sistemas de control activo						X														X		
	Sistemas de control híbrido						X																X

Para realizar esta tabla, se llevo a cabo un estudio de varios edificios construidos hasta la fecha, analizando los sistemas sismorresistentes utilizados en cada uno de ellos y su compatibilidad con otros sistemas utilizados en la misma construcción.

# CAPÍTULO

# 4



*Imagen terremoto L'Áquila, 2009*

# TÉCNICAS DE CONSOLIDACIÓN Y RECUPERACIÓN



## 4. INTRODUCCIÓN

En grandes catástrofes como nuestro caso son los terremotos es tan importante la celeridad en la actuación como que ésta se efectúe de forma ordenada y organizada. De nada sirve hacer para deshacer, o hacer para perjudicar. En toda intervención de los servicios públicos hay que seguir unos criterios, reglas, protocolo... que se supone han sido estudiados y testados con anterioridad para verificar de la manera más empírica posible su idoneidad y adecuación a cada situación.

Se muestra a continuación una recopilación de datos de protocolo de actuación de los bomberos en casos de terremotos de determinada envergadura, tanto de intervención a nivel organizativo de grupo, actuación social, como de intervención material sobre las edificaciones.





## 4. TÉCNICAS DE CONSOLIDACIÓN Y RECUPERACIÓN

### 4.1. ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.

Las intervenciones de los Cuerpos de Bomberos en trabajos de apuntalamientos de un edificio o parte del mismo, estarán motivadas, normalmente, por una situación de emergencia, ante el riesgo de hundimiento.

Ejecutar el apuntalamiento debe ser decidido por el mando responsable del servicio. Los trabajos comprenden las siguientes fases:

- Inspección.
- Evaluación del Apuntalamiento.
- Organización de los trabajos. Medidas preventivas.

#### 4.1.1. Inspección

Es el reconocimiento previo de la zona afectada y del edificio en su conjunto, para obtener el máximo de datos posibles.

- Elemento o elementos deteriorados.
- Incidencias en otros.
- Materiales con que fue construido.
- ¿Corresponde a un elemento estructura?
- Cargas que está soportando.
- Grietas, roturas, condiciones de estabilidad.
- Incidencias con edificios colindantes, vía pública, etc.

Para realizar la inspección debe llevarse un bloc de notas donde levantemos croquis de zonas o anotemos los datos que consideremos interesantes para ejecutar el apuntalamiento.

#### 4.1.2. Evaluación del apuntalamiento.

El reconocimiento efectuado permitirá determinar:

- Si es necesario apuntalar.
- Lugar donde hay que ejecutarlo.
- Tipo de apuntalamiento.
- Materiales y Herramientas necesarias.

#### 4.1.3. Organización de los trabajos

Efectuada la inspección y estudiado el sistema de Apuntalamiento que debemos realizar, procederemos a la Organización y ejecución de los trabajos, teniendo en cuenta todas las medidas de protección necesarias en evitación de accidentes para los equipos que intervengan y terceros.

- Delimitación de las Áreas de Riesgo.
- Petición de Personal, Vehículos y Herramientas.
- Anulación de Instalaciones Existentes
- Andamios.
- Apeos y Apuntalamientos.
- Medidas Preventivas.

#### Delimitación de las Áreas de Riesgo.

Área de Intervención.

Área de Socorro y Apoyo.

Es muy importante la delimitación de estas, Áreas sobre todo en (Apuntalamientos de Muros de Fachada por el posible riesgo de hundimiento o vuelco, durante la ejecución de los trabajos.

Hay que establecer zonas lo suficientemente amplias que permitan un escape rápido sin entorpecerse, así como el alejamiento de curiosos.

#### Petición de personal, vehículos v herramientas.

Por el mando encargado de la dirección de los trabajos se procederá a la petición de personal,



vehículos y herramientas que sean necesarios para los trabajos. Esta petición se realizará al Técnico Coordinador de Recursos, que la gestionarán según las necesidades, entre:

- Empresas de las Instalaciones del edificio
- Grupo de Asistencia Técnica.
- Empresas o Personal Colaborador (Encofradores, Limpieza, etc.)

#### Anulación de instalaciones existentes

En el caso de que los elementos del apuntalamiento puedan dañar tuberías o conductos de instalaciones del edificio o generales, debe procederse antes de iniciar los trabajos, al desmontaje o corte provisional hasta que estos finalicen y pueda restablecerse el servicio con garantías suficientes.

#### Andamios.

Para apuntalamientos en altura deben preverse andamios desmontables, escaleras o escalas y elementos de elevación de los materiales.

#### **Apeos y Apuntalamientos**

Se establecerán las siguientes zonas:

- Acopios de Materiales.
- Corte y preparación.
- Montaje de Apuntalamientos.

Estarán estudiadas de forma que no se entorpezcan los diferentes trabajos y el transporte de material no sea excesivamente largo.

#### Medidas Preventivas.

Son el conjunto de medidas de protección personal y colectiva necesarias, tanto en relación con el personal que vaya a efectuar directamente el apuntalamiento como terceros, en evitación de accidentes.

- Delimitación de las Áreas de Riesgo.
- Protección Personal.

#### Delimitación de las Áreas de Riesgo

Se procederá a la acotación mediante vallas, la de Intervención y con cintas de Señalización la de Socorro Y Apoyo o Base.

El control de acceso debe efectuarse por las fuerzas del orden.

#### Protección Personal

- Casco.
- Cinturón de Seguridad
- Mono o Ropa de Trabajo
- Guantes.
- Calzado de Seguridad.
- Cordel de equipo.

## **4.2. TIPOS DE APUNTALAMIENTOS**

### **4.2.1.Introducción**

Son muchas las causas de las ruinas de los edificios:

- Errores en el cálculo de la estructura por dimensionamiento inadecuado o sobrecargas mal consideradas.
  - Elección de una cimentación no de acuerdo con las características del terreno.
  - No realizar una conservación adecuada.
  - Obras de reforma mal diseñadas o estudiadas.
  - Cambio del uso del edificio, (ejemplo: viviendas a oficinas).

Los apeos son obras que se realizan en un edificio para permitir la reconstrucción, reparación o refuerzo de elementos dañados: cimientos, muros, techos, etc. Son obras auxiliares pues su ejecución es provisional, procediéndose a su desmontaje una vez hayan finalizado los trabajos correspondientes.

## APEO

Son los armazones o fábricas con que sostienen provisionalmente todo o parte del edificio, construcción o terreno.

## APUNTALAMIENTO

Es un concepto idéntico que el anterior. En la práctica los apuntalamientos se ejecutan en operaciones de urgencia, para sostener todo o parte del edificio y evitar su hundimiento o desplome.

En muchos casos, después de realizado el apuntalamiento, es necesario un Apeo más estudiado para efectuar la reparación, procediendo a su montaje y desmontando el apuntalamiento inicial o parte del mismo.

## CIMBRAS

Son encofrados especiales, de uso provisional, para sostener los elementos que han de formar los arcos o bóvedas durante su construcción.

Es necesario Apear o Apuntalar una edificación siempre que observemos anomalías apreciables en los componentes estructurales del edificio, como pueden ser grietas acusadas en muros, vigas, flechas excesivas en vigas o techos, desplomes en muros, etc. Siempre que preveamos una posibilidad de colapso no controlado del edificio o parte de él.

Se distinguen dos zonas en una cimbra

- inferior: de mayor sección y por tanto la resistente
- superior: convexa, corresponde con el intradós del arco o bóveda.

Resulta más económico, práctico y estructuralmente más resistente superponer todas las piezas de madera.

### 4.2.2. Tipos

Según el lugar donde se realizan:

- Cimientos
- Muros
- Pilares
- Techos
- Arcos y bóvedas

Según la obra que se va a ejecutar:

- Reformas y Aperturas de huecos
- Reparaciones o Restauraciones.
- Consolidaciones
- Ampliaciones
- Demoliciones
- Ruinas (Apuntalamiento)

Según la posición en que se colocan:

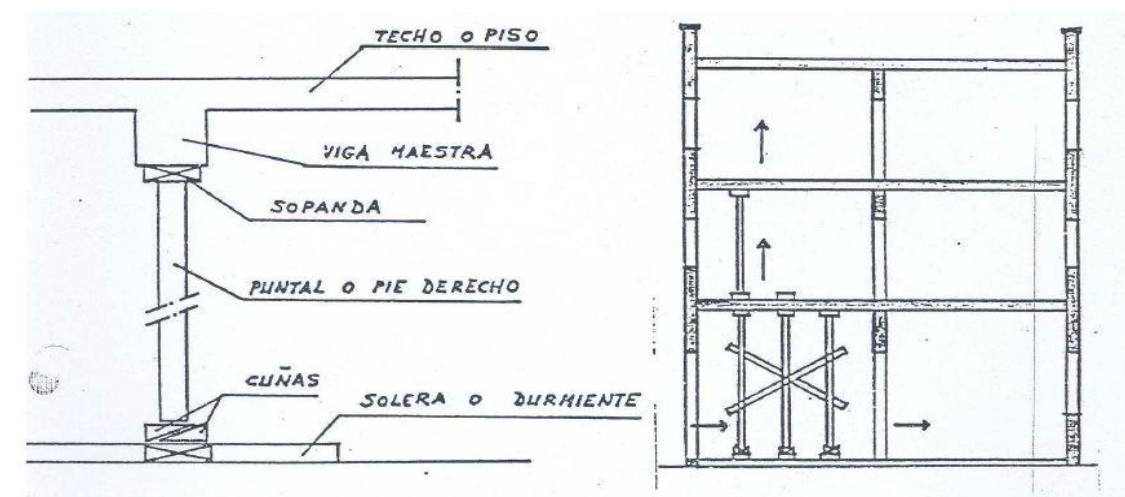
- Verticales
- Horizontales
- Inclinados

#### 4.2.2.1. Apeos verticales

Para sostener elementos horizontales deteriorados.

Durmiente o Solera: Elemento base, sirve de apoyo a los puntales y reparte la carga de forma uniforme al terreno o suelo. Normalmente son de madera tipo tablón.

Puntal: Su misión es recibir las cargas y transmitir las al durmiente, tiene que





resistir las cargas sin pandearse ni romperse. Puede ser de madera o metálico. Los de madera tipo rollizo y escuadrada tipo tablón. Los metálicos telescópicos.

**Cuñas:** Se utilizan para los puntales de madera. Su misión es que el puntal quede perfectamente ajustado y trabajando.

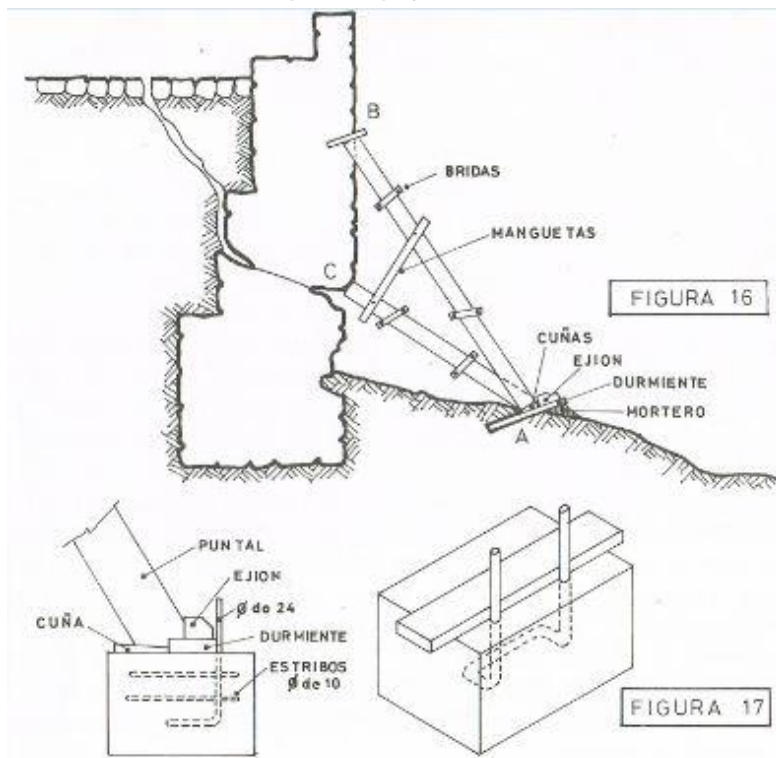
**Sopanda:** Es el elemento que se coloca en la zona que hay que sostener. Recibe las cargas y las transmite al durmiente, a través de las puntales. Se utiliza madera tipo tablón.

Los apuntalamientos de varios techos o pisos se comenzarán siempre en la planta baja y en el sentido de abajo hacia arriba, haciendo coincidir la alineación de puntales en cada planta.

#### 4.2.2.2. Apeos inclinados

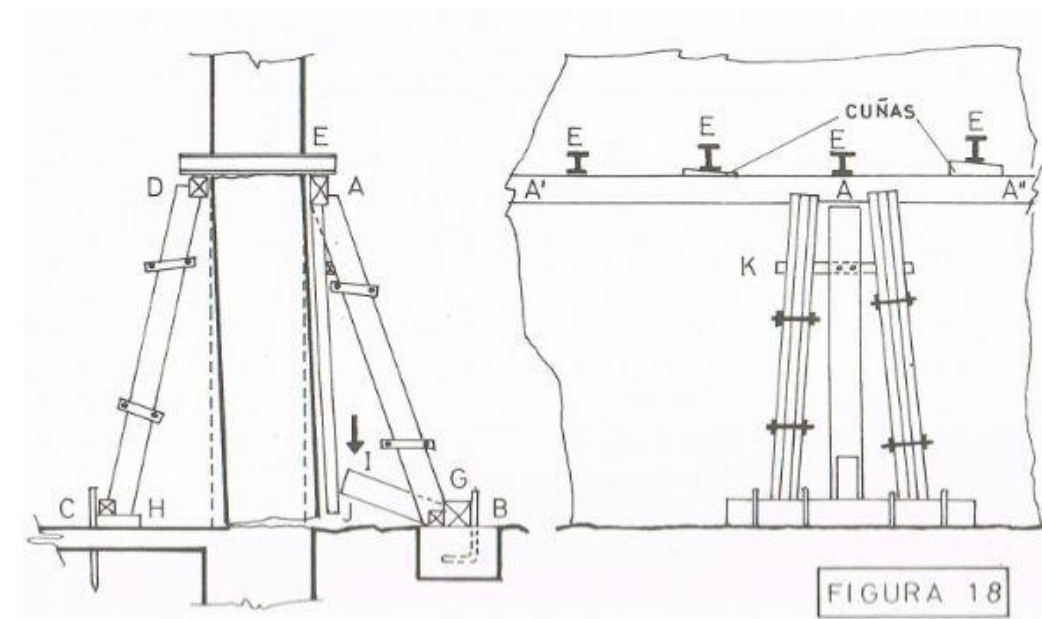
##### En deslizamiento

Son corrientes en reparaciones o consolidaciones de murallas y fortificaciones con zonas movidas al deslizarse sus cimientos o por empujes de tierras.



##### Ejecución

- Apuntalar para estabilizar
- Colocación de durmiente de madera en el terreno para el reparto de presión
- Retirada de algún mampuesto para alojar la punta de un tablón si fuese necesario. Colocación del puntal y posterior apriete en el durmiente.
- Completar el apriete con cuñas entre tornapuntas o puntal y durmiente.
- Colocación final de ejión.



Si el terreno fuese flojo en A se hormigonaría un dado de hormigón con una armadura a modo de tope.

##### En fallos y empujes

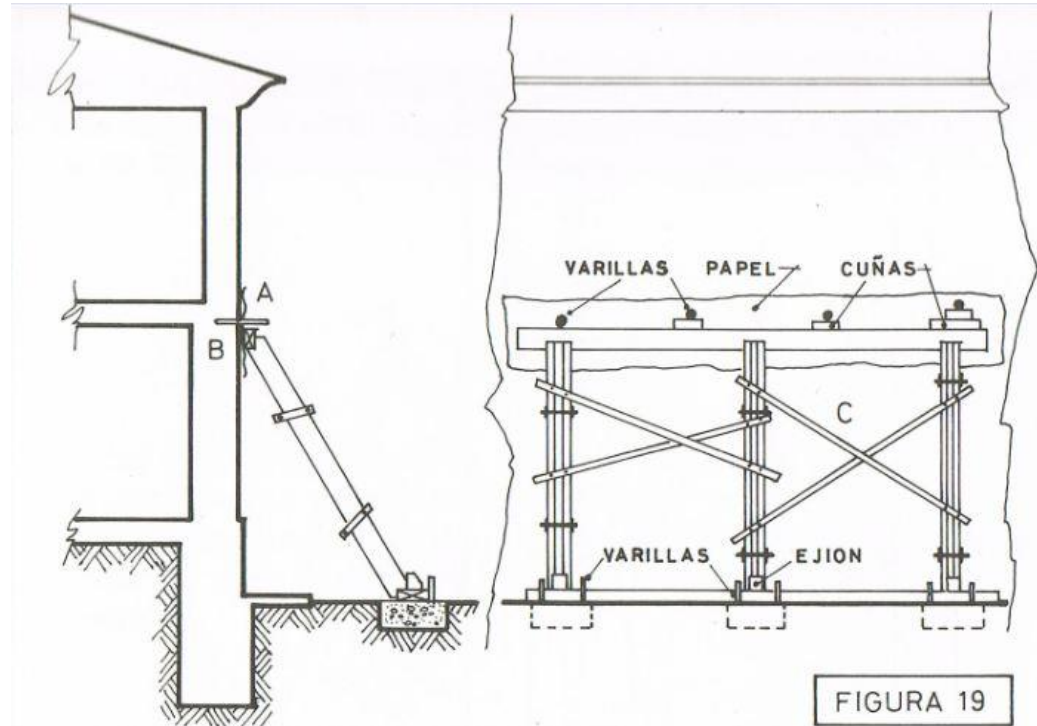
Para apear una fachada pandeada al exterior.

##### Ejecución

Siempre se tratará de perjudicar lo menos posible la fábrica de la fachada.

- Clavado de varillas en A
- Ejecución de dado de hormigón para retención de durmiente.
- Colocación de tornapuntas o puntal, que ajustaremos haciéndolo deslizar por el durmiente y colocando una cuña

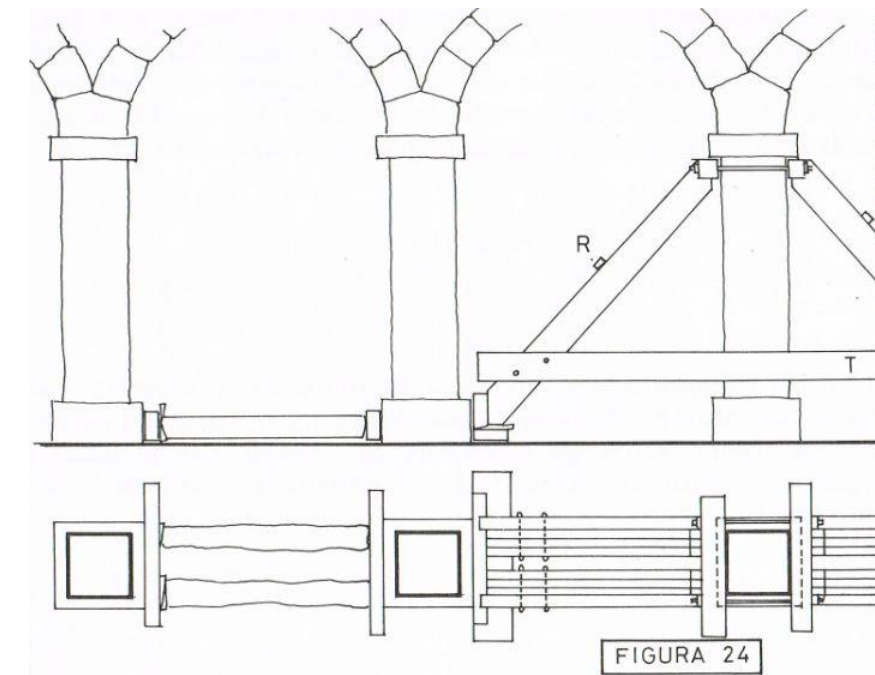
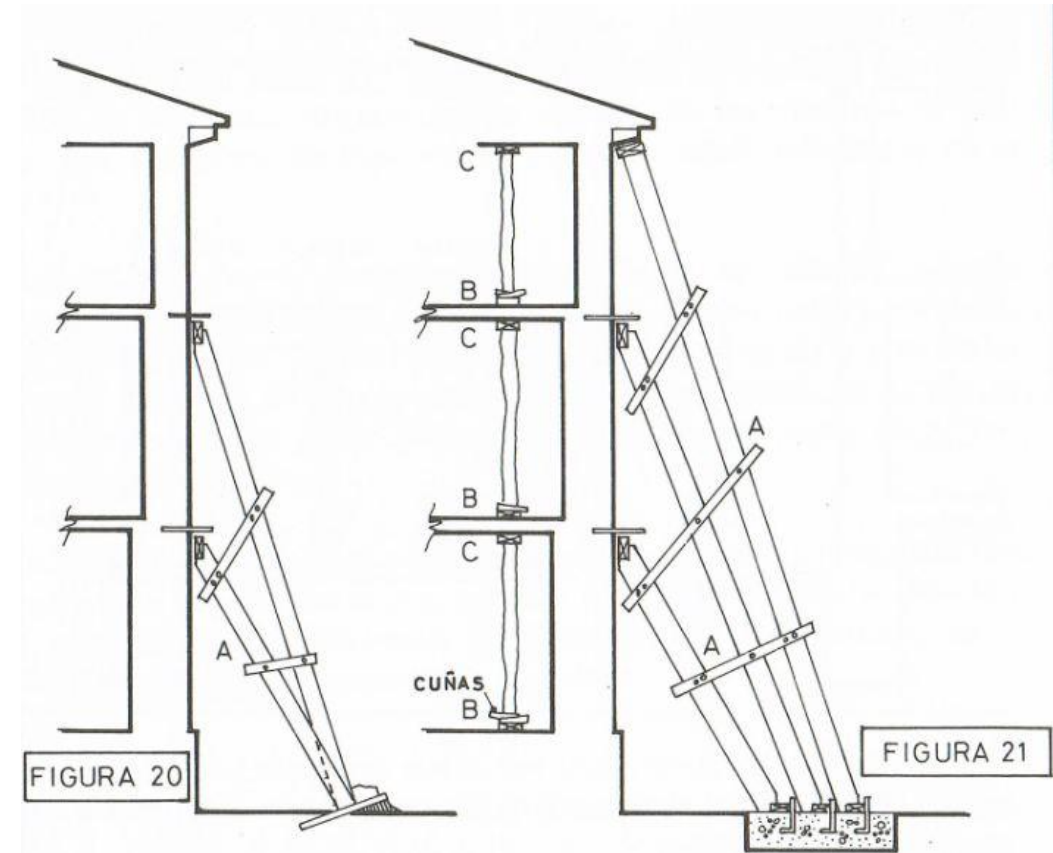
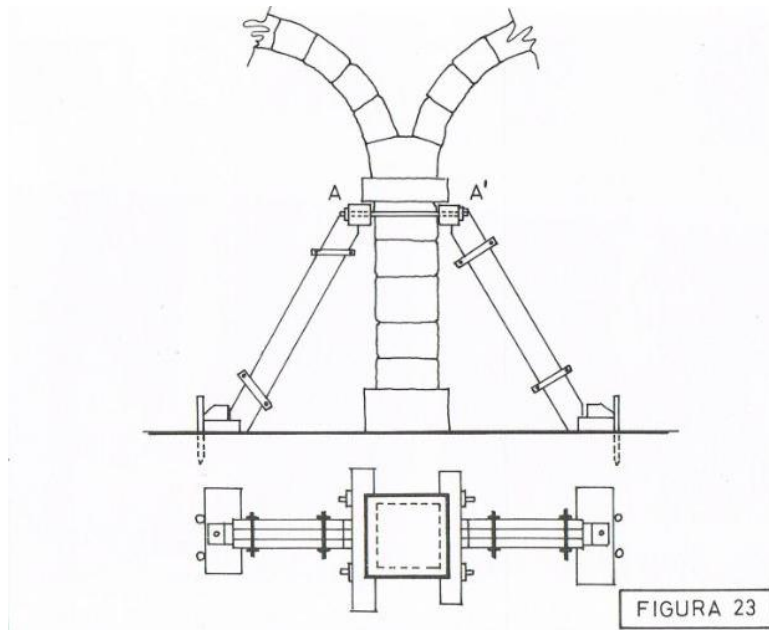
- Colocación de un ejión para impedir movimiento.



Apeo de una pilastra en un porche o arquería

Ejecución:

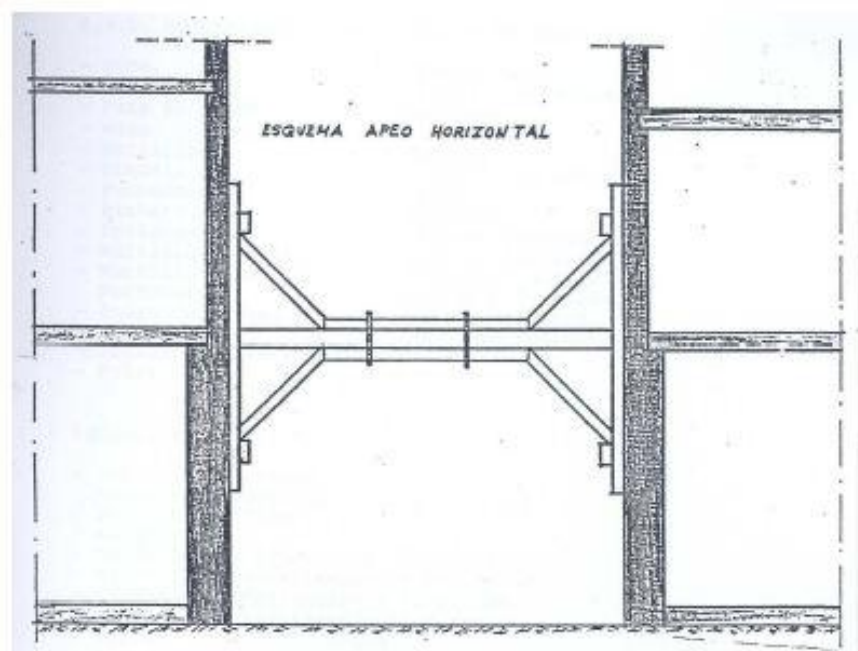
- Apeo compuesto de 2 travesaños A-A' con dos tornillos que abrazarán la pilastra por debajo del capitel, donde acuñarán los dos tornapuntas. Figura 23
- Si la carga es considerable se doblará los tornapuntas y se arriostrará. Figura 24



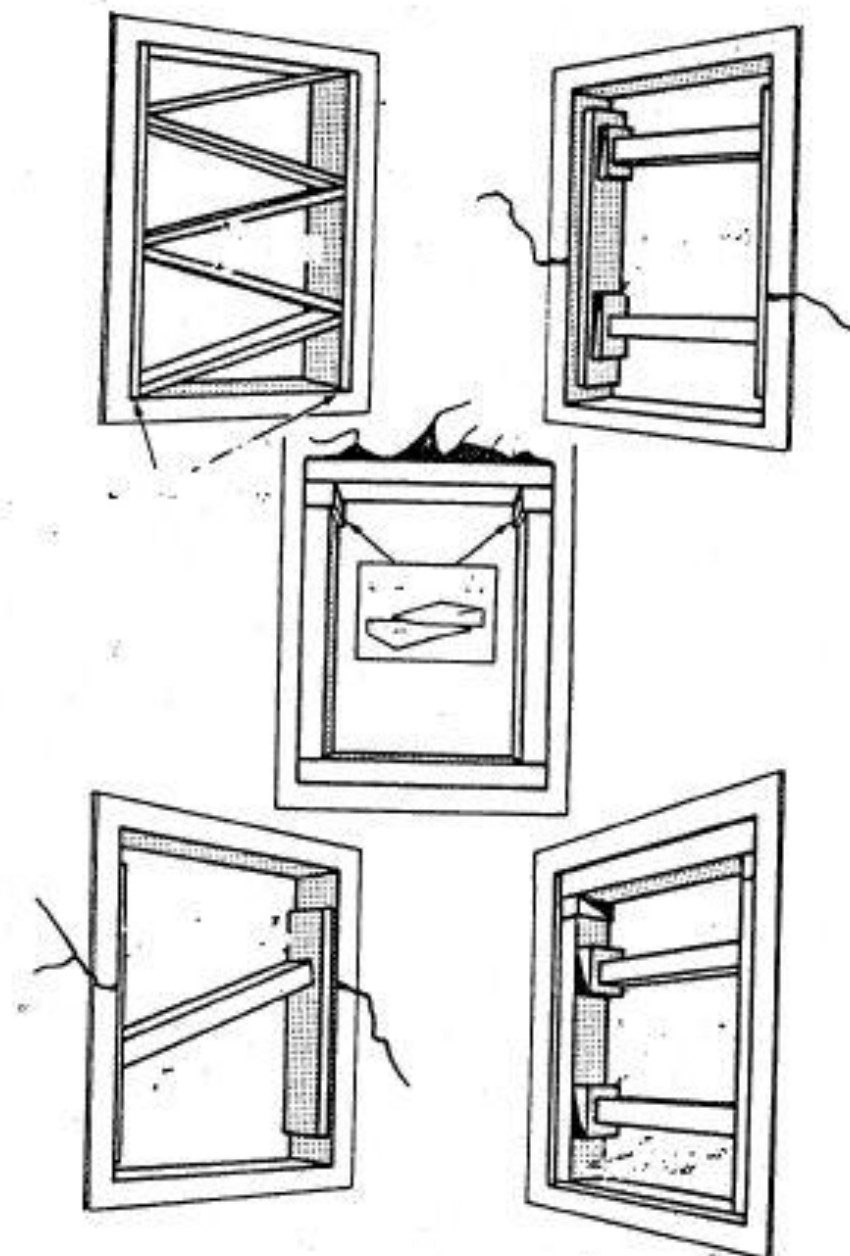


#### 4.2.2.3. Apeos horizontales.

Utilizados para sostener elementos verticales de forma que los apuntalamientos no estorben o interrumpan los trabajos a realizar: Apeos de zanjas, Cimientos, Muros, Fachadas. También se les denomina Entibaciones (zanjas) o Acodalamiento.

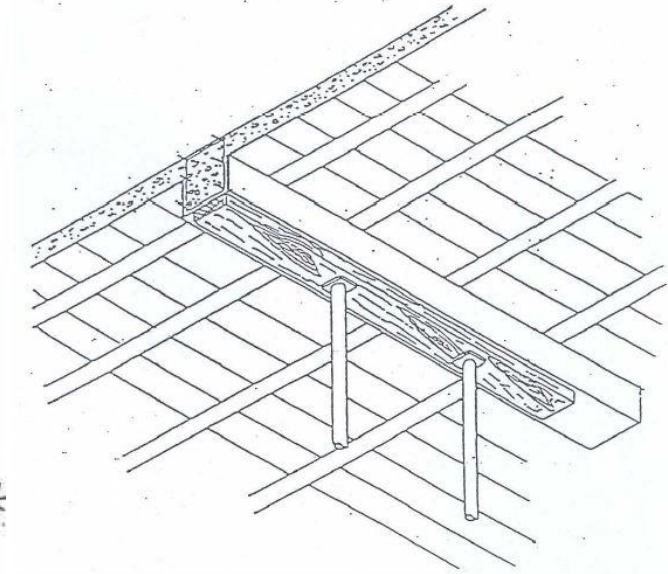
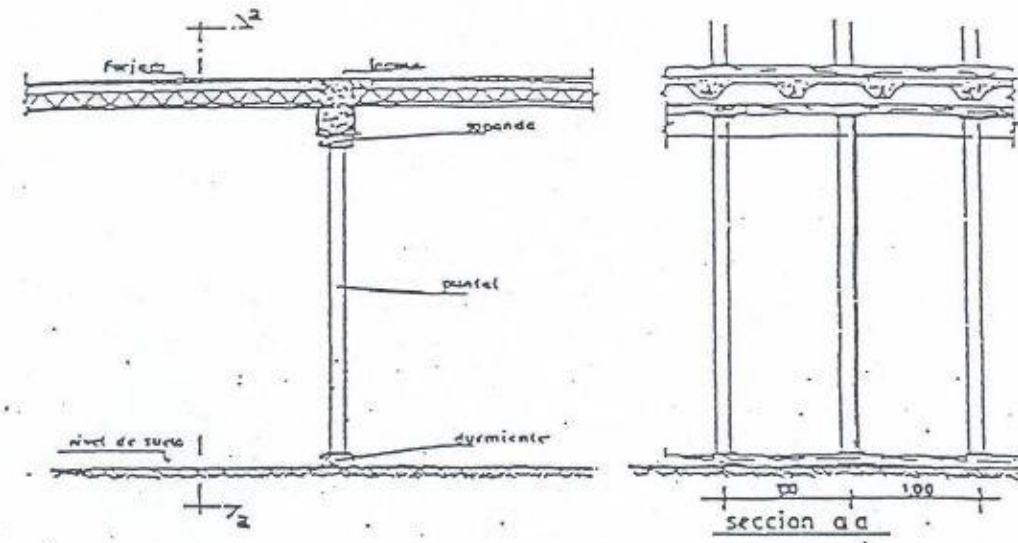
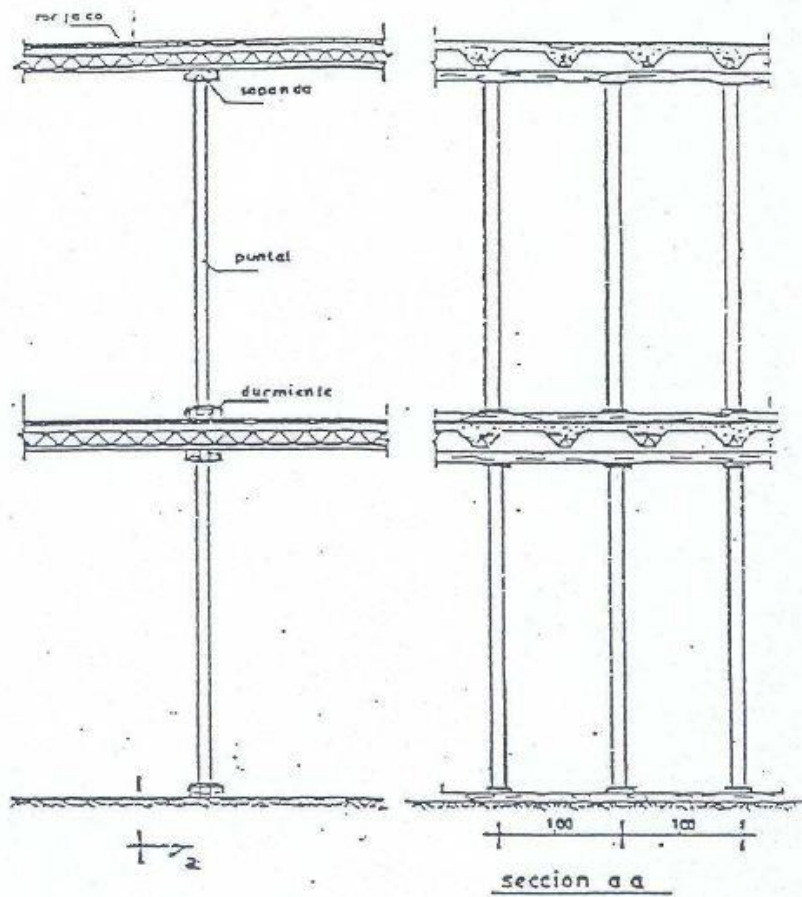


#### 4.2.2.3. Apeos en ventanas

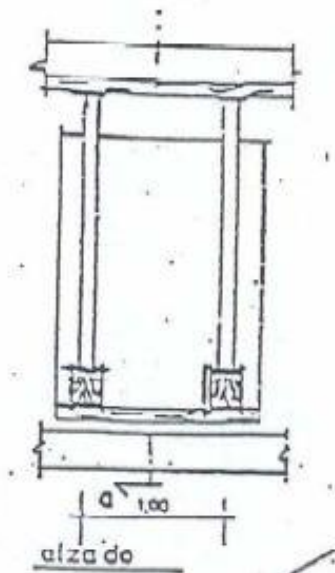
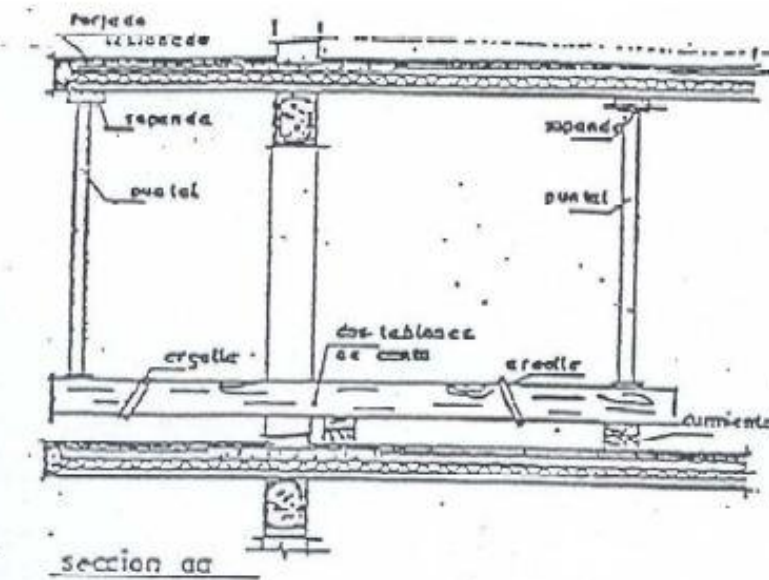
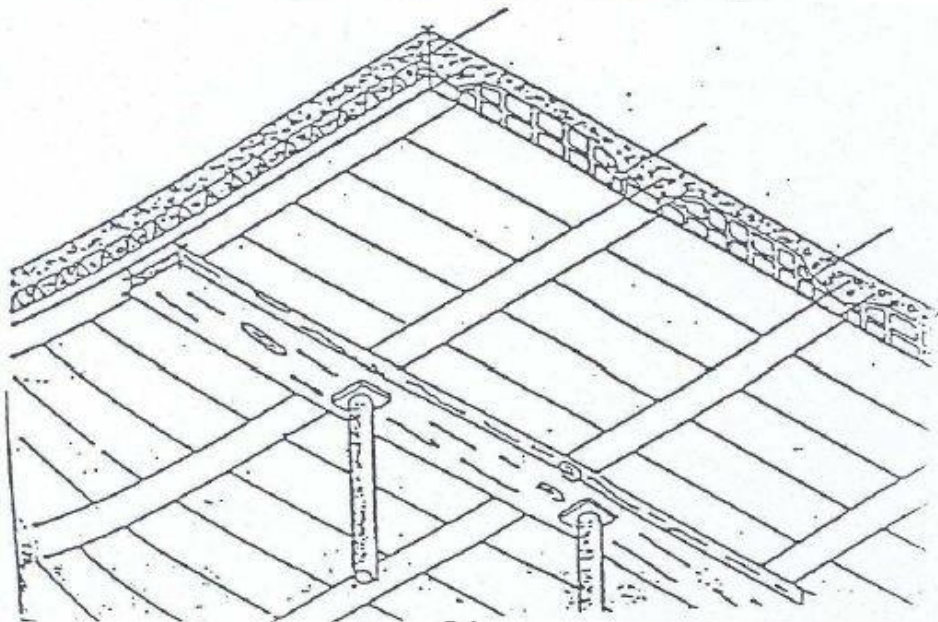


#### 4.2.4. Ejemplos de apuntalamientos

Apuntalamiento de un forjado



Apuntalamiento de una jácena.





Apuntalamiento de un voladizo

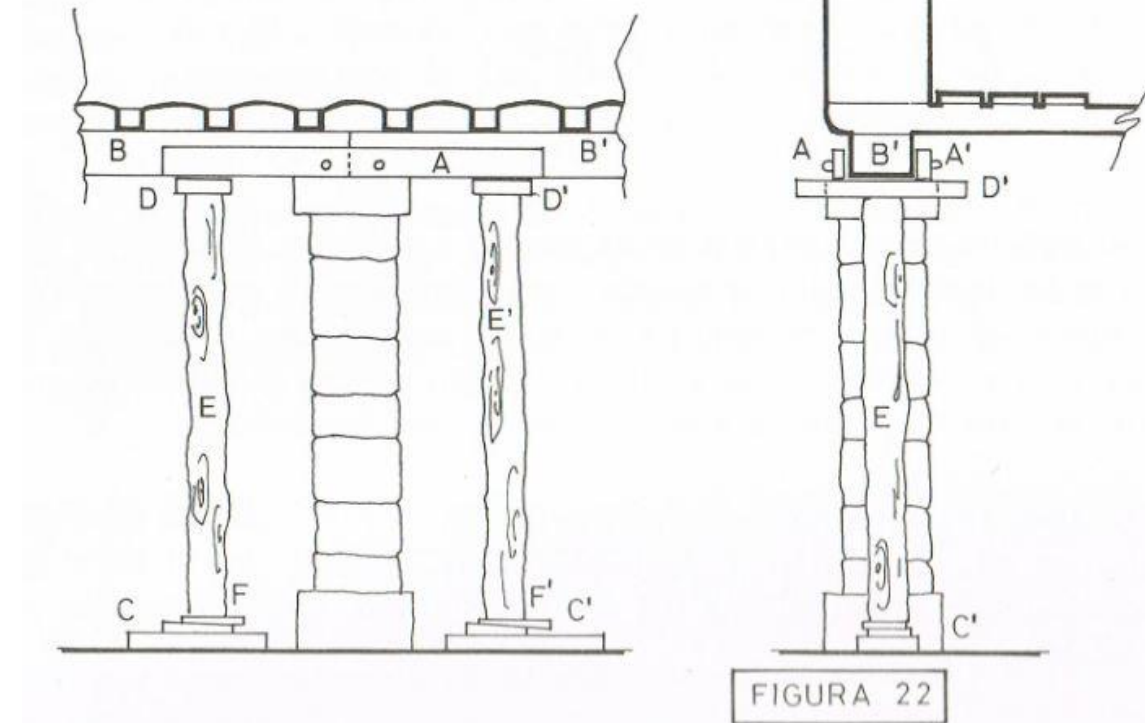
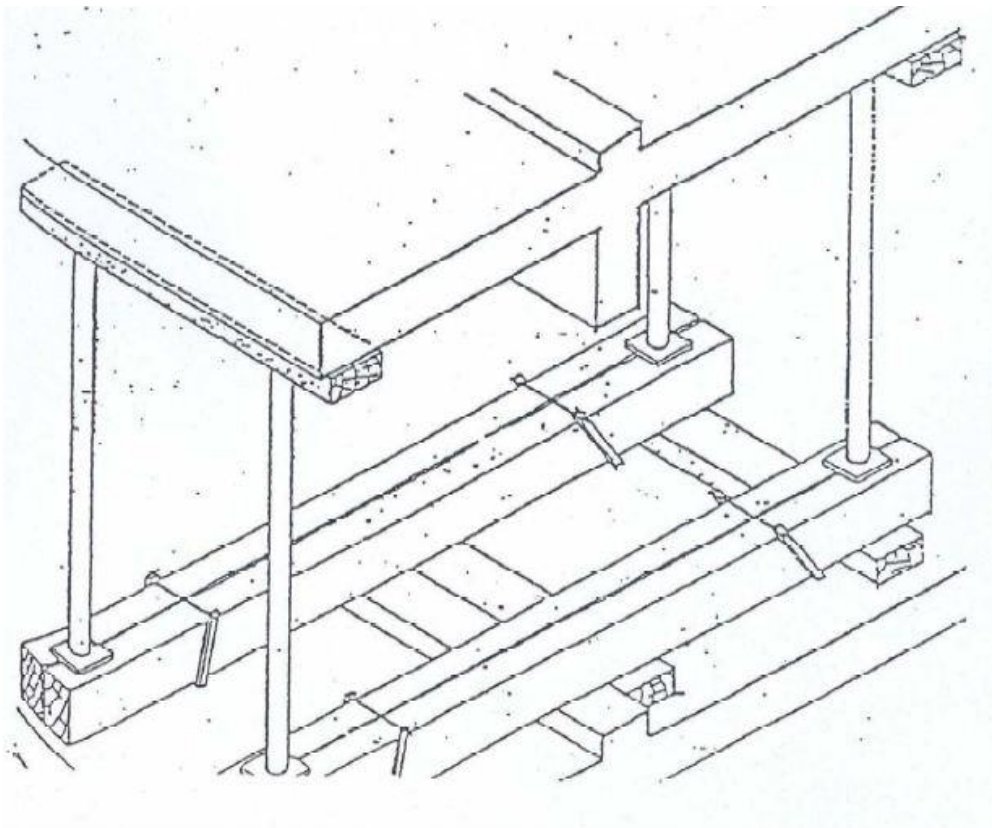


FIGURA 22

APUNTALAMIENTO PARA DESPLOME

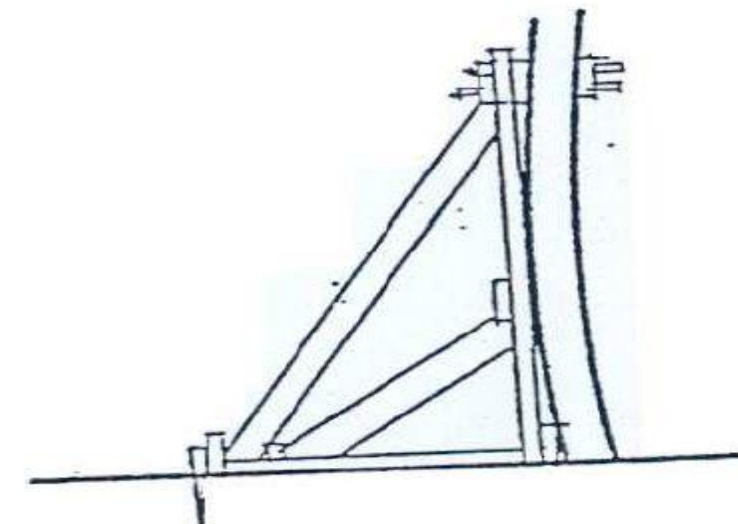
El apuntalamiento podrá ser:

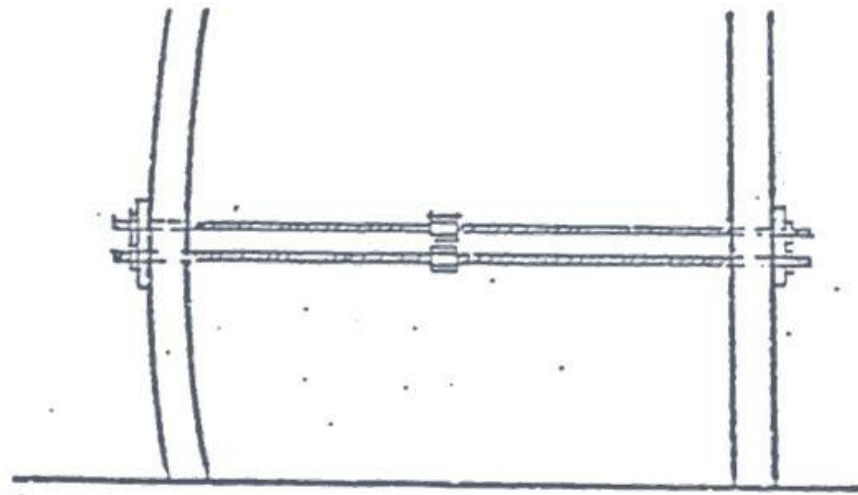
- Mediante atirantado a una pared interior.
- Mediante apuntalamiento inclinado al exterior.

Apuntalamiento de una pilastra o pie derecho en la que se apoyan 2 carreras de madera.

Ejecución

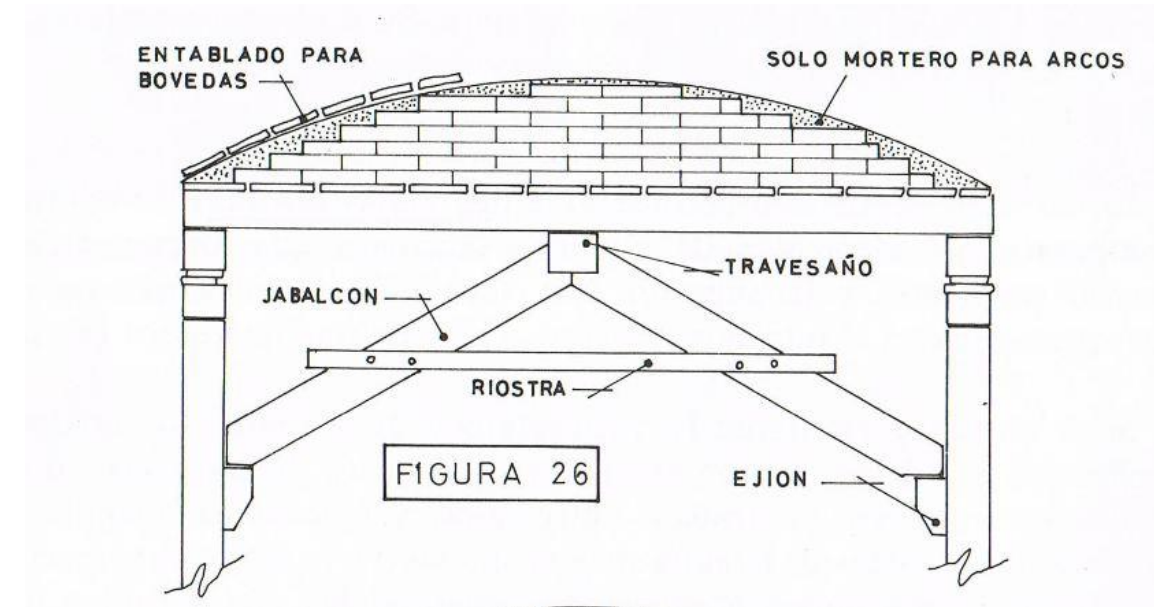
- Colocación de 2 sobrecarreras A-A' unidas con tirafondos que atraviesan B-B'
- Colocación de dumientes C-C'
- Travesaños D-D'
- Colocación de los rollizos E-E'
- Apriete de las cuñas F-F'





- Cimbras para arcos de poca luz
- Cimbras para arcos de mayor luz:

Se le añade un travesaño de refuerzo y dos parejas de jabalones arriostrados.



- Cimbras para bóvedas

Si se tratase de bóvedas, pondríamos los pies derechos y los muretes a 1,20 ó 1,50 m de ejes, y las soleras serían seguidas, únicamente entablaríamos por la parte superior del mortero de los muretes para preparar la superficie total del intradós de la bóveda.

- Arcos de gran montea

Puede ponerse una pilastra central de fábrica de ladrillo y mortero flojo para ponerlo recuperar, sobre ella un travesaño y el resto, a cada lado, de la misma forma que lo descrito en la figura 25.

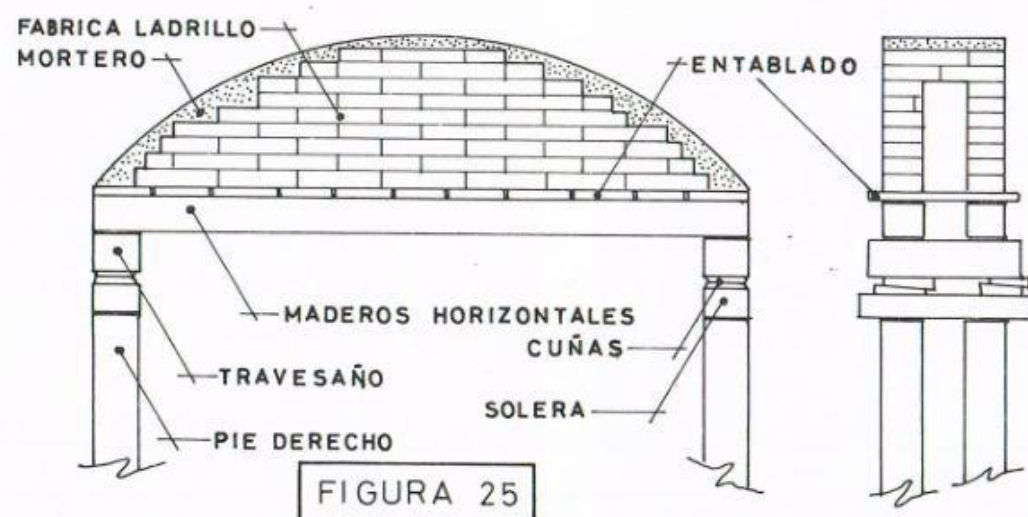
En ambos casos se debe contemplar el material a emplear.

### 4.3. Cimbras

Cimbras para arcos y bóvedas

Composición: 2 travesaños y 2 cerchas y el enlistonado, todo ello en una pieza montada sobre 4 pies derechos con dos soleras o montantes. Entre soleras y montantes se colocarán cuñas.

Cimbras de madera y ladrillo.





- Para arcos de poca luz.

Compuesta únicamente de dos plantillas con tablas unidas por unas riostras, enlistonadas por la parte superior y unidas con los dos travesaños en los extremos inferiores. Como en todos los casos se montarán sobre los pies derechos y las cuñas. Figura 29

- Para pequeños arcos de puertas o ventanas.

Se suelen emplear cimbras como en la figura 30. Compuestas de un tirante, un pendolón y dos camones, unidos por la parte superior con listones de 3 x 3 cm., separados 2cm entre ellos.

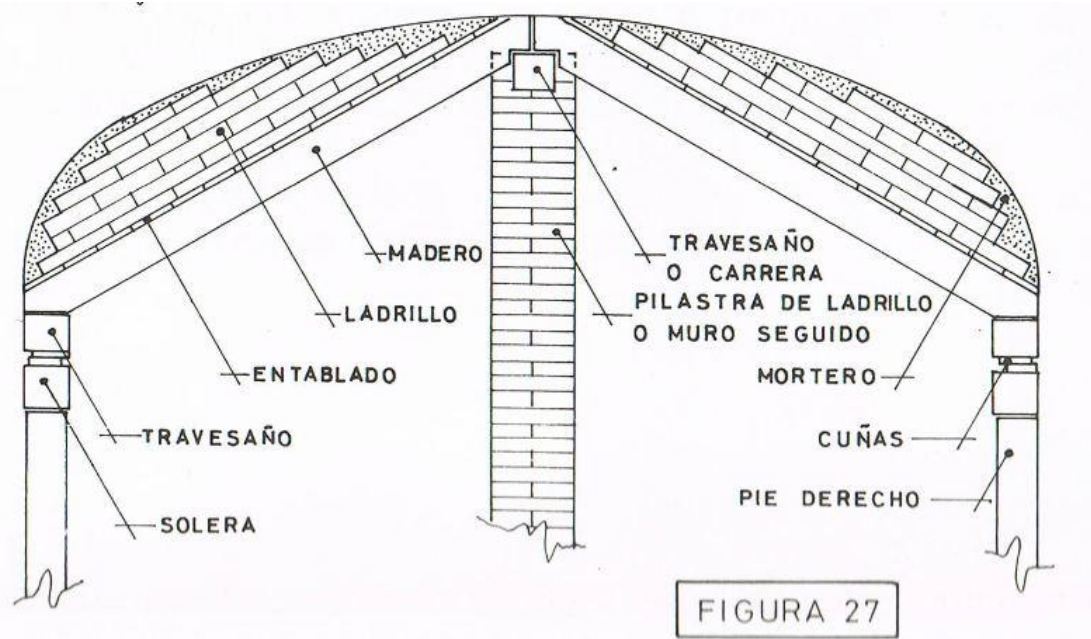


FIGURA 27

Cimbras de madera

- Para arcos de poca flecha

Cimbra compuesta por dos cerchas formadas de un tirante y un solo camón de tabloncillo, unidos por su parte inferior con dos travesaños, y por la parte superior con las tablas sobre las que descansará el intradós de las dovelas.

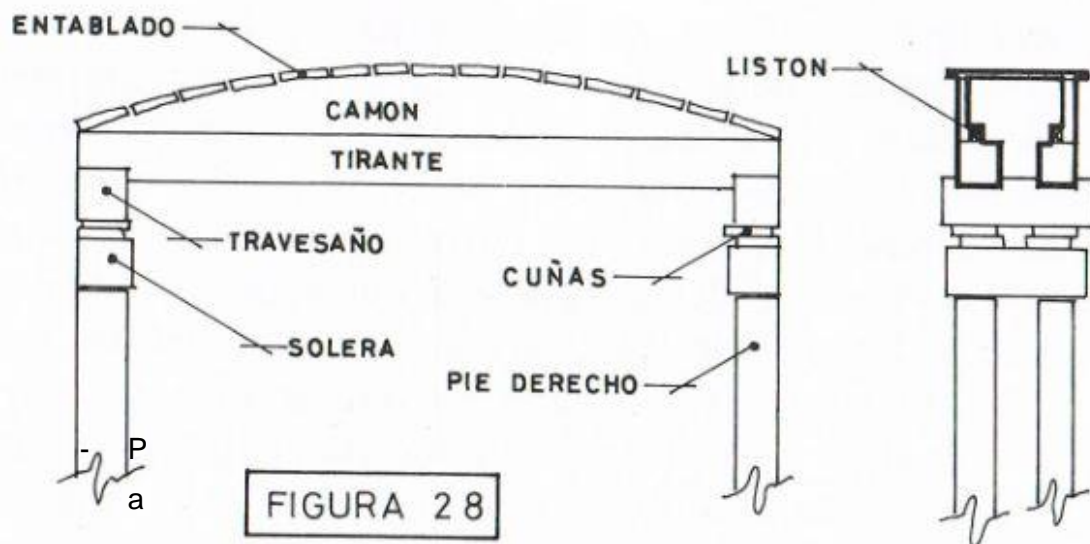
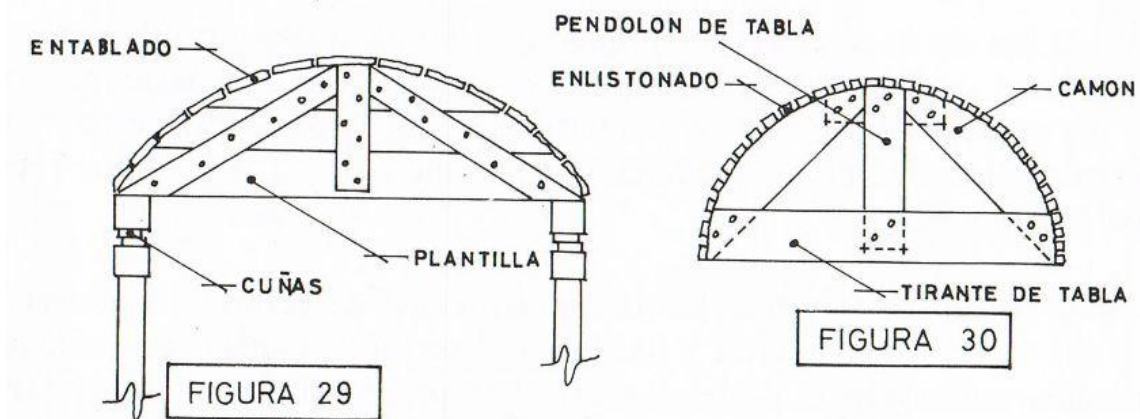


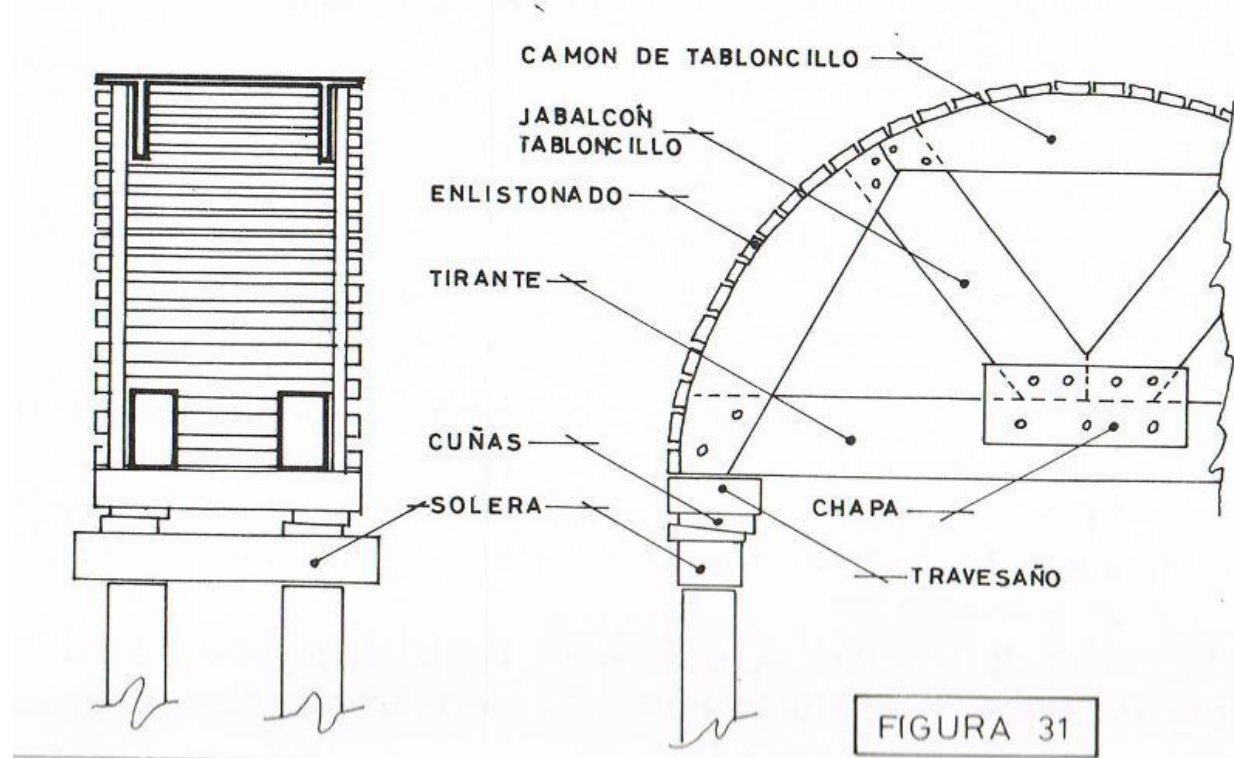
FIGURA 28



- Para arcos de 2,00 a 2,50 m.

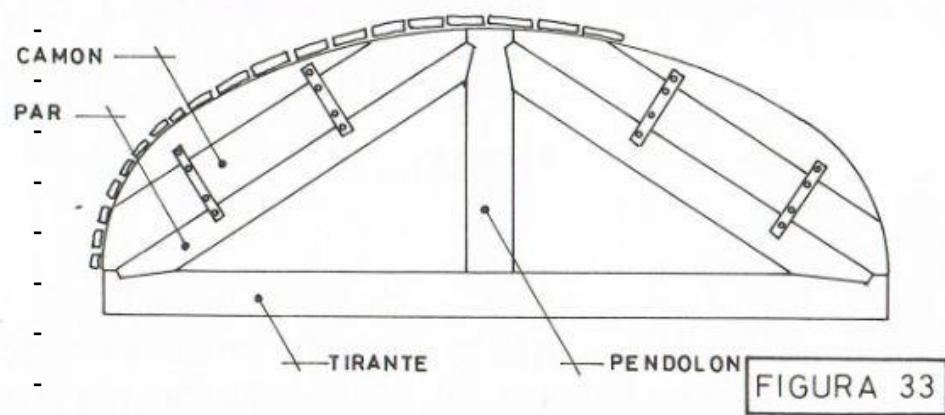
Pueden emplearse los dos tipos de cimbras representados en las figuras 31 y 32, la primera formada por dos cerchas unidas entre sí por dos travesaños y el enlistonado. Cada camón se compone de un tabloncillo y la cercha está formada por el tirante rectangular, dos jabalones del mismo grueso que el tirante, a tope y unidos a él con dos chapas y tornillos pasantes, y tres camones clavados por tabla al tirante y a los jabalones.

La segunda cimbra está formada también por dos cerchas, cada una de ellas compuesta de tirante, un pendolón y camones dobles, unos a tope con el tirante y pendolón, y otros cruzando por detrás de ellos, cosidos con clavos todos entre sí.



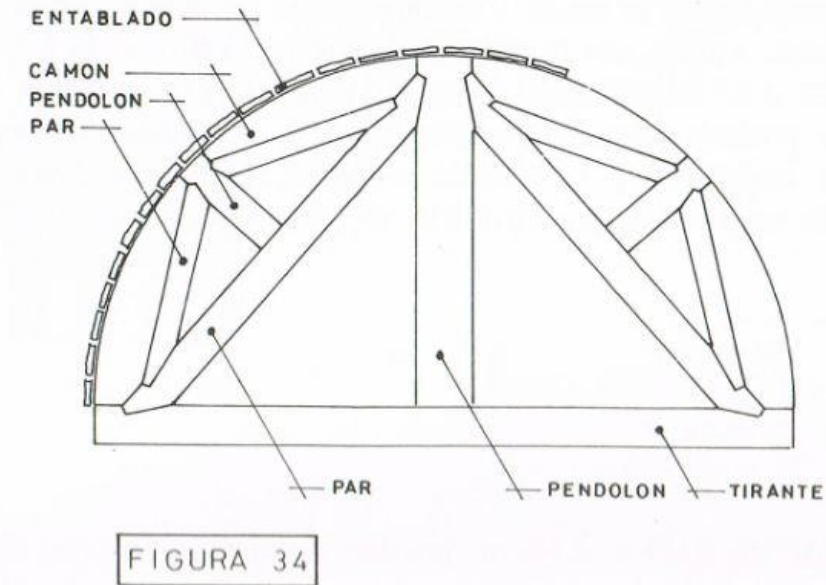
- Cimbras para arcos de tres centros o carpanel

Formando cada una de sus cerchas, con un tirante, un pendolón, dos pares y dos camones, unidas como siempre por dos travesaños y el enlistonado. Figura 33



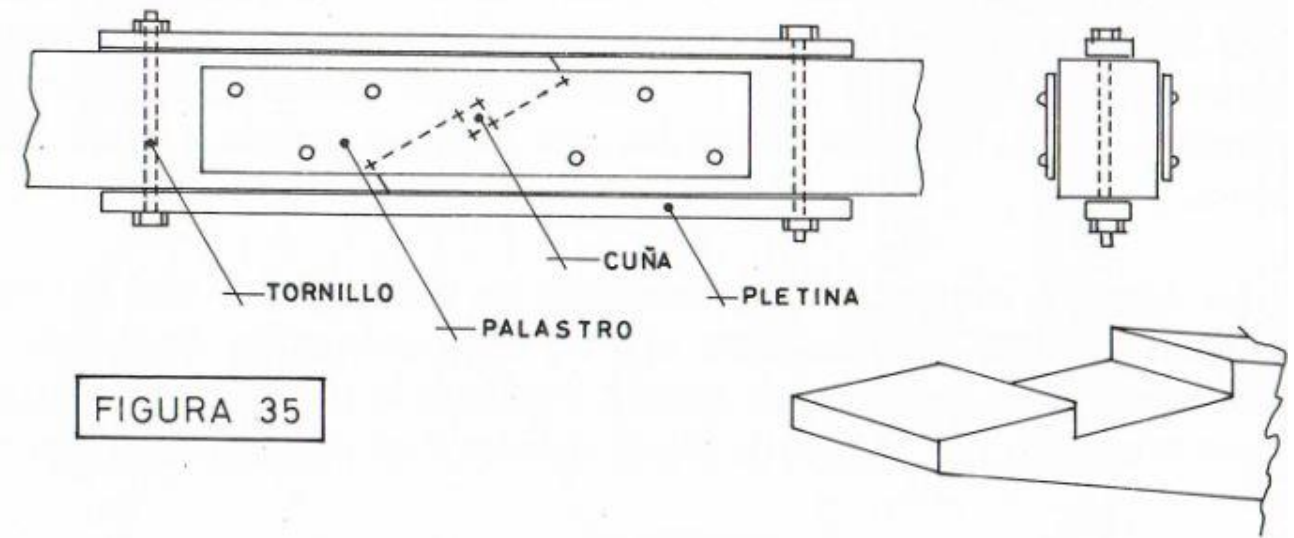
Cimbras para arcos y bóvedas de seis a siete metros de luz o largo

Figura 34



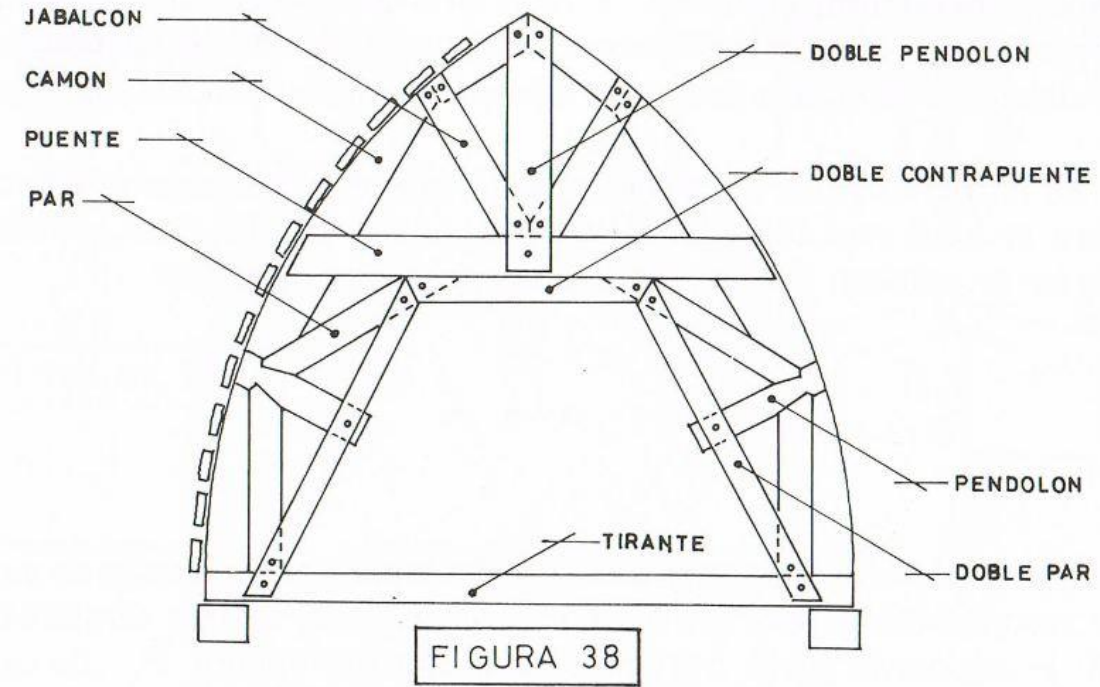
- Cimbras de siete a diez metros de luz

Se componen de grandes pares y pendolón, repitiendo a cada lado otros dos pares y pendolón, abrazando al conjunto el puente compuesto de dos piezas con las que se dejan aprisionando todos los elementos mediante tornillos pasantes. Figura 35





- Cimbras de nueve a diez metros para arcos con gran monte. Figura 38



CAPÍTULO

3



EL TERREMOTO DE L'ÁQUILA

*Imagen terremoto L'Áquila, 2009*



## 5. EL TERREMOTO DE L'AQUILA DE 2009

El terremoto de L'Aquila de 2009 fue un sismo de 6.3 grados en la escala sismológica de magnitud de momento según la United States Geological Survey3 (**6.7 grados en la escala de Richter**) registrado el día **6 de abril de 2009** en la zona central de la península Itálica. El epicentro se localizó en la ciudad de L'Aquila, región de Abruzzo, mientras que en Roma su magnitud fue de 4,6 grados Richter.

El terremoto dejó **308 muertos, 1.500 heridos y unas 50.000 personas perdieron sus casas** a causa de la destrucción total o parcial de miles de edificaciones. Las réplicas continuaron los días posteriores del seísmo más fuerte, entre ellos varios que superaron los 5 grados en la escala de Richter.

### 5.1. LA CIUDAD



L'Aquila es una ciudad pequeña de 73.150 habitantes, de la región de Abruzzo, de la cual es capital. A 714 m de altitud, L'Aquila está situada en una cuenca rodeada por las montañas más altas de los Apeninos: Gran Sasso d'Italia, la Maiella y el Velino-Sirente. Estos montes pertenecen al **Parque Nacional** de Abruzzo y es considerado como uno de los más grandes de Europa.

Es un importante centro **agrícola** y **comercial**. Desde su fundación, debido a su localización en el centro de Italia, la convirtió en un cruce de caminos de las rutas comerciales. El **turismo** también ha sido en sector que ha revitalizado el sector económico ya que L'Aquila posee un atractivo cultural e histórico que atrae a muchos visitantes. Además de tener numerosos museos de historia, ciencias naturales o arte contemporáneo se organizan actividades musicales, teatrales y cinematográficas.

Lamentablemente, tanto su riqueza comercial como su localización en una zona de alta actividad sísmica, ha producido que la historia de la ciudad este plagada de conflictos sociales, guerras y terremotos que han producido la destrucción de gran parte de la ciudad en varias ocasiones.



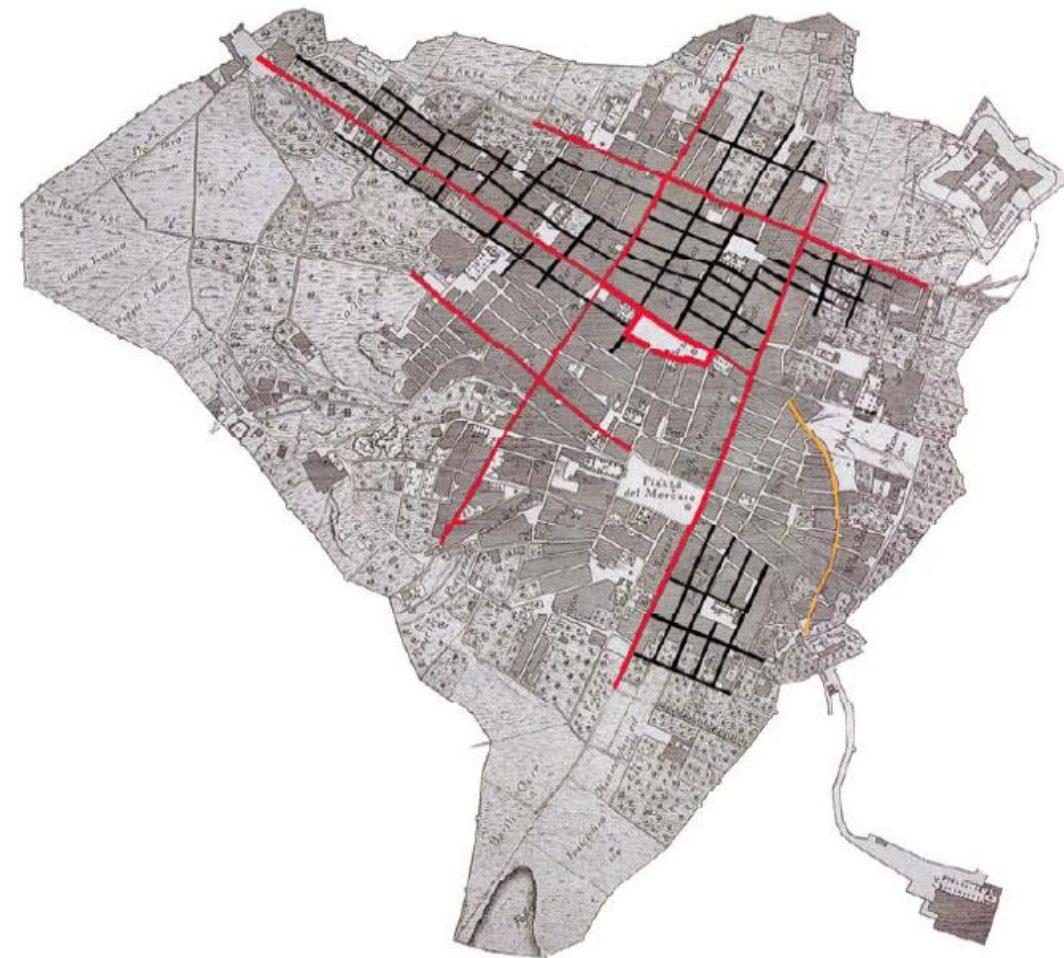
### 5.1.1. TRAMA URBANA

La ciudad se puede dividir en dos zonas claramente diferenciadas. El casco antiguo, situado en la parte alta de la ciudad, está rodeado de la antigua muralla del siglo XIV y la zona exterior a ella donde se ubican los edificios de reciente construcción.

La trama urbana del casco antiguo se caracteriza porque se desarrolla a partir de dos calles o ejes principales. El eje Este-Oeste correspondería al trazado de las calles San Bernardino y Vía Roma, mientras que el eje Norte-Sur se desarrolla a lo largo de la Vía Vittorio Emanuele.

La mayoría de estos edificios fueron construidos en piedra siguiendo el sistema constructivo de la época mediante muros de carga.

La zona de extramuros está constituida por edificios residenciales de nueva construcción de hormigón armado.



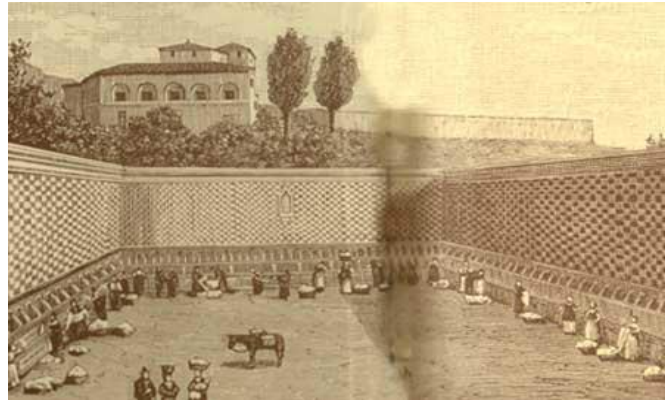
Estructura urbana L'Aquila



### 5.1.2. Historia de la ciudad

La ciudad, que había sido ideada por el emperador Federico II, fue construida en el 1254, con ayuda de la población local, encima de los restos del anterior lugar romano de Amiternum. De este periodo data la primera fase del monumento más famoso de la ciudad, la Fuente de los "99 Cannelle" (en alusión al número tradicional de los castillos que han participado en la fundación. En pocas décadas, la ciudad de Aquila se convirtió en una de las ciudades importante de Italia. Por un lado, estaba ubicada en un cruce de caminos para el tráfico con otras ciudades y fuera del Reino por medio de la llamada "Via degli Abruzzi" que unía Florencia con Nápoles. Además, la ciudad contaba con un mercado importante para el campo de los alrededores.

La mitad del siglo XIV es una época de grave crisis, como en toda Europa. La ciudad en este período fue golpeado con frecuencia por las epidemias de peste (1348, 1363) y terremotos (1349) que destruyeron parte de la ciudad.



Fuente "99 cannelle"

En el siglo XV, las guerras por el control de la ciudad la convirtieron en una ciudad en constante conflicto. Resistió

victoriosamente a Braccio da Montone que el 2 de Junio 1424 la atacò, pero fue arrollada por las milicias de Giovanna II a las órdenes de Giacomo Caldora; apoyó la casa de Anjou en contra de Alfonso de Aragón, y en la segunda mitad del siglo XV llegó al apogeo de su potencia.

La segunda mitad del siglo XV se caracterizo por los desarrollos urbanos, vinculados a la iniciativa de Fray Giovanni Capistrano y Fray Jaime de la Marca. Fueron encomendados a artesanos lombardos, en una zona muy urbanizada hacia el norte-este, para construir un enorme complejo de edificios como el hospital de S. Salvatore (1446) y la basílica y el monasterio de S. Bernardino.

A finales del siglo XV y principios del XVI, cuando Aquila se halló implicada en las guerras entre Francia y España, apoyando primero a Carlo VII y después al emperador Carlos V. Tras la Guerra de Nápoles, con la dominación española, comenzó una época de declive de las actividades de producción que contribuyeron a las epidemias de 1503 y 1505 lo que



1600 J. Lauro city perspective, engraving made on the topografical base of P. Fonticulano

significó un período de crisis demográfica y la depresión económica para la ciudad. La crisis se agravó en 1529 cuando el gobierno imperial, para castigar al pueblo que se había rebelado contra él feudó las tierras de la comarca mediante la asignación de una recompensa a sus capitanes. Aquila se vio privada de un solo golpe del territorio que constituía su base económica propia. Como resultado de ello vio sus ferias cada vez más abandonada por los comerciantes.

En los años setenta del siglo XVI comenzó otra intervención importante que llevó a un cambio en el centro cívico de la ciudad: la reconstrucción y ampliación del antiguo palacio de la Capitanía de host o la Margarita de Habsburgo de Austria, donde hoy en día se encuentra el Ayuntamiento.

El 2 de febrero de 1703, la ciudad fue sacudida de nuevo por un terremoto. El conocido como el Gran Terremoto, se estima que tuvo una magnitud de 6,7 El terremoto produjo graves daños en patrimonio artístico y arquitectónico de la capital de los Abruzos, y más de 6000 víctimas. En un corto tiempo en los terrenos que ocupaban anteriormente las casas derrumbadas se construyeron los palacios de nuevas familias de L'Aquila, mientras que muchas de las principales iglesias de la capital de fueron muy modificadas o reconstruidas de acuerdo con el nuevo gusto barroco .

Con los acontecimientos del 1799, L'Aquila tuvo que sufrir un nuevo saqueo por parte francés, y durante el reino de Murat fue privada de considerables tesoros artísticos. Durante el periodo del Risorgimento, después de la restauración borbónica, participó a los movimientos de rebelión del 1821, del 1831 y del 1848, y declaró su anexión al reino de Italia el 8 de Septiembre de 1860, inmediatamente después de la entrada de las tropas de Garibaldi en Nàpoles.

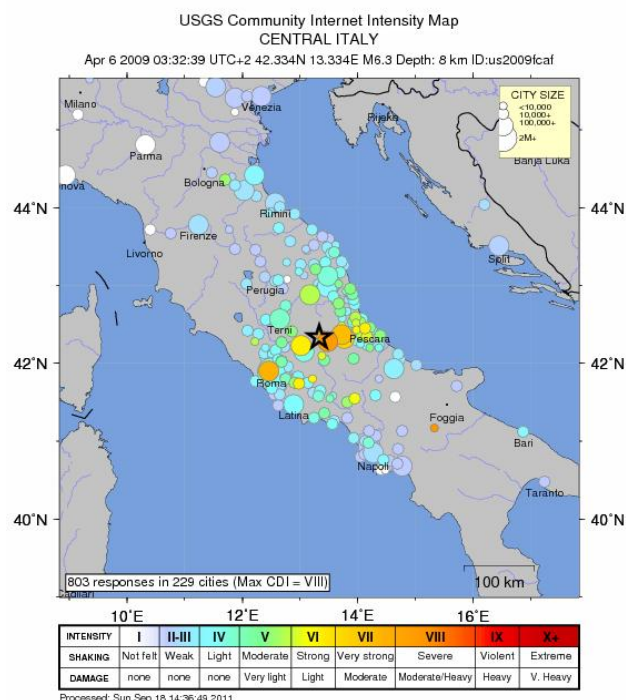
La unificación de Italia significó que de L'Aquila perdió la característica de ciudad fronteriza sin la nueva posición de centralidad del comercio ya que fue excluida de la línea ferroviaria de los dos mares, con evidentes consecuencias económicas. Al unirse al estado unificado nuevo sintió la necesidad de hacer algunos cambios a fin de adaptar la ciudad los nuevos requisitos administrativos y la infraestructura económica. Las intervenciones, que sufrieron una fuerte aceleración en nuestro siglo, alterado de forma irreversible la ciudad antigua, ya que se construyeron en las zonas libres dentro de los muros de la ciudad, zonas que hasta la edad de la fundación no había sido urbanizadas.



## 5.2. EL TERREMOTO 2009

El terremoto de L'Aquila, capital de Abruzzo, fue un sismo de 6.3 grados en la escala sismológica de magnitud de momento según la United States Geological Survey (6.7 grados en la escala de Richter) registrado el día 6 de abril de 2009 en la zona central de la península Itálica. El terremoto dejó muertos, heridos y muchas personas perdieron sus casas, a causa de la destrucción total o parcial de miles de edificaciones. El fuerte temblor fue seguido por decenas de réplicas en los días posteriores, entre ellos varios que superaron los 5 grados en la escala de Richter y con profundidades que varían entre los kilómetros 10 y 12.

Tras el fuerte terremoto, se activó el grupo de emergencia macrosísmica QUEST - Quick Earthquake Survey Team, constituido en esa ocasión por algunos equipos como el INGV de Bologna, Roma, Napoli y Catania, por los equipos del Departamento Nacional de Defensa Civil, el equipo de la Università della Basilicata y del CNR - Instituto de Metodologías para el Análisis Ambiental (IMMA), con el objetivo de recopilar informaciones sobre los efectos del terremoto y definir los daños ocasionados, desde el moderado hasta los daños graves.



Hasta la tarde de 07 de abril han detectados 70 lugares, en los días siguientes eran alrededor de unas 130 localidades, entre las provincias de L'Aquila, Teramo y Pescara.

El estudio de la historia de la sismología local en el último milenio muestra los ciclos sísmicos con un período de alrededor de 300-350 años desde que el terremoto importante ocurrió por última vez en el siglo XV y XVIII. El terremoto de 2009 se ajusta perfectamente a la intensidad de los ciclos conocidos en la zona de L'Aquila por la comunidad sismológica en comparación con otras áreas de los Apeninos.

Estudios anteriores utilizando microzonificación sísmica en la sismicidad del territorio de L'Aquila, cerca de la capital, demuestra la capacidad de amplificación de las ondas sísmicas debido a la composición geológica del suelo, lo que expone el territorio a un aumento del riesgo de terremoto.

El fenómeno ha golpeado una zona particularmente expuesta a riesgos sísmicos, que se ha amplificado desproporcionadamente por gravísimas responsabilidades históricas, en primer lugar de la política, central y local. Edificios recientemente construidos, supuestamente respetando las llamadas normas antisísmicas, han caído; la falta de estructuras mínimas para hacer frente a la emergencia han sido evidentes, la incuria preventiva se muestra en la ausencia de un plan a pesar de los repetidos episodios sísmicos, que no sólo históricamente sino también en los meses y días anteriores al seísmo, han golpeado la zona.

La región de los Abruzzos con su riquísimo patrimonio, fundada en el siglo XIII se quedó devastado por la fuerza del terremoto, así como las personas y hogares, incluso en su patrimonio religioso y artístico: El terremoto, el choque de las 3:32hs, ha dañado los monumentos medievales y barrocos más importantes de L'Aquila y destruyó iglesias entre las más conocidas. Desde la Basílica de Santa Maria di Collemaggio, la Iglesia de Celestino V, son las bellezas del patrimonio cultural dañado seriamente.



Se constató el derrumbe de la torre de la iglesia de San Bernardino, mientras que el ábside está completamente dañado. También se derrumbó la cúpula de Santo Agustino, el edificio del ayuntamiento, que alberga la sede del Estado y la cúpula de la iglesia de la Anime Sante y del Suffragio, que se encuentra en la plaza principal del L'Aquila, la antigua Plaza del Mercado.

Otros patrimonios como la Puerta de Nápoli, también conocida como Arco del Triunfo y construida en 1548 en honor del emperador Carlo V, la más bella y antigua de la ciudad, colapsó. El Museo Nacional de Abruzzo, instalado en un imponente castillo del siglo XV, construido durante la dominación española, sufrió también daños y tuvo que ser cerrado. Y las consecuencias del fuerte terremoto también se extienden fuera de los límites de la región: las Termas de Caracalla, en Roma, hubo daños leves.

El terremoto que azotó la región de Abruzzo, y el daño que ha afectado grande parte de la ciudad de L'Aquila se ha subrayado de forma espectacular la necesidad de intervenciones frente a la reconstrucción, recuperación, el fortalecimiento y la mejora en la construcción sísmica, de acuerdo con una metodología específica y adecuada al caso, a través de nuevas normas antisísmicas.



El Estado para reducir los efectos de los terremotos ha desarrollado nuevas normas antisísmicas de acuerdo con los criterios de riesgo sísmico. El fundamento lógico en la legislación sísmica italiana, de acuerdo con las modernas normas internacionales, es el de establecer normas técnicas en las que un edificio no tiene daños graves en uno terremoto menos fuerte y sin colapsar en los terremotos más fuertes, protegiendo en primer lugar, la vida humana.



El seísmo de 06 de abril de 2009, destruyó completamente el centro histórico de la capital, donde ha sido siempre el corazón funcional de la comunidad, con muchos residentes, empresas y oficinas de representación del gobierno y de otras instituciones. Su identidad cultural fue representada simbólica y prácticamente desde su centro histórico, el lugar tiene un profundo significado y no cambió durante la historia de la ciudad. Esa antigua ciudad medieval de 70.000 habitantes ha sido considerada la sexta ciudad italiana según el valor de su patrimonio artístico

El centro histórico, área más afectada por el seísmo, posee en su gran mayoría edificaciones en piedra, muchos de sus edificios tenían varios siglos y por lo tanto no habían sido construidos con medidas antisísmicas. Se justifica así la destrucción de una parte de la ciudad; aunque las nuevas construcciones supuestamente construidas con las normas antisísmicas también sufrieron colapso.

De hecho resulta que se han desplomados varios edificios modernos, hasta el hospital de la ciudad, recién inaugurado y construido con todas las medidas de seguridad posible. Este edificio tenía que haber sido construido con medidas tales que pudiera haber soportado sismo de intensidad mucho más fuertes. Pero se ha derrumbado por entero. El hospital es un edificio que tiene que ser considerado como centro de apoyo y emergencia y máximo soporte en una situación de desastre.

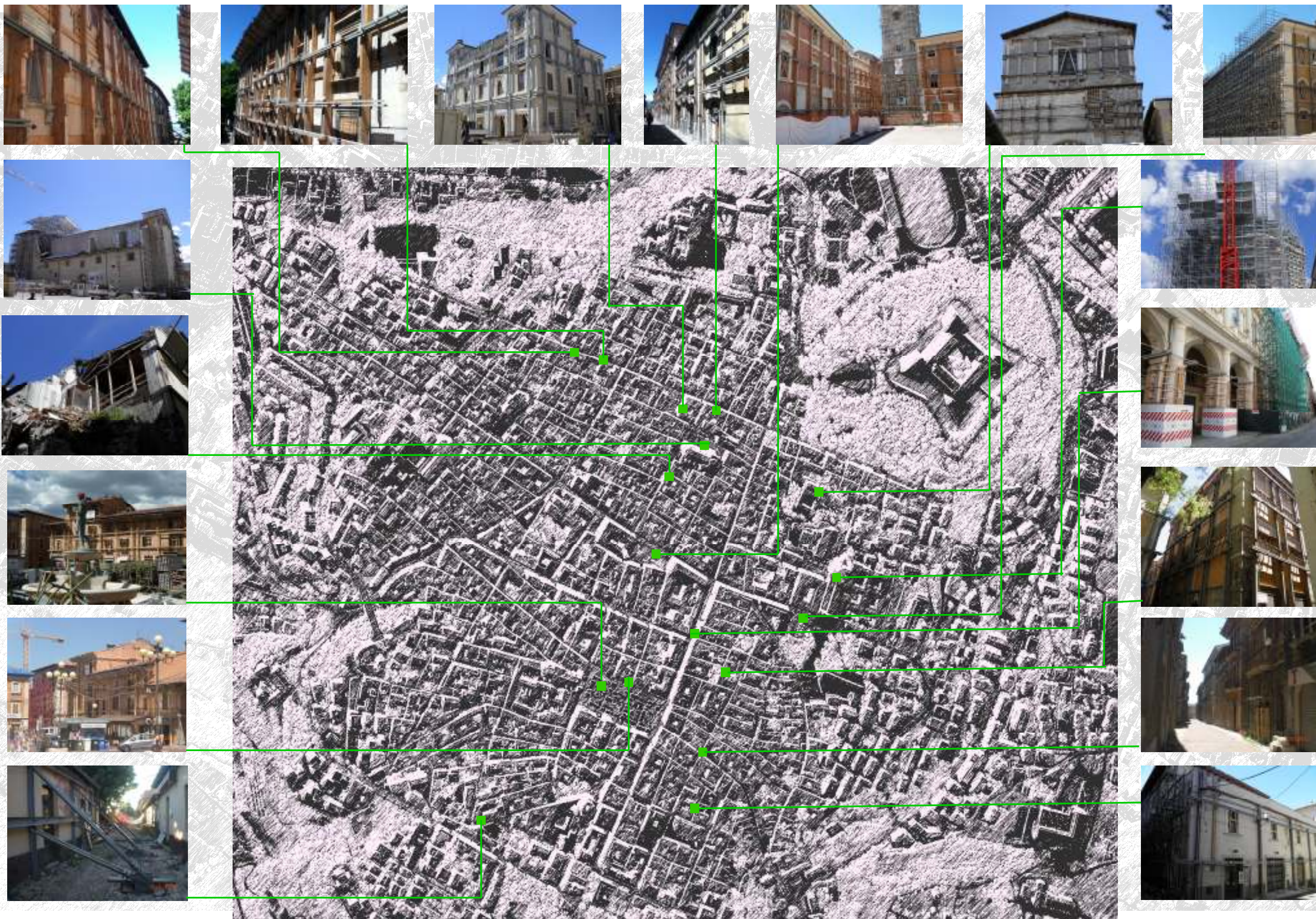


A la izquierda, bombero paseando por los pasillos del hospital de l'Áquila, muy deteriorado tras el terremoto. A la derecha, universidad de L'Áquila.

También se ha caído el edificio que era la sede del gobierno, el edificio que tenía que ser de soporte y coordinación en caso de desastre como esto. Generalmente estos dos edificios, son los que se construyen con medida de máxima seguridad precisamente porque son los edificios que tienen que enfrentar las adversidades. Y los dos más importantes se han caído producto de un sismo que no era tan destructivo y que la tecnología de hoy permite soportar tranquilamente. Además, se han caído otros importantes edificios, como el comedor y la residencia universitaria.









ANTECEDENTES

**MURO DE MAMPOSTERÍA**

(Via Tracendi da Pentina)

**NIVEL DE PROTECCIÓN:**

PROTECCIÓN MUNICIPAL:

Conjunto histórico de L'Aquila

**TITULARIDAD:** Privada

**USO:** Infraestructura.

DESCRIPCIÓN

Muro de contención ejecutado con piedra.

Se emplean mampuestos de tamaño relativamente pequeño y aproximadamente iguales. Presentan superficie vista labrada, proporcionando una superficie prácticamente plana. (Mampostería careada)

Para la unión de la mampostería se ha una capa gruesa de argamasa o mortero, capaz a su vez de absorber las irregularidades de la piedra.

La fábrica se ha ejecutado respetando las leyes de traba de las obras de fábrica (no continuidad de juntas).

Dimensión aprox: 100 x 3,50 x 0,60 m

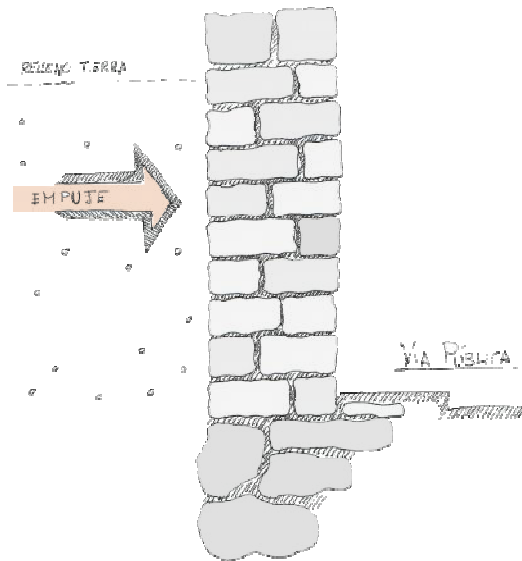
DESCRIPCIÓN DE DAÑOS

**EN ESTRUCTURA:**

\* Agrietamientos debido al empuje del terreno durante el sismo

\* Pérdida de su resistencia mecánica.

**SECCIÓN**



DESCRIPCIÓN DE DAÑOS



ACTUACIONES DE EMERGENCIA

**ACTUACIONES ORDENADAS TRAS EL TERREMOTO:**

\* Desvío de tráfico rodado por trayecto Alternativo.

\* Estabilización del muro de contención con una estructura auxiliar de madera.

Descripción: Estructura a base de puntales de madera apoyados sobre un durmiente de madera anclado mecánicamente al asfalto. Los puntales en el otro extremo soportan el empuje del muro mediante montantes verticales de madera. En la zona superior se dispone de una superficie de tablas para evitar que caigan los mampuestos que pudiesen quedar sueltos. Los puntales están arriostrados y atados con abrazaderas

INTERVENCIÓN

**OBRAS A REALIZAR:**

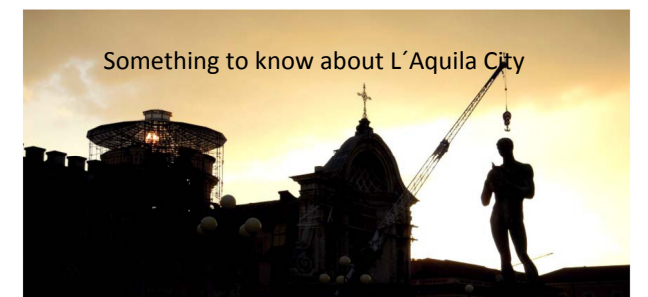
Reconstrucción total de muro. A medida que se avanza con el nuevo muro se va retirando todo el apeo de madera que mantiene estable a la antigua obra.

En la nueva construcción se reutiliza toda la mampostería antigua y se le dispone al muro unas varillas de acero corrugado en su interior. Dispuestas verticalmente para absorber esfuerzos mecánicos.

**PRIORIDAD:**

BAJA    MEDIA    ALTA

El tráfico rodado tiene consolidada otra alternativa.





ANTECEDENTES

**CASA ROMOLO CONTINENZA**

(Via Porcinari, L'Aquila)

**NIVEL DE PROTECCIÓN:**

PROTECCIÓN MUNICIPAL:

Conjunto histórico de L'Aquila

**TITULARIDAD:** Privada

**USO:** Edificio de viviendas privadas.

DESCRIPCIÓN

Edificio de viviendas de uso residencial .

Carece de sótano y sobre rasante cuenta con tres plantas y un total de 10 viviendas. Bajo cubierta no habitable.

El edificio se ubica en la esquina de una manzana de viviendas de similares características. Su fachada principal recae sobre la Via Porcinari y la otra fachada a Via Di Gignano.

La estructura es de muros de carga de mampostería ordinaria y forjados de madera. En los muros de carga la mampostería está tomada con argamasa o mortero. Las vigas del forjado se unen por entrega a los muros portantes.

En la apertura de huecos se emplean arcos circulares rebajados de ladrillo para transmitir las cargas a los laterales. Se rematan con dinteles planos de piedras.

Los balcones en voladizo de apoyan sobre vigas de piedras entregadas al muro, de aquí su poco vuelo respecto el plano de fachadas..

La cubierta es de madera en cuanto a estructura y cobertura de teja cerámica.

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS

**EN ESTRUCTURA:**

\* Deterioro de los muros portantes de fachada, grietas verticales que se desarrollan en toda su altura. Grietas en forma de "X", característica típica del sismo.

\* De importante análisis es conocer el estado de la unión entre forjados y muros de fachada. Determinará el tipo de apuntalamiento exterior de fachada.

\* Por el alto grado de apuntalamiento de forjados se estima un alto porcentaje de daños en forjados.

\* Desprendimiento de dinteles en ventanas y puertas.

\* Voladizos inestables con riesgo de caída de piezas.

**EN ELEMENTOS DECORATIVOS**

\* Pérdida de pintura exterior, sobre todo en zonas próximas a huecos.

\* Elevada cantidad de desperfectos en particiones interiores y acabados. Deterioro de carpintería exterior.

**EN RESUMEN DE LA INSPECCIÓN**

\* El edificio se encuentra en un grado de deterioro elevado, precisa de una intervención tanto a nivel estructural como de acabados interiores y exteriores.

\* La cubierta y cornisa de madera no han presentan patologías tan graves como el resto de elementos, factor importante y que frena la agresión atmosférica.

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS



ACTUACIONES DE EMERGENCIA

**ACTUACIONES ORDENADAS TRAS EL TERREMOTO:**

\* Estabilidad de fachada , huecos, forjados, voladizos.

\* Intervención de los técnicos para estudio y análisis del grado de deterioro sufrido y tipo de intervención a realizar.

\* Cerrado de la obra para impedir la entrada de cualquier persona ajena, incluso los propietarios del inmueble.

(\*) Destacar que la elección del tipo de estructura para estabilizar fachada corre a cargo de los técnicos de la empresa contratista. Que empleen montantes y travesaños de madera o perfilera metálica es puro criterio de la empresa y no siempre se corresponde con lo estrictamente necesario.

INTERVENCIÓN

**OBRAS A REALIZAR:**

\* Proyecto técnico en fase de desarrollo y listo para iniciar trámites burocráticos.

\* Rehabilitación de la estructura.

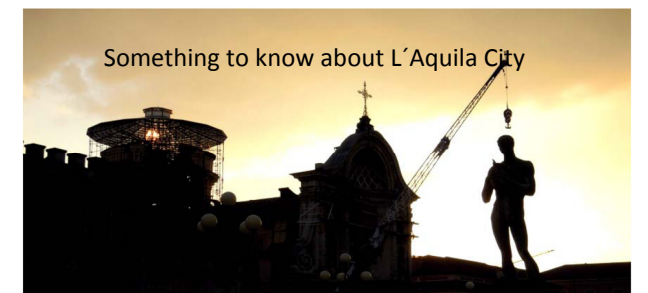
\* Rehabilitación de las viviendas particulares a cargo de los propietarios.

**PRIORIDAD**

BAJA MEDIA ALTA



ESTADO ANTES DEL TERREMOTO





ANTECEDENTES

**IGLESIA DE SAN SILVESTRO**

(Via Porcinari, L'Aquila)

**NIVEL DE PROTECCIÓN:**

PROTECCIÓN MUNICIPAL:

Conjunto histórico de L'Aquila

**TITULARIDAD:** Obispado

**USO:** Religioso

DESCRIPCIÓN

Edificio religioso construido en la primera mitad del siglo XIV, ubicado en el perímetro occidental del casco histórico.

Entre los siglos XV y XVI perteneció a la familia Branconio, cuya casa fue construida al lado de la iglesia.

En el siglo XIX se le añadió el campanario a la derecha de la fachada principal y en la segunda mitad del siglo XX se la somete a una exhaustiva restauración devolviéndola a su estilo gótico original.

La fachada principal está construida con piedra blanca y roja, dividida horizontalmente por una cadena y caracterizada por su puerta principal de estilo románico. En la misma fachada y alineado con la puerta se abre una ventana gótica (rosetón). Retrasada respecto del plano de fachada y en un lateral está la torre del campanario.

La estructura es de tres naves con techumbre de madera, empleando como elemento de transmisión de fuerzas arcos apuntados sobre columnas cilíndricas.

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS

**EN ESTRUCTURA:**

\* Colapso de la estructura del campanario.

\* Grietas profundas verticales en muros.

\* Daños en estructurales en los muros de carga de la casa adyacente a la iglesia

**EN ELEMENTOS DECORATIVOS**

\* Colapso de elementos escultóricos colocados en los alzados laterales.

\* En la casa hay desperfectos en la pintura exterior.

\* Zonas de fachada sin mortero.

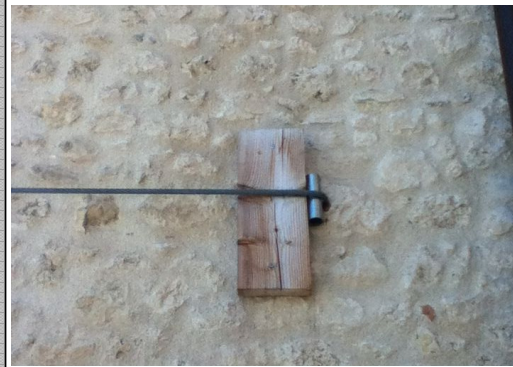
**EN RESUMEN DE LA INSPECCIÓN**

\* El edificio se encuentra en un grado de deterioro elevado, precisa de una intervención tanto a nivel estructural como de elementos ornamentales.

\* La cubierta y cornisa de madera no han presentado patologías tan graves como el resto de elementos, factor importante y que frena la agresión atmosférica.



DESCRIPCIÓN DE DAÑOS



ACTUACIONES DE EMERGENCIA

**ACTUACIONES ORDENADAS TRAS EL TERREMOTO:**

**APUNTALAMIENTO:**

Huecos de la torre

Ventanas y puertas de la casa.

Fachadas, tanto de la iglesia como de la casa parroquial. Aquí se emplean cables de acero que rodean todo el edificio, literalmente se procede a un atado de las fachadas. En la fachada principal se emplea una estructura tubular modular y en la casa parroquial se emplean apeos de madera a base de puntales apoyados, en el suelo en durmientes horizontales y en la fachada sobre montantes verticales. Los puntales están arriostrados y con abrazaderas

INTERVENCIÓN

**OBRAS A REALIZAR:**

\* Rehabilitación de la estructura de la torre y de la casa parroquial.

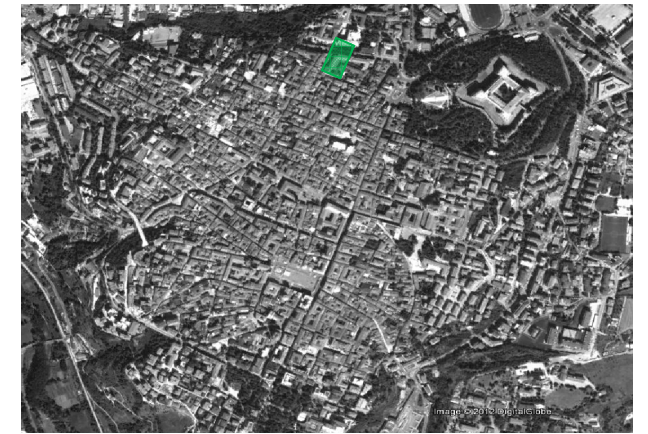
\* Rehabilitación de partes de la techumbre del ábside con desperfectos.

\* Rehabilitación de toda la decoración ornamental dispuesta en fachadas.

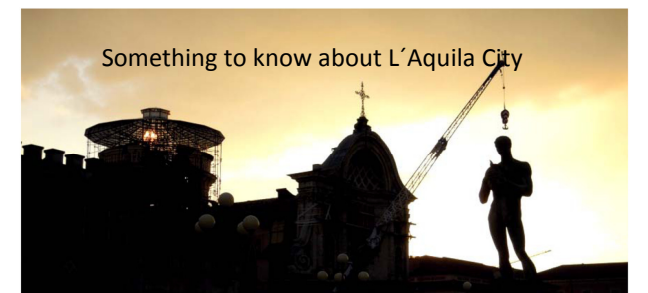
**PRIORIDAD**

BAJA    MEDIA    ALTA

:



ESTADO ANTES DEL TERREMOTO



Something to know about L'Aquila City



ANTECEDENTES

**IGLESIA DE SANTA MARÍA DE PAGANICA**

(Via Paganica, L'Aquila)

**NIVEL DE PROTECCIÓN:**

PROTECCIÓN MUNICIPAL:

Conjunto histórico de L'Aquila

**TITULARIDAD:** Obispado

**USO:** Religioso

DESCRIPCIÓN

Edificio religioso construido en los primeros años del siglo XIV (1308). Ha sufrido numerosas reformas en el tiempo, especialmente después de los terremotos .

Situado en el centro histórico, en la plaza, en uno de los puntos más altos de la ciudad.

La fachada principal, que recae a la Vía Paganica, se caracteriza por un balcón con dos rampas laterales, uno de los pocos que sobrevivieron al terremoto de 1703. Se ha dividido horizontalmente en tres partes, las dos primeras en piedra caliza y la última de piedra vista. Alineada con la puerta principal hay un rosetón y una ventana rectangular. Todo sigue una tendencia románica.

Junto a la iglesia, a la derecha de la fachada principal se levanta una campanario imponente que antes servía como puesto de vigilancia militar.

En el lateral exterior dispone de contrafuertes.

Consta de tres naves, en las laterales hay capillas. El presbiterio (XVIII) se caracteriza por un gran ábside semicircular, el crucero y una cúpula.

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS

**EN ESTRUCTURA:**

\* Ruina completa del crucero, con caída de cubiertas, bóvedas, cúpula y arcos formeros.

\* Agrietamiento de los paramentos y cornisas de la torre, en sus cuatro caras.

\* Grietas longitudinales y transversales en las bóvedas.

\*Grietas en todas las bóvedas y arcos de las naves laterales, con caídas de sillares.

\* Destrucción de la mitad de los contrafuertes del lateral izquierdo.

**EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

\* Rotura de los tabiques de las galerías y tribuna.

\* Caída de revestimientos en paredes, techos y bóvedas

**EN ELEMENTOS DECORATIVOS**

\* Pérdidas de pinturas

\* Caídas de elementos de los retablos.

\* Caídas de molduras decorativas en bóvedas.

**RESUMEN DE LA INSPECCIÓN:**

\* El edificio se encuentra completamente afectado y en completa ruina

\* Habrá que hacer un reconocimiento de daños mediante grúas para alcanzar los puntos más elevados.

\* Habrá que demoler partes de las obras inestables, como puede ser parte de la cubierta en la puerta principal.

\* Habrá que analizar las bóvedas y demás partes estructurales interiormente para seleccionar cuáles son factibles de reparación y cuáles precisan una total demolición.

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS



ACTUACIONES DE EMERGENCIA

**ACTUACIONES ORDENADAS TRAS EL TERREMOTO:**

**ORDEN DE CIERRE:**

- \* Cierre total del templo.
- \* Vallados de protección en torno a elementos con riesgo de caída.
- \* Reubicación de material caído y que pueda ser reutilizado. Habilitar espacios.

**APUNTALAMIENTO Y APEOS:**

- \* Estabilidad de la cubierta, crucero y presbiterio.
- \* Estabilidad de muros de carga y contrafuertes.
- \* Apuntalamiento de la torre

**RETIRADA DE ELEMENTOS**

- \* Retirada de partes de la cubierta y restitución de cubierta provisional.
- \* Retirada de cúpula del curcero.

INTERVENCIÓN

**OBRAS A REALIZAR:**

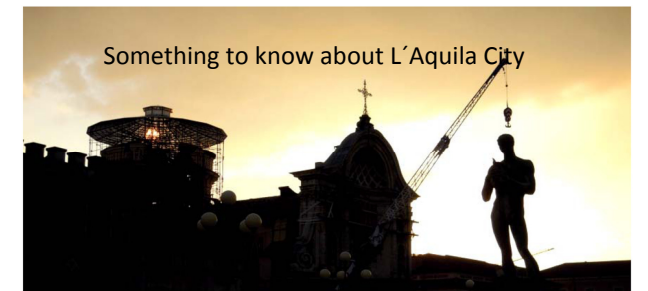
- \* Exterior: recuperación de materiales para su reutilización.
- \* Interior: recuperación de todo el escombros y recuperación de toda la ornamentación en la medida de lo posible.

**PRIORIDAD:**

BAJA    MEDIA    ALTA



ESTADO ANTES DEL TERREMOTO





ANTECEDENTES

**IGLESIA DE SANTA MARÍA DEL SUFRAGIO**

(Plaza del Duomo, L'Aquila)

**NIVEL DE PROTECCIÓN:**

PROTECCIÓN MUNICIPAL:

Conjunto histórico de L'Aquila

**TITULARIDAD:** Obispado

**USO:** Religioso

DESCRIPCIÓN

Edificio religioso construido en el siglo XVIII.

La iglesia fue construida en la sede de la hermandad del Sufragio, ubicada hasta el siglo XVII en la pequeña capilla de San José de los Mínimos. El inicio data de 1715 y se finalizó en 1719. Se sometió a un programa de embellecimiento en 1753 en el altar de la capilla izquierda y en 1755 se realizó la decoración interior y revestimiento en piedra de las pilastras y capillas. La fachada cóncava data de 1770 a 1775 (Horacio Bucci Anthony). En 1805 se construyó la cúpula (Valadier y diseñada por Buratti).

La fachada de piedra es barroca (1769) diseñada por Gianfrancesco Leopporri y construida por Antonio Bucci Orazio. Se divide horizontalmente en dos niveles, el último culmina con una cúpula de artesonado que se une a la parte cóncava de la iglesia por una cresta curva. Dos dobles pilastras la dividen verticalmente en tres áreas, en el medio está la puerta principal, diseñada por Philip Zughy. En la línea de la puerta hay una ventana rectangular y un medallón circular de piedra con la representación de la Virgen del Sufragio.

Tiene planta de cruz latina y una sola nave, ábside rectangular y el espacio central del ábside se culmina con una cúpula neoclásica. La nave se divide en tres grupos de pilastras en donde sobresalen dos capillas. El transepto tiene la misma profundidad que las capillas

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS

**EN ESTRUCTURA:**

- \* Lesiones en la paredes de carga de la cúpula.
- \* Lesiones en fachada, inestabilidad de dinteles y pilastras. Desplome de la misma hacia el exterior
- \* Desplome parcial de la cubierta de las capillas laterales.

**EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

- \* Daños en suelo debido a la caída de la cúpula y de partes de la cubierta de las capillas laterales.

**EN ELEMENTOS DECORATIVOS**

- \* Pérdida de decoración del altar
- \* Daños en estatuas de fachada.

**RESUMEN DE LA INSPECCIÓN:**

- \* El edificio se encuentra completamente afectado y en completa ruina
- \* Habrá que hacer un reconocimiento de daños mediante grúas para alcanzar los puntos más elevados.
- \* Habrá que demoler partes de las obras inestables, como puede ser parte de la cubierta que cubre las capillas laterales.
- \* Habrá que analizar la cúpula para determinar una actuación inmediata y eficaz, en un primer momento se encuentra en ruina y absoluta.



DESCRIPCIÓN DE DAÑOS



ACTUACIONES DE EMERGENCIA

**ACTUACIONES ORDENADAS TRAS EL TERREMOTO:**

**ORDEN DE CIERRE:**

- \* Cierre total del templo.
- \* Vallados de protección en torno a elementos con riesgo de caída.
- \* Reubicación de material caído y que pueda ser reutilizado. Habilitar espacios.

**APUNTALAMIENTO Y APEOS:**

- \* Estabilidad de la cubierta, cúpula central y fachada frente al desplome
- \* Estabilidad de muros de carga y contrafuertes.
- \* Ejecución de cubierta provisional.

**RETIRADA DE ELEMENTOS**

- \* Retirada de partes de la cubierta y restitución de cubierta provisional.
- \* Retirada de cúpula del crucero.

INTERVENCIÓN

**OBRAS A REALIZAR:**

- \* Interior: recuperación de todo el escombros y recuperación de toda la ornamentación en la medida de lo posible.
- \* Exterior: rehabilitación de cúpula y cubierta originaria
- \* Levantamiento de obra de fábrica y traslado del altar a mitad de la nave para habilitar su uso mientras se rehabilita

**PRIORIDAD:**

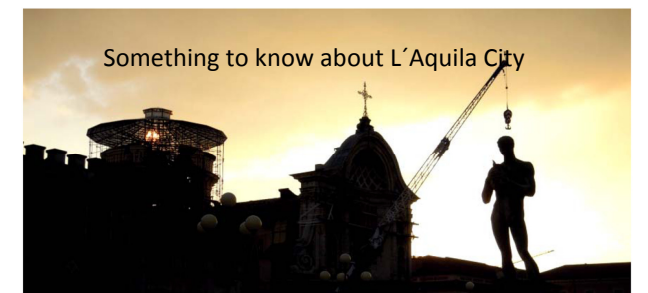
BAJA    MEDIA    ALTA

**COSTE:**

\* 6.500.000 euros.



ESTADO ANTES DEL TERREMOTO





ANTECEDENTES

**EDIFICACIONES DE HORMIGÓN**

(Via Dante Alighieri, L'Aquila)

**NIVEL DE PROTECCIÓN:**

PROTECCIÓN MUNICIPAL:

Ninguna

**TITULARIDAD:** Privada

**USO:** Residencial

DESCRIPCIÓN

Edificio de viviendas de uso residencial.

Carece de sótano y sobre rasante cuenta con una planta baja no habitable y tres planta de viviendas, la última bajo cubierta.

La edificación se encuentra a unos 10 km del centro histórico de L'Aquila, próximo a la cadena montañosa que cierra a toda la ciudad por el Norte.

Su ubicación es muy cercana a la falla que atraviesa la ciudad.

Forma parte de un grupo de bloques de edificios de viviendas de similares características, tanto estructurales como de uso.

La estructura es a base de pórticos de pilares y vigas de hormigón armado con forjados unidireccionales de viguetas y bovedillas de hormigón.

El cerramiento es a base de fábrica de ladrillo de doble hoja y aislamiento intercalado en entre ambas. La hoja exterior de ladrillo de gran formato de 11 cm y la hoja interior de ladrillo de 7 cm .

La cubierta es una losa de hormigón con apoyo sobre pilares.

El edificio se asienta sobre un estrato de terreno no rocoso

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS

**EN ESTRUCTURA:**

\* La estructura de planta baja está colapsada. Los pilares se han roto por los puntos más vulnerables.

\* El colapso de planta baja provocó el hundimiento del edificio y su inclinación.

\* La estructura de cubierta se mantiene estable en toda su superficie.

**EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

\* Los cerramientos en algunos planos de fachada, salvo en planta baja, no presentan daño alguno. En otros planos se observan las grietas en "X" características de lo sismos.

\* Las zonas más afectadas son las zonas de encuentro entre dos planos diferentes de fachada y la zona de escaleras comunes

**RESUMEN DE LA INSPECCIÓN:**

\* El edificio se encuentra completamente afectado, tanto en estructura, instalaciones, cerramientos y acabado interiores

\* La inclinación por colapso de la planta baja provoca que haya que proceder a su demolición íntegra..

\* Este edificio es uno de los más afectados de la urbanización debido al estrato de terreno que sirve de apoyo a su cimentación. Éste provocó una amplificación de la vibración. Edificaciones de idénticas características se encuentran en perfecto estado después del sismo.



DESCRIPCIÓN DE DAÑOS



ACTUACIONES DE EMERGENCIA

**ACTUACIONES ORDENADAS TRAS EL TERREMOTO:**

**ORDEN DE CIERRE:**

- \* Desalojo de residentes
- \* Cierre total del recinto residencial

**APUNTALAMIENTO Y APEOS:**

- \* La vivienda se mantiene estable

**RETIRADA DE ELEMENTOS**

- \* Las pertenencias esenciales e indispensables de la gente que reside en cada una de las viviendas



INTERVENCIÓN

**OBRAS A REALIZAR:**

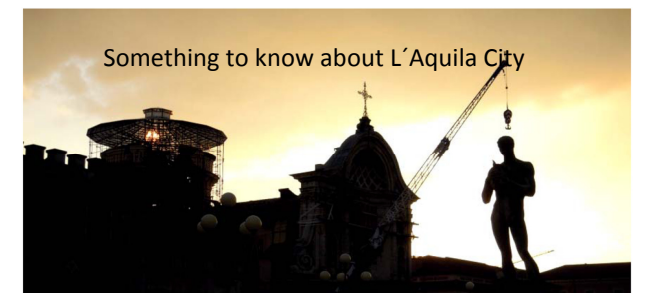
- \* Imposibilidad de rehabilitación de la edificación.
- \* El trámite a empezar será el proyecto de demolición con su correspondiente gestión de residuos según la normativa de referencia.

**PRIORIDAD:**

BAJA    MEDIA    ALTA



ESTADO ANTES DEL TERREMOTO

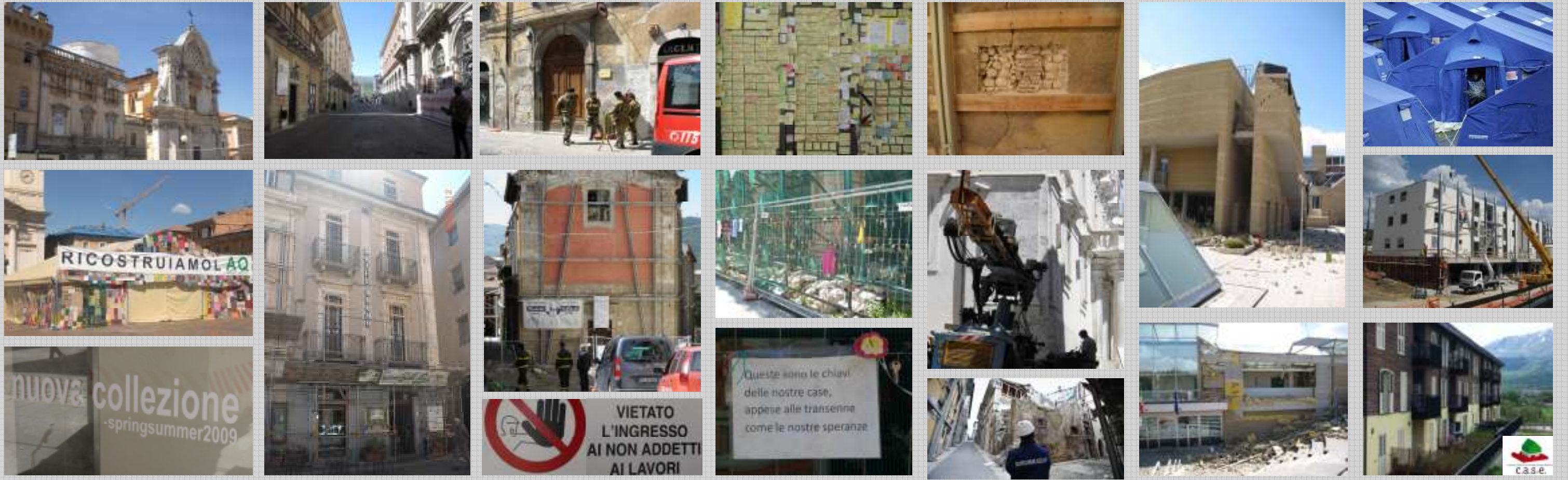




ANTES DEL TERREMOTO DE 2009



9 DE MAYO DE 2012



Tres años después, aun se pueden observar los efectos que produjo el terremoto de 2009. Lo que fue una ciudad universitaria llena de vida, se ha convertido en una ciudad fantasma.

Barrios enteros esperan una rehabilitación que nunca llega con las puertas de sus edificios abiertas esperando el retorno de sus habitantes.

La ciudad se paró el 6 de febrero, y así sigue desde entonces.

Parte de la ciudad está controlada por los militares en la llamada "zona rossa".

Para acceder a ella los habitantes deben solicitar permiso a los bomberos.

Los mensajes de ánimo se perciben por toda la ciudad. Mientras, los habitantes cuelgan las llaves de sus casas en la s vallas.

*"Estas son las llaves de nuestras casa, colgadas de esta valla como nuestra esperanza"*

El centro de la ciudad está tomada por técnicos que realizan catas en los muros y sondeos en el terreno para determinar un criterio de intervención.

La universidad sufrió graves daños que obligó a trasladar su ubicación a unas naves junto en un polígono industrial.

Los afectados han abandonado los campamentos temporales pero siguen dispersos en concentraciones urbanísticas construidas contrarreloj en la periferia de la ciudad



CAPÍTULO

3



PROYECTO C.A.S.E.



## 5. PROYECTO C.A.S.E.

Tras un desastre natural de este tipo, se deben encontrar soluciones adecuadas para el alojamiento de algunos miles o decenas de miles de personas que no pueden regresar a su hogar durante varios años.

El uso de los contenedores durante las emergencias anteriores en Italia a menudo ha demostrado que, aunque concebido como una solución provisional, estos refugios terminaron por convertirse en permanentes, a veces la creación de nuevos "barrios bajos". Por ello, y para evitar esta situación, el Departamento de Protección Civil italiana decidió utilizar una estrategia completamente nueva, que pasa directamente de tiendas de campaña a las casas de alta calidad construidas con las nuevas tecnologías

El proyecto denominado C.A.S.E. (Complex Anti-seismic Sustainable Ecocompatible) fue la solución permanente propuesta por el gobierno Italiano para albergar a las personas cuyos hogares fueron catalogados como no aptos para vivir tras el terremoto a la espera de que sus propietarios puedan rehabilitar sus casas.

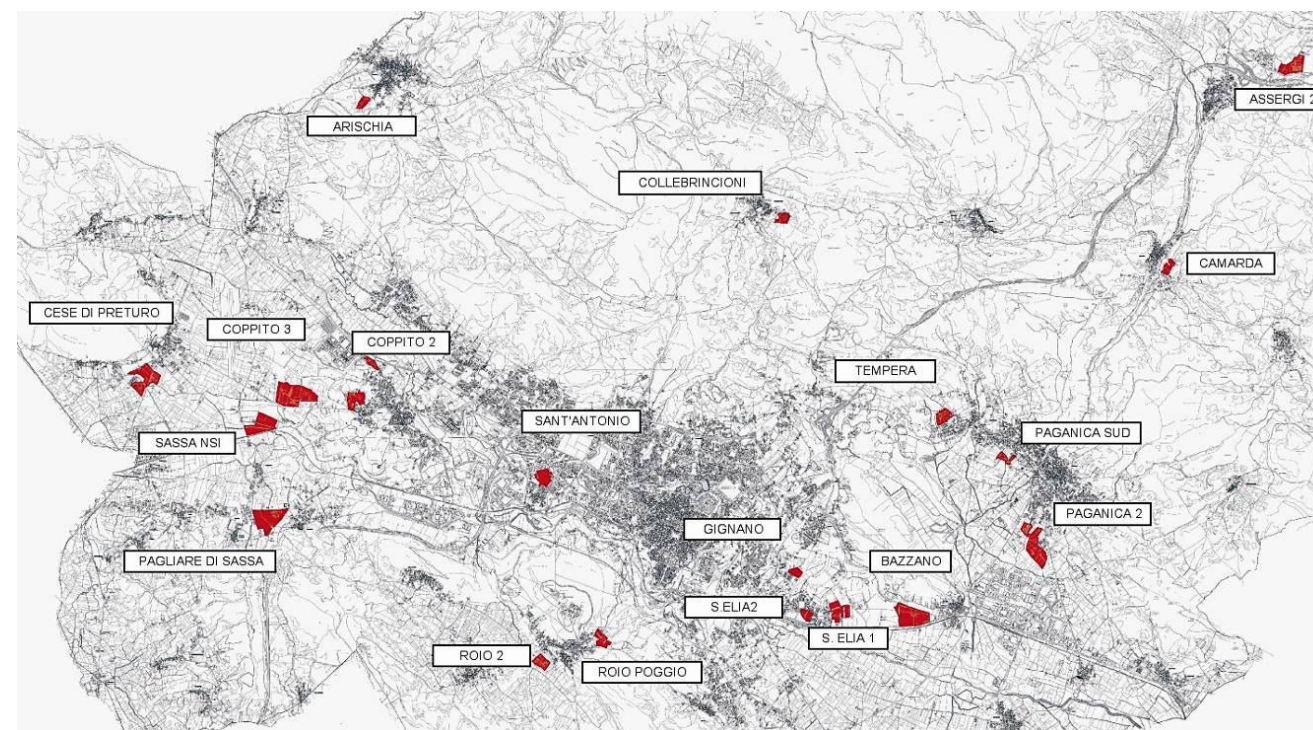
Se construyeron un total de 185 edificios: 5 edificios para cada uno de los lotes, además de otros edificios introducidos más tarde, construidos en 19 zonas a las afueras del municipio de L'Aquila. Cada uno de estos bloques de viviendas alberga entre 25 y 30 apartamentos dependiendo del tamaño de los mismos, obteniendo un total de 4.600 apartamentos que dan alojamiento a 15.000 personas.

El gobierno seleccionó 16 empresas a través de licitación para el diseño y la fabricación de viviendas por encima de las placas sísmicamente aisladas construidas previamente. Desde la entrega de las placas, cada empresa tubo 80 días de tiempo para completar el trabajo, que se ha logrado gracias al uso de sistema prefabricados.

De los 16 proyectos seleccionados, 8 proporcionan la construcción de edificios con estructura en madera,

6 proporcionan una solución con estructura de hormigón prefabricado, y la construcción de 2 edificios marco en acero.

A largo plazo, una vez que las casas se hayan rehabilitado y sus propietarios abandonen los apartamentos, el ayuntamiento pretende utilizarlos tanto para la comodidad de los numerosos estudiantes como para albergues para turistas.



Mapa de la localización de los 19 barrios de viviendas para los damnificados ubicados a las afueras de la ciudad





## 6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO C . A . S . E .

El proyecto se basa en un edificio tipo, construido sobre una placa de aislamiento sísmico, con dimensiones aproximadamente de 21 x 57 metros, sobre la que se construyó lo el bloque de viviendas. Esta placa está apoyada en 40 pilares antisísmicos colocados en una retícula 6 metros de lado. Este espacio entre el suelo y la base, es aprovechado para ubicar 36 plazas de aparcamiento por cada bloque de la construcción (6.600 plazas de aparcamiento en total)

Los bloques de viviendas, de dos o tres plantas, se construyen sobre esta placa y varían en función de la empresa. Todas poseen una o dos escaleras exteriores para acceder a las distintas plantas y otra diferente para permitir el acceso al aparcamiento.

Aunque cada proyecto es diferente, las directrices específicas para el diseño y los requisitos mínimos han sido fijados por un contrato, no proporcionando soluciones de detalles, pero señalando los parámetros de rendimiento que deben respetarse, sin excluir la utilización de diferentes soluciones propuestas, siempre con el objetivo de promover fuentes alternativas de energía y reducción de la contaminación en interiores y al aire libre.

Las casas se entregaron completamente amuebladas y contienen todas las comodidades modernas, desde los aparatos domésticos, tales como TV LCD, lavadora, lavavajillas, horno eléctrico y frigorífico, a los componentes de muebles, como sofás y sillas de tela o cuero ecológico y las cortinas de colores.



## 6.2. Bases aisladas sísmicamente

Tecnológicamente avanzadas y respetuosas con el medio ambiente, no hay dudas que la mayor innovación contenida en los nuevos edificios está representado por la protección sísmica.

El montaje de estas placas, llamada fase 1, se inició en junio y terminó en un tiempo total (producción y montaje) en menos de 80 días, en finales de septiembre. En esta primera fase estaba incluida la ejecución de placa de cimentación en hormigón armado, posteriormente los pilares metálicos de sección circular, la colocación del aislamiento sísmico y, por último, la placa superior en hormigón armado.

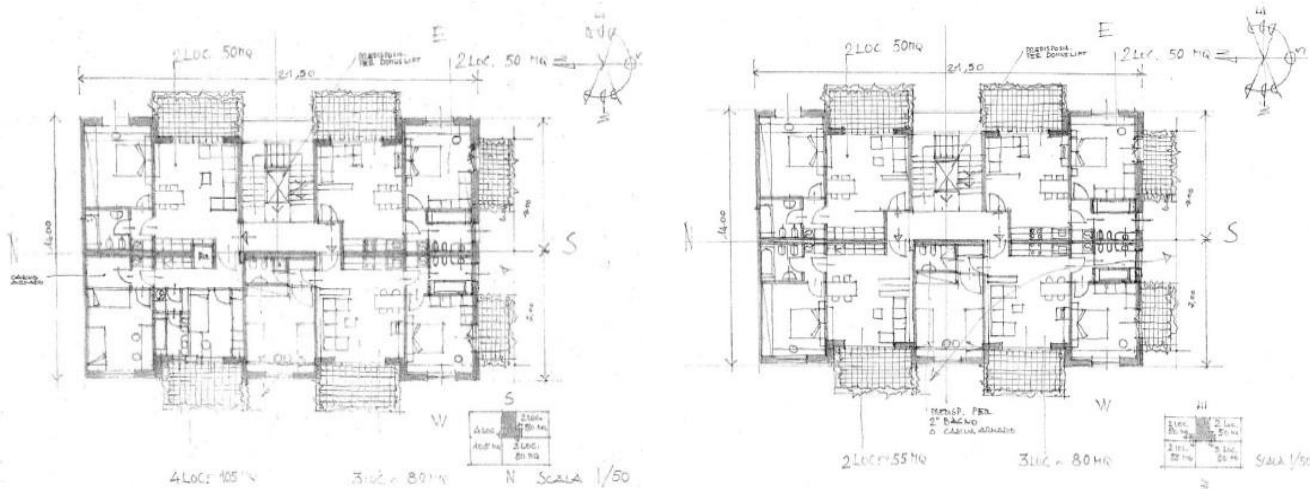
La operación para ejecución de las placas, partió de la excavación y lanzamiento de una capa delgada de 15 cm en hormigón pobre sobre la que se ejecutó una base de apoyo en hormigón armado de 50 cm de espesor reforzado con armadura en acero. Posteriormente, se posicionaron las placas de acero que serán ancladas al pilar metálico.

Los pilares metálicos nacen desde la superficie de la placa terminada de hormigón pobre hasta el inicio del sistema de aislamiento sísmico. Estos pilares se colocaron formando una retícula de 6m de eje anclados a la placa base a través de las varillas roscadas. Son dos tipos de pilares en acero, diferentes en su altura debido al sistema de aislamiento sísmico utilizado.

En la parte superior de cada pilar, se colocó el sistema de aislamiento sísmico consistente en un total de 40 dispositivos para cada edificio, 12 aislamientos elastoméricos ubicados en las extremidades de la placa y 28 del sistema de péndulo, situados en el centro de la placa.

Durante un terremoto, estos aisladores sísmicos separan la estructura del suelo, de manera que pueden oscilar independientemente de la vibración del terreno. De esta forma, la placa se mueve libremente, aislando cualquier construcción que se ejecute sobre ella.

La placa superior es el verdadero elemento que apoya el nuevo edificio de viviendas. Se proyectó una placa de hormigón armado con características técnicas similares con la placa de cimentación descrita anteriormente, también con espesor de 50 cm. Una de las diferencias con la placa inferior, es su apoyo, ya que descansa directamente sobre aisladores sísmicos, que por su naturaleza deben permitir una determinada y controlada oscilación sobre lo que está por encima de ella durante los eventos sísmicos.



Primeros bocetos de los bloques de viviendas del proyecto C.A.S.E.



## REALIZACIÓN DE LA PLACA ANTISÍSMICA

Empresas Contratadas:  
Zappoli & Pulcher spa, Torino  
Consorzio Cm – Grupo Bison, Jesolo  
Sacaim spa, Venezia

Placas realizadas en hormigón armado: 166

Aisladores sísmicos instalados: 6.640  
Tipología de aisladores: Deslizamiento relativo (pendulo) con uno o dos soportes

Proveedores de aisladores:  
Alga spa, Milano (más de 4.000 aisladores)  
Fip Industriale spa, Padova (más de 2.000 aisladores)

Hormigón: Colabeton spa, Gubbio (Pg)

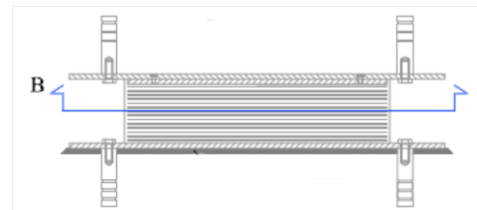
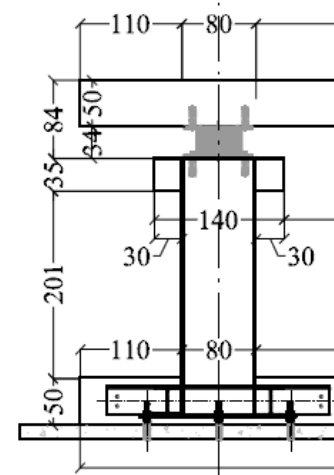
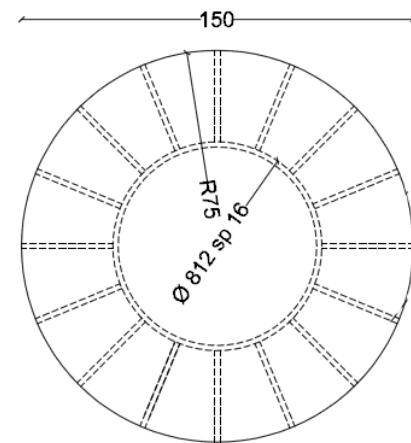
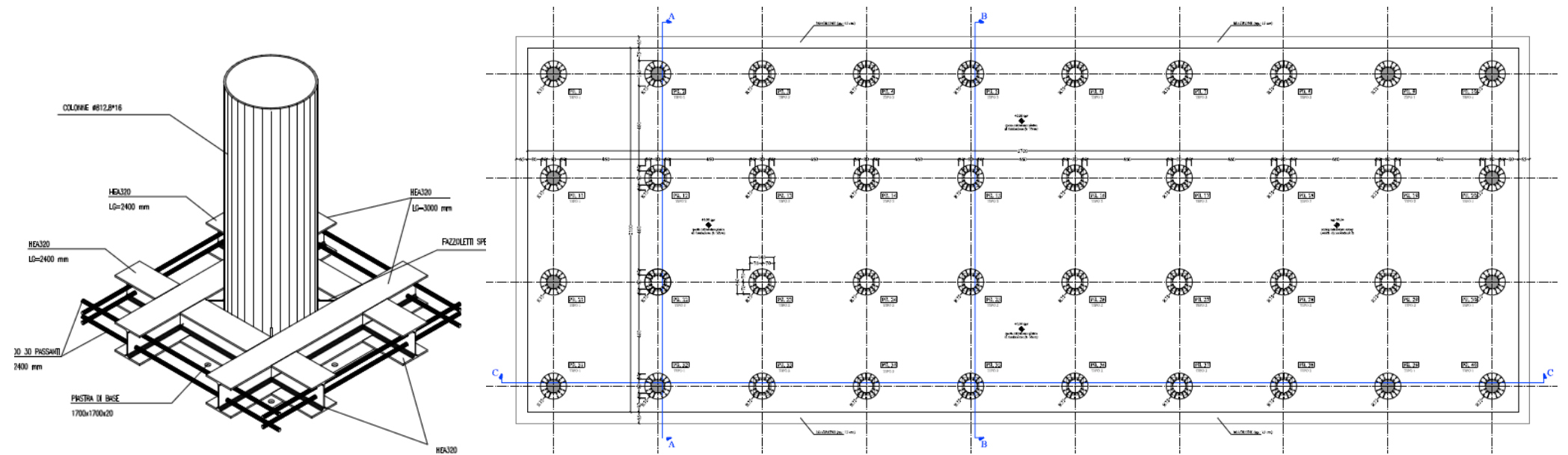
Acero: Veneta Reti srl

Pilares en acero:  
Edimo Metallo spa, L'Aquila  
Cordioli spa, verona

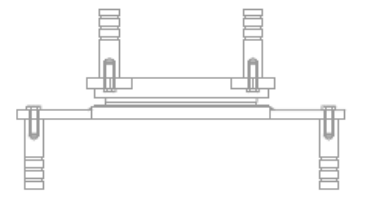
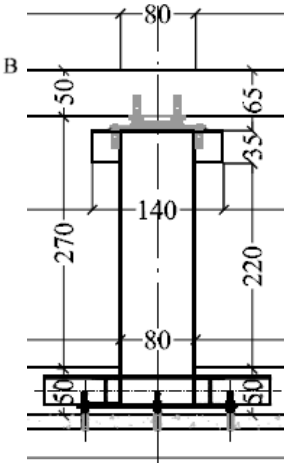
Encofrado: Peri spa

Tipología de encofrado:  
Peri Skydeck (placa antisísmica)  
Peri Trio y Domino: (paredes y bancos)

Producción semanal de placas en hormigón armado: 16 con un máximo de 21 placas

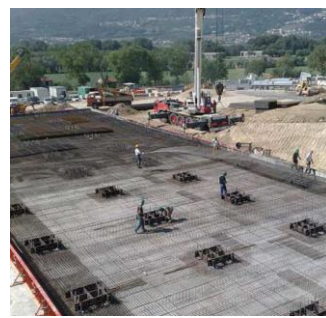


Pilar metalico tipo 1 – Aislamiento Elastomérico



Pilar metalico tipo 2 – Aislamiento sistema péndulo

www.protezionecivile.it





### 6.3.1 PROYECTOS ESTRUCTURA DE HORMIGÓN PREFABRICADO

Como sistema constructivo, para garantizar la rapidez de montaje y realizar un sistema sismorresistente, se utilizó el hormigón prefabricado de pilares con mensulas y vigas simplemente apoyado, además de vigas de refuerzo.

La consecuencia de su forma de producción es elevar considerablemente las magnitudes de todas sus características físicas (resistencia mecánica, acabado de la superficie, adherencia, resistencia a la corrosión, etc.). Esa forma de producción permite además de mejorar la calidad de la construcción, reducir el tiempo de obra, a través de un sistema de piezas repetidas y/o variables a partir de un patrón.

Otro punto importante acerca del hormigón prefabricado, es su discontinuidad, siendo un sistema de piezas independientes, sus uniones son determinantes para el comportamiento del sistema.

Esta sistema estructural se utilizó, por ejemplo, en los edificios del Área Sant'Elia. Las estructuras fueron construidas con un conjunto de dimensiones de elementos prefabricados montados en obra. Se utilizaron pilares son de hormigón armado monolítico prefabricados de sección constante 50x50 cm pegado al pie por uniones atornilladas en los pernos que se disponen en la placa base. Esos pilares alineados en una malla estructural de 6x6 m que constituye la base del proyecto. Estos pilares están dotados de ménsulas que sirven de apoyo para las vigas de hormigón armado.

Por lo que se refiere a los elementos horizontales, se utilizaron vigas de hormigón armado prefabricadas con forma de T (de dimensiones 80x52 cm) como vigas centrales, y en forma de L (de dimensiones 70x52 cm) vigas como vigas periféricas, además, fueron utilizadas como refuerzo, vigas con sección rectangular (de dimensiones. 50x52 cm) paralelas a la placa de forjado.

Los forjados, en placas alveolares también prefabricados, están apoyados a las ménsulas de las vigas.

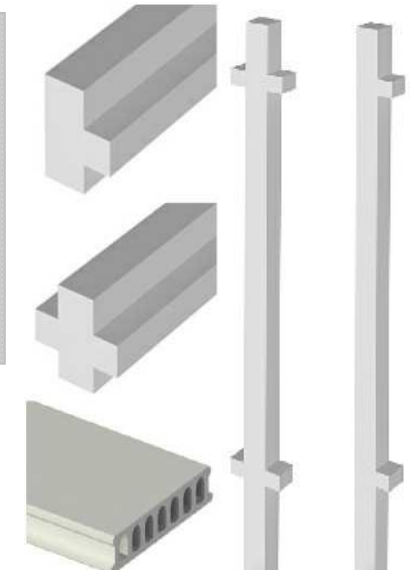
Esta tipología estructural se utilizó también en algunos bloques de viviendas en las áreas de Bazzano, Camarda y Poggio di Roio.

Pilares monolíticos prefabricados en hormigón armado. (Centrales y periféricos).

Viga periférica en hormigón prefabricado, forma T (dim 80x52 cm).

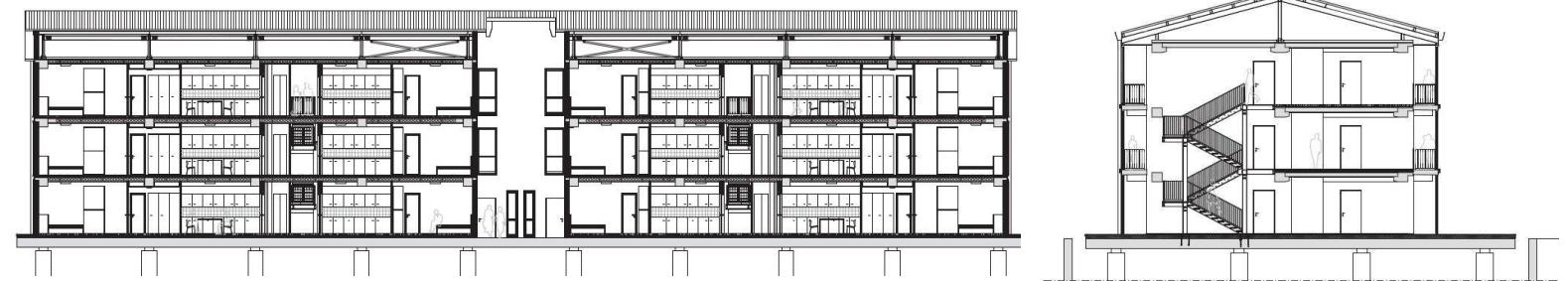
Viga central en hormigón prefabricado, forma L (dim.70x52 cm).

Placa prefabricada alveolar para forjados.



Sant'Elia 1

Área destinada a la vivienda y el servicio. El área es accesible a través de la carretera interior que conecta con el asentamiento existente. En ella se han construido 7 placas sismicamente aisladas con un total de 8.379m<sup>2</sup> y 7 edificios con estructura de hormigón prefabricado y un total de 172 apartamentos.



Sección longitudinal y Sección transversal de los bloques de viviendas 4 y 5 del área de Santa Elia 1

(Revista Arketipo, Anno 4, suplemento 6/2009).





### 6.3.2. PROYECTOS ESTRUCTURA METÁLICA

Esta tipología estructural fue la escogida para el diseño de algunos bloques de viviendas en las áreas de Bazzano, Paganica, Camarda, Poggio di Roi y Arischia.

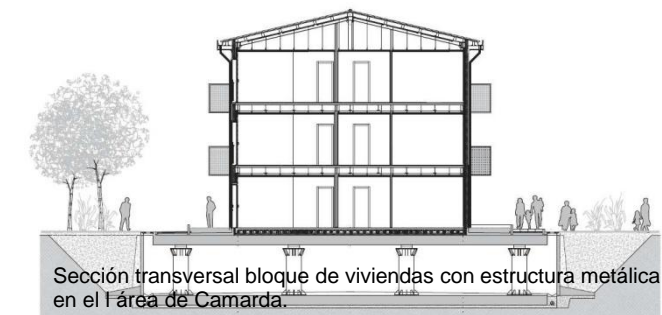
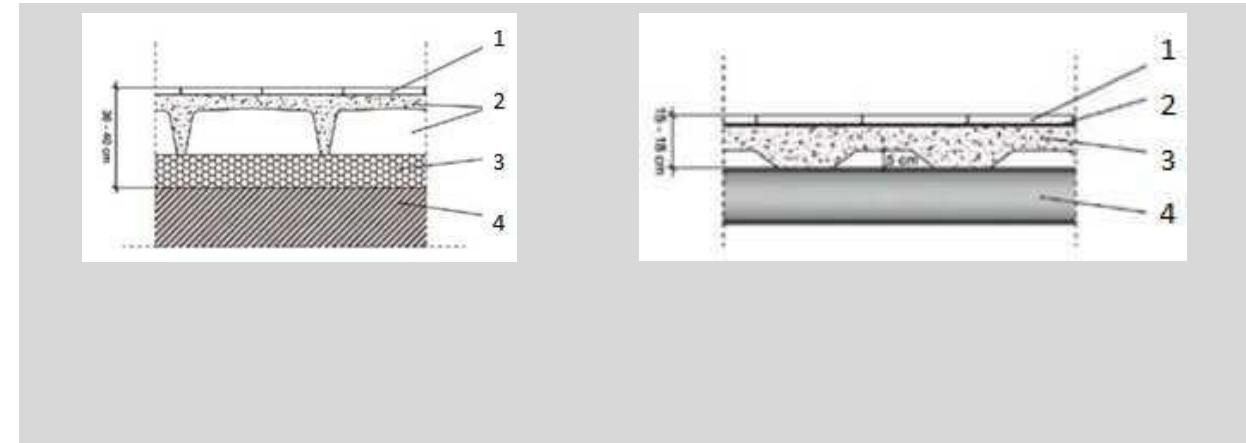
El requisito más importante para la estructura es la elasticidad del esqueleto portante, necesaria para que el esfuerzo de mantenimiento del estado global del manufacturado ejercido por los aislantes, no sea vano en caso de movimiento sísmico. Además, las grandes ventajas del uso de elementos reduce los plazos de entrega reducidos y facilita la construcción.

En el caso del barrio de Camarda, se construyó una estructura de 54 metros de longitud y 12 metros de profundidad. La estructura está compuesta por un armazón de vigas y columnas de perfiles laminados de acero encajados y reforzados con arriostramientos en cruz de San Andrés, en función de las cargas a las que están sometidos los elementos. Los elementos verticales parten de la placa de cimentación a la que están fijados mediante placas y tirantes de sujeción, separados entre ellos una distancia de 6m. Estos elementos fueron realizados con perfiles de alas aligeradas en H, galvanizados de tipo HEA y las vigas son de tipo IPE 330 para el lado corto, de IPE 300 para el lado de mayor longitud y vigas IPE 360 en esquinas. La cubierta de dos aguas, también ha sido construida con vigas metálicas IPE.

Por otro lado, se ejecutaron forjados unidireccionales de 12 cm de espesor de chapa metálica colaborante de 7/10 mm de espesor y armado con una malla de 15x15xcm Ø5mm. En el de la planta baja, se utilizó una solución ligeramente diferente, con el objetivo de garantizar un buen aislamiento térmico y eliminar la humedad, se construyó un forjado sanitario ejecutado con un encofrado de plástico de polipropileno (dim.50x50 h.17cm) y una capa de poliestireno de 12 cm apoyada sobre la placa antisísmica.

Las escaleras fueron los únicos elementos no metálicos. Se realizaron con hormigón armado y se conectaron a las placas antisísmicas.

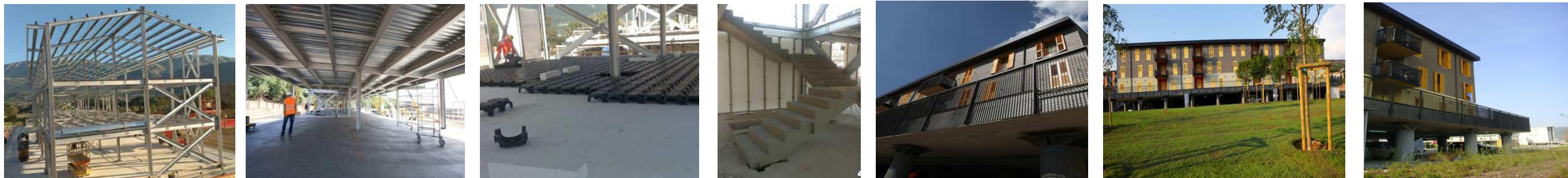
En la cubierta se utilizó un panel prefabricado tipo sándwich formado por dos caras de chapa de acero, una chapa inferior de 0.4mm y una superior de 0.5mm con aislamiento de poliuretano con 50 mm.



(Revista Arketipo, Anno 4, suplemento 6/2009)

#### Camarda

Área de 3.2 hectareas con gran valor paisajístico en el que se exigió especial atención en la definición volumétrica de los edificios. En ella se han construido 5 placas sísmicamente aisladas con un total de 5.985m<sup>2</sup> y un total de 125apartamentos.





### 6.3.3. PROYECTOS ESTRUCTURA DE MADERA

La estructura de madera fue la escogida en el 50% los proyectos seleccionados. El uso de la madera como estructura principal, además de permitir la construcción en un corto período de tiempo ayuda a aumentar el rendimiento térmico del edificio gracias a sus características aislantes.

Este sistema estructural a base de paneles de madera, llamado sistema panel X-LAM, se utilizó en los proyectos de las áreas, Collebrincioni, Coppito 2, Sant'Elia 2, Sassa y Cese di Preturo. En esta última se construyeron 6 de los 8 proyectos seleccionados con esta tipología estructural. En total se construyeron 20 bloques de viviendas en 72 días por edificio.

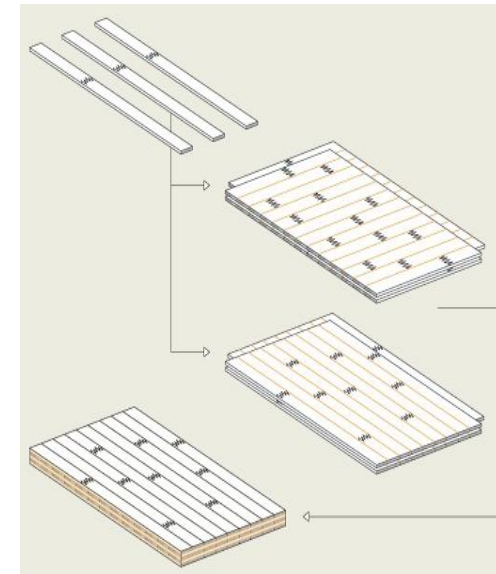
El panel X-Lam (panel de madera transversal, maciza y laminada) está compuesto por varias capas que juntas forman un tablero de espesor entre 16 y 35mm superpuestos entre sí y girados 90 grados. Las dimensiones de los paneles más pequeños son de 1,25 metros de ancho, mientras que la longitud es ilimitada.

La estructura del bloque se proyectó a base de muros portantes con dichos paneles. La paredes portantes del sistema en madera laminada maciza, fueron preparadas en fábrica y construidas como un único elemento, incluyendo las aberturas para puertas y ventanas. De esta forma, los paneles llegaron a obra listos para su montaje.

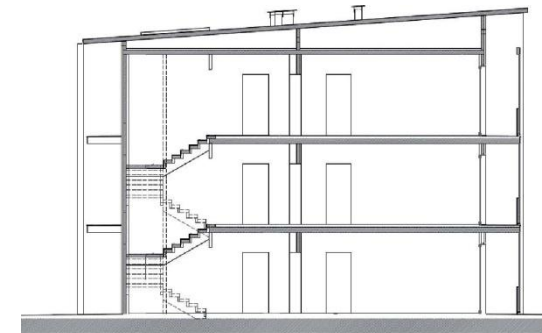
Los paneles portantes, se unieron entre sí mediante conexiones hechas a base de tiras de madera contrachapada con tornillos o clavos. La conexión entre paneles ortogonales se realizó mediante la inserción de tornillos ligeramente inclinados, mientras que las paredes de la planta baja se unieron con las paredes de la planta superior por medio de conexiones mecánicas, tanto con placas metálicas como con clavos o tornillos angulares.

Por otro lado, la tabiquería interior fue construida con estructura metálica y cartón yeso con espesor de 150 mm.

Por lo que se refiere a los elementos horizontales del edificio, los forjados se resolvieron con el sistema de panel X-Lam, mientras que la cubierta del edificio, con una única inclinación y proyectado para recibir paneles fotovoltaicos, se realizó con el mismo sistema de paneles de 14,7 cm de espesor y acabado con una capa de impermeabilización con armadura y lamina.



Sistema panel X-Lam



Sección transversal edificio de viviendas con estructura de madera en área de Cese di Preturo

(Revista Arketipo, Anno 4, suplemento 6/2009)

#### Camarda

Área de 3.2 hectáreas con gran valor paisajístico en el que se exigió especial atención en la definición volumétrica de los edificios. En ella se han construido 5 placas sísmicamente aisladas con un total de 5.985m<sup>2</sup> y un total de 125apartamentos.





# CAPÍTULO



ESTUDIO CONSOLIDACION PALAZZO COSTA MASCIARELLI

Imagen terremoto L'Aquila, 2009



ANTECEDENTES

**PALAZZO COSTA MASCIARELLI**

(Costa Masciarelli nº8, L'Aquila)

**NIVEL DE PROTECCIÓN:**

PROTECCIÓN MUNICIPAL:

Conjunto histórico de L'Aquila

**TITULARIDAD:** Privada

**USO:** Residencial

DESCRIPCIÓN

Edificio construido por J. Pablo Cardone (1579).

Verticalmente el bloque del edificio que recae sobre la Costa Masciarelli se divide en cuatro alturas y en tres el bloque de la Vía Crispomonti. Tiene una superficie por planta aproximada de 745 m2.

Todas las viviendas se distribuyen en torno a una escalera que se ubica en el patio de luces central, al que dan todas las entradas de las viviendas.

Gran parte de las viviendas se abren hacia el Valle Bazzano y a la Colina Collemagio.

La construcción actual es fruto de la unión de dos bloques, queda patente esta afirmación en la duplicidad de muros de carga que se han encontrado en las inspecciones.

No comparte estructura con los edificios adyacentes. La estructura ha sufrido cambios debido a la unión del edificio con fachada a Crispomonti, ampliaciones, cambios de uso, la adición de la gran escalera de acceso a las viviendas, ejecución de balcones y terrazas que llevan hasta su configuración actual.

La estructura es a base de muros de carga de espesor variable de 80 a 40 cm, a medida que crecen en altura y forjados horizontales sobre vigas de madera. Los muros se componen principalmente por doble paramento de piedra de tamaño pequeño (8 a 10 cm) y forma irregular, en algunos casos complementada con ladrillo.

DESCRIPCIÓN

Solo se puede comprobar la composición exacta de los muros con ensayos in situ, igual que el tipo traba entre materiales.

El bloque del edificio tiene una forma compacta mientras que el ala que sobresale hacia Crispomonti tiene una sección transversal que va disminuyendo en sección.

El tipo de cubierta empleado es a base de cobertura de tejas, en el patio de luces donde están las escalera de acceso hay una cristalera como elemento de protección y que a su vez proporciona luz natural al interior. Por último también parte de esta planta de cubierta está ejecutada con terrazas transitables.

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS

**EN ESTRUCTURA:**

\* Rotación hacia el exterior del plano de fachada Norte sobre la edificación colindante. La fachada que mira hacia el Cerro Collemagio.

\* Rotación pero en menor grado del plano de fachada hacia la Costa Masciarelli.

\* Pérdida de solidaridad en la unión entre muros de fachada y forjados. Esto permite las rotaciones de las fachadas

\* Hundimiento de tramos de forjados en viviendas, losa de escalera de zona común.

**EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

\* Desperfectos en particiones interiores de viviendas, grietas, pérdida de traba en las piezas de fábrica y derrumbes puntuales de partes de la obra.

\* Falsos techos deteriorados con grietas e incluso en zonas hay una pérdida completa del elemento decorativo.

\* Partes del forjado de planta primera son bóvedas, éstas, analizadas desde planta baja presentan grietas y síntomas de inestabilidad.

DESCRIPCIÓN DE DAÑOS

**EN ELEMENTOS DECORATIVOS**

\* Pérdidas tanto en acabados de pinturas como de falsos techos, alicatados en cuartos húmedos y carpintería interior de viviendas

**RESUMEN DE LA INSPECCIÓN**

\* Deterioro tanto a nivel estructural como de instalaciones, fábricas de ladrillo en particiones interiores y acabados interiores.

\* Necesario una rehabilitación íntegra de la edificación.



MASCIARELLI



CRISPOMONTI

ACTUACIONES DE EMERGENCIA

**ACTUACIONES ORDENADAS TRAS EL TERREMOTO:**

**ORDEN DE CIERRE:**

- \* Desalojo de residentes
- \* Cierre del edificio para evitar que entren.

**APUNTALAMIENTO Y APEOS:**

- \* Instalación auxiliares para estabilizar la fachada a base de montantes verticales y travesaños en perfilera metálica y atirantados a otros elementos estructurales.

**RETIRADA DE ELEMENTOS**

- \* Las pertenencias esenciales e indispensables de la gente que reside en cada una de las viviendas

INTERVENCIÓN

**OBRAS A REALIZAR:**

- \* Rehabilitación de la estructura en una primera fase.
- \* Rehabilitación del resto de las viviendas

**PRIORIDAD:**

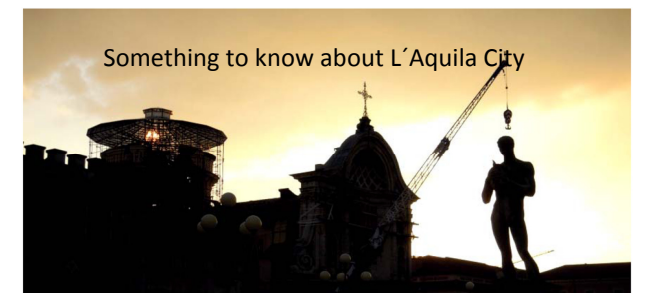
BAJA    MEDIA    ALTA

**PRESUPUESTO:**

- \* 4.500.000 euros financiados por el Estado Italiano
- \* Resto por determinar pero a costa de cada uno de los propietarios.



ESTADO ANTES DEL TERREMOTO





PLANTA BAJA Y ZONAS COMUNES



ZONAS COMUNES

ESTUDIO INTERIOR DE VIVIENDAS



PLANTA BAJA Y ZONAS COMUNES



VIVIENDA P. BAJA



PLANTA SEGUNDA



- VIVIENDA 1
- VIVIENDA 2
- VIVIENDA 3

VIVIENDA 1



PLANTA SEGUNDA

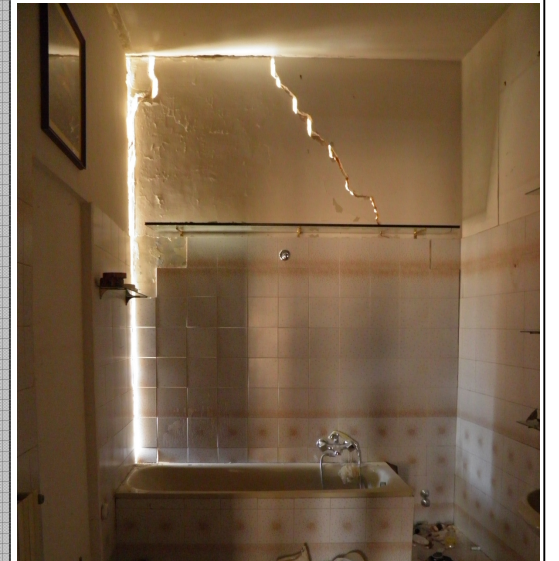


VIVIENDA 2



PLANTA SEGUNDA

VIVIENDA 3





# CAPÍTULO

# 8

*Imagen campamento Haití, 2010*



# PROPUESTA DE VIVIENDA SISMORRESISTENTE

ESTUDIO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA  
CONSTRUCTIVO PREFABRICADO PARA VIVIENDAS  
AFECTADAS POR SISMO EN ECONOMÍAS  
DESFAVORECIDAS Y DE DURACIÓN PERMANENTE



## 8. INTRODUCCION

En los últimos años, muchos desastres naturales han provocado desplazamientos masivos de población y han dejado a miles -y en algunas ocasiones incluso a millones- de personas en el desamparo. Para esos supervivientes, conseguir un alojamiento adecuado es esencial ya que su salud, sus medios de vida y su seguridad dependen de ello.

El objetivo principal para todas las partes es lograr soluciones a largo plazo. Las personas desplazadas quieren que se repare o se reconstruya sus viviendas lo antes posible. Los gobiernos y los agentes que prestan asistencia esperan que las comunidades se recuperen de manera sostenible. Sin embargo, la rehabilitación, la reparación y la reconstrucción son casi siempre procesos lentos y difíciles, y por lo tanto, a menudo resulta indispensable buscar soluciones intermedias, entre ellas, el alojamiento provisional y de emergencia.

El cambio climático evoluciona mientras el mundo se intenta recuperar de las numerosas y desastrosas catástrofes naturales que tienen lugar en uno y otro rincón del planeta. La ayuda humanitaria que llega desde los lugares más remotos y que se encarga de encontrar supervivientes, enviar medicinas, alimentos, etc. no basta: no existen suficientes tiendas de campaña para alojar a todos los desplazados del mundo. Por otro lado, el coste económico más importante de la reconstrucción tras un desastre de esta magnitud se dedica a la infraestructura y el alojamiento de las personas

## 8.1. LOS REFUGIADOS AMBIENTALES

Desde la aprobación de la Convención de Ginebra en 1951 como marco jurídico para los refugiados, el panorama, las características y la procedencia de los refugiados han cambiado de forma radical. Un refugiado ya no es sólo el que huye de regímenes políticos represivos o de conflictos armados.

En el mundo se calcula que existen más de 22 millones de refugiados y 30 millones de desplazados dentro de las fronteras de sus estados.

Dentro de estas estadísticas, los gobiernos no tienen oficialmente en cuenta una categoría de refugiados poco convencional: "Los Refugiados Ambientales".

Aunque las estimaciones varían enormemente, se calculan en 25 millones las personas desplazadas forzosamente de sus hogares por sequías, desertificación, erosión de los suelos, accidentes industriales y otras causas medioambientales.

El deterioro ecológico (sequía, plagas, desastres naturales, accidentes industriales y nucleares) acompaña a las hambrunas y a los conflictos armados que además tienen unas repercusiones medioambientales de enorme gravedad (bombardeos, destrucción de cosechas, utilización de armas químicas, etc.).

Además, el impacto humano en el medio ambiente está agravando la intensidad de los desastres naturales y son los pobres quienes más sufren las consecuencias.



## 8.2. CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA

Durante los primeros días del desastre las autoridades se vuelcan con las víctimas, pero con el tiempo, el flujo de la ayuda internacional para construir vivienda después de un desastre va desapareciendo poco a poco. De esta forma, sin planes de reconstrucción a largo plazo para viviendas permanentes, el alojamiento temporal suele convertirse en permanente.

El terremoto de Armenia ocurrido el 7 de diciembre de 1988 fue uno de los desastres naturales masivos de la época. Un gran terremoto asoló Armenia, dejando trágicas consecuencias en una parte importante del territorio y sumiendo al pueblo en inesperadas dificultades que aún hoy, algunas de ellas, no han sido superadas.



Casi el 40% del territorio de Armenia se vio afectado por el sismo, entre ellas 21 ciudades y 324 poblados, dejando sin hogar a 514.000 personas. Ese día quedó destruida el 17% de la estructura habitacional del país. Toda la ciudad de Spitak fue destruida, y hubo daños parciales en las ciudades de Gyumri (entonces llamado Leninakan) y Vanadzor (entonces Kirovakan). El temblor también causó daños a muchos pueblos de los alrededores. La Planta de Energía Nuclear Metsamor fue temporalmente cerrada a causa del terremoto.

Los Domiks, o contenedores metálicos de automotores, fueron una solución de alojamiento temporal provista por los donantes internacionales para albergar a las personas desplazadas en Gyumri, Armenia, después del terremoto de Spitak.

24 años después del terremoto, unas 7.500 familias viven aún en estas casas improvisadas, sin agua corriente y con poco aislamiento para protegerse de las temperaturas bajo cero del invierno. La Oficina de los Estados Unidos de Asistencia para Desastres (USAID) financió un programa que dio vales a los habitantes de domiks para comprar viviendas más permanentes; pero, a pesar del esfuerzo del programa por remover los domiks, una vez que la familia recibía un bono, los contenedores continuaron circulando en el mercado de la vivienda informal.

En el año 2011 se entregaron viviendas a 291 familias y para el 2012e está prevista una inversión de aproximadamente 3 millones y medio de dólares para construcciones en la zona del terremoto. A pesar de ello, se calcula que faltan algunos años para que la gente tenga nuevamente su hogar y para reconstruir los edificios y otros sectores de las ciudades y poblados que aún permanecen destruidos.

Aunque la situación de Spitak es un caso extremo, lamentablemente, no se trata de una situación aislada, sino que repite en demasiados países en todo el mundo.







**ARMENIA 1988**  
 Tipo de desastre: Terremoto  
 Personas en campamentos: 7.000 personas

**TURQUIA 2011**  
 Tipo de desastre: Terremoto  
 Reconstruido: 4%  
 Personas en campamentos: 10.000 personas

**CHINA 2008**  
 Tipo de desastre: Terremoto  
 Reconstruido: 99%  
 Personas en campamentos: 0%

**LORCA 2011**  
 Tipo de desastre: Terremoto  
 Reconstruido: 0 viviendas  
 Personas sin retornar a sus viviendas: 2500 familias

**HAITI 2010**  
 Tipo de desastre: Terremoto  
 Reconstruido: 21.000 viviendas reparadas o reconstruidas  
 Personas en campamentos: 520.000 personas

**JAPON 2011**  
 Tipo de desastre: Terremoto y tsunami  
 Reconstruido: 100.000 casas temporales e infraestructuras  
 Personas en campamentos: 337.819 personas

**PAKISTAN 2010**  
 Tipo de desastre: Inundaciones  
 Reconstruido: Reconstruido 190 edificios públicos  
 Personas en campamentos: 800.000 familias

**PERU 2007**  
 Tipo de desastre: Terremoto  
 Reconstruido: 35% edificios destruidos  
 Personas en campamentos: 38.731 personas

**CHILE 2010**  
 Tipo de desastre: Terremoto  
 Reconstruido: 29% edificios de los cuales 11% son viviendas  
 Personas en campamentos: 3.000 personas

**INDONESIA 2009**  
 Tipo de desastre: Terremoto  
 Reconstruido: 13%  
 Personas en campamentos: sin datos oficiales







**CHILE 2010**

<b>Tipo de desastre</b>	Terremoto, fuertes replicas y tsunami
<b>Fecha</b>	27 de febrero de 2010
<b>Magnitud</b>	8,8 grados en la escala de Richter
<b>Epicentro</b>	Mar Chileno. 150 kilómetros al noroeste de Concepción (30km. de profundidad)
<b>Zonas afectadas</b>	Centro y sur del país
<b>Víctimas</b>	525 muertos y 25 desaparecidos
<b>Afectados</b>	2.671.556 personas
<b>Viviendas destruidas</b>	500.000 viviendas destruidas y más de 1.500.000 dañadas
<b>Años transcurridos</b>	2
<b>Reconstruido</b>	29% edificios de los cuales 11% son viviendas
<b>Personas en campamentos</b>	3.000 personas

El 27 de febrero de 2010, un fuerte sismo 8,8 grados de intensidad en la escala de Richter, sacudió con violencia la zona central y sur del país dejando más de 500 fallecidos y miles de damnificados, así como numerosas escenas de derrumbes de carreteras y edificios, roturas de vidrios, grietas en caminos, caídas de postes y cortes de la energía eléctrica y de las comunicaciones



El terremoto produjo, además, un fuerte tsunami que impactó con las costas chilenas, destruyendo varias localidades ya devastadas por el impacto telúrico

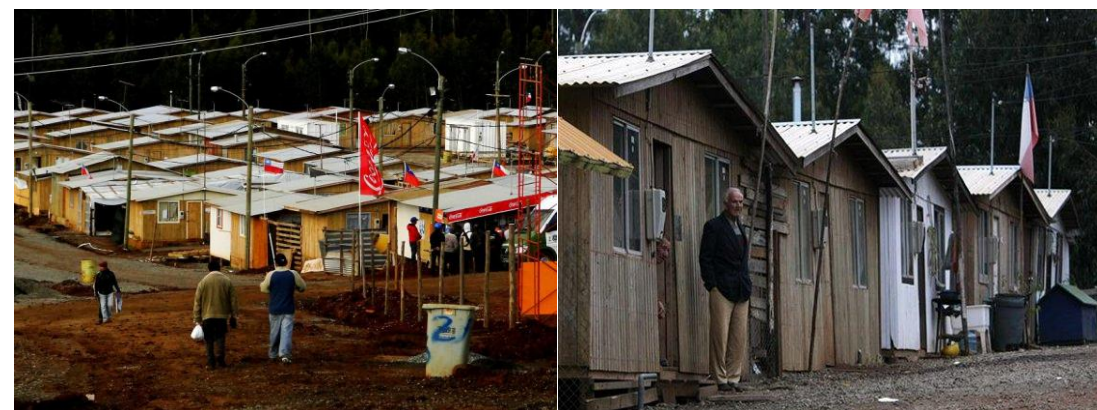
La cordillera próxima a la costa, situada entre los paralelos 35° y 38° se convirtieron en el lugar elegido por miles de personas provenientes de las localidades costeras para refugiarse de los posibles tsunamis provocados por las constantes réplicas que inmediatamente después del terremoto empezaron a producirse.

El sismo chileno, fue el segundo mayor terremoto en veinte años, tras el de Sumatra en 2004 y muchísimo más intenso

que el último terremoto ocurrido en Haití.

**Dos años después del desastre**, los ciudadanos chilenos lo recuerdan con dolor y miedo, y a estos sentimientos se les une la desesperanza al ver que la prometida reconstrucción es un tema pendiente, pues miles de familias siguen viviendo en casas de emergencias mientras el interés del gobierno está centrado en perseguir responsabilidades.

A finales de febrero de 2012, el número de casas levantadas supera ligeramente el 10% del total destruido, con unas 12.500 viviendas. El gobierno, en cambio, dice que 136.000 de las 220.000 casas destruidas están en construcción y que de ellas fueron entregadas 72.000 (32,7%) cifras que han sido cuestionadas por varias asociaciones. Según estos, las cifras oficiales están basadas en la entrega de 220.000 subsidios para casas que resultaron destruidas por el terremoto. Pero un 60% de ellas corresponden a reparaciones de casas, y un 40% a viviendas nuevas.



En el Molino, un gigantesco campamento de emergencia que se construyó para albergar a los 3.000 habitantes de Dichato sigue estando la solución provisoria.

"No hay ninguna vivienda construida en Dichato, ni entregada absolutamente a nadie", reclama la dirigente vecinal, Lorena Arce.

En El Molino, 450 familias continúan en viviendas de madera de 20 metros cuadrados, sin aislación térmica y que se inundan cuando llueve. Además deben compartir baños y minúsculos espacios comunes.

"No nos quedamos con nada. Se perdieron todos nuestros mejores recuerdos, nuestra plata, nuestras joyas y lo que no se llevó el mar, se lo llevó la gente (en saqueos)", dice Olga Retamal, que vive hoy de allegada junto a su esposo en la casa de su nieto.

Su casa, en el centro de la ciudad, fue totalmente destruida y aún hoy el matrimonio no sabe cuándo les será asignada una nueva vivienda, en una angustia que se acrecienta cada día.







### HAITI 2010

<b>Tipo de desastre</b>	Terremoto
<b>Fecha</b>	12 de enero de 2010
<b>Magnitud</b>	7,0 grados en la escala de Richter
<b>Epicentro</b>	15 km de Puerto Príncipe, la capital de Haití y 10 km de profundidad
<b>Zonas afectadas</b>	
<b>Víctimas</b>	316.000 muertos y 350.00 heridos
<b>Afectados</b>	2.000.000 personas
<b>Edificios destruidos</b>	80.000 edificios

<b>Años transcurridos</b>	2
<b>Reconstruido</b>	21.000 viviendas reparadas o reconstruidas y construcción 3.000 viviendas sociales en el 2012
<b>Personas en campamentos</b>	520.000 personas

Un fuerte terremoto de magnitud 7,3 en la escala de Richter seguido por dos fuertes réplicas sacudió Haití, el país más pobre del continente americano, y desató la alarma en el Caribe. El brusco movimiento de tierra se cebó con la capital, Puerto Príncipe, donde los daños materiales fueron cuantiosos y las víctimas mortales se contaron por millares.

Cientos de miles de superviviente se agolparon de inmediato en calles y plazas y comenzaron a malvivir en improvisados y precarios campamentos hechos con lonas, carpas y tiendas de campaña, en los mejores casos, y con sábanas y palos en los peores.



Dos años después, el mundo ha olvidado este desastre, pero sus efectos aun se pueden ver en las calles de cualquier ciudad del país. Prácticamente todo el mundo perdió a algún familiar, amigo o vecino en el terremoto que sacudió el país aquel día, y muchos de los supervivientes siguen sufriendo secuelas físicas o psicológicas. Las cicatrices también están presentes en las calles, donde los escombros se amontonan junto a los socavones aún abiertos. La Red Haitiana de Derechos Humanos Indica que aún quedan por remover más de cinco millones de metros cúbicos de desechos, "una cantidad similar a la capacidad de dos mil piscinas olímpicas, según datos oficiales".

Gran parte de los campamentos de refugiados construidos hace dos años todavía existen, pese a los esfuerzos de los programas del Gobierno y la comunidad internacional que han conseguido eliminar muchos de ellos y reubicar a miles de personas. Actualmente, unos 500 mil refugiados viven en 800 campos distribuidos en la capital y sus periferias. La Red Haitiana de Derechos Humanos precisó que en cada campo un promedio de 112 personas utilizan una sola letrina y sólo 18 por ciento de esos lugares cuentan duchas. En los campamentos abundan las agresiones sexuales, los gérmenes y las amenazas de expulsión por parte de los dueños de los terrenos.

"Llegué aquí cerca de las 18, momentos después del terremoto, con mis hijos, mi hija de unos meses en los brazos y nada más. Dejé todo en los escombros", recuerda Valérie Loiseau, de 28 años. Sentada en un muro en la entrada del terreno donde hay instaladas docenas de tiendas de campaña hechas de piezas de chapa metálica. "No tengo ninguna esperanza de cambio, pero en tanto haya agua y sal...".



El país, además, está duramente afectado por la epidemia de cólera desatada en octubre de 2010, que ha matado a más de 7.000 personas y **ha afectado a 522.335**, según el último informe del Ministerio de Salud Pública, fechado el 25 de diciembre 2011.

La comunidad internacional, comprometida con la financiación de los 4.600 millones de dólares necesarios para financiar el plan diseñado por el gobierno de entonces, no ha desembolsado ni la mitad de los fondos públicos prometidos. De acuerdo con organizaciones locales de derechos

humanos, el dinero entregado a las personas que están en proceso de reubicación no solventa el problema, debido a que puede servir como una solución temporal, pero los problemas de viviendas se mantienen desde el sismo registrado el 12 de enero de 2010.

La Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios (OCHA) considera que el país caribeño requiere más de 231 millones de dólares en ayuda humanitaria para atender las necesidades básicas de esas personas.







**PERÚ 2007**

<b>Tipo de desastre</b>	Terremoto
<b>Fecha</b>	15 de agosto de 2007
<b>Magnitud</b>	8 grados en la escala de Richter
<b>Epicentro</b>	60 km al sur oeste de la ciudad de Pisco, con una profundidad de 45 km
<b>Zonas afectadas</b>	Ciudades de Ica, Pisco y Chincha y en pueblos aledaños del sur de Lima
<b>Víctimas</b>	513 muertos y 2.300 heridos
<b>Afectados</b>	431.000 personas
<b>Viviendas destruidas</b>	64.868 viviendas
<b>Años transcurridos</b>	4
<b>Reconstruido</b>	35% de los edificios destruidos
<b>Personas en campamentos</b>	48.000 familias.

El 15 de agosto de 2007, un fuerte seísmo de 7,9 grados Richter que sacudió el sur de Perú y provocó la muerte de 513 personas y la desaparición de 300 personas. La magnitud destructiva del terremoto y la fuerza de sus replicas, causó grandes daños a la infraestructura que proporciona los servicios básicos a la población, tales como agua y saneamiento, educación, salud y comunicaciones.



Alrededor de 48,000 familias quedaron sin hogar como consecuencia del terremoto. Desde la zona de Pisco, una de las más castigadas, donde el 85% de las viviendas quedaron destruidas, se generó un éxodo masivo hacia los montes, al abrigo de los temidos tsunamis.

Desde ese fatídico 15 de agosto, el gobierno peruano hizo muchas promesas de protección y al amparo de los s, lamentablemente pasado el tiempo fueron quedando en el olvido del gobierno. Además, las asociaciones denuncian la existencia de despilfarros y errores burocráticos, así como la desaparición de donativos internacionales por millones de dólares después del desastre que han dejado a una población de 1,500 familias en condiciones de miseria.

Según el presidente de la Coordinadora Provincial de la Sociedad Civil de Pisco un gran porcentaje de los 4.200 bonos restantes se quedó en manos de varias empresas constructoras que no llegaron a construir nuevas viviendas. **“En Pisco, una de las zonas más devastadas por el terremoto, se registraron 20.000 familias damnificadas y la destrucción de 11.707 viviendas. Sin embargo, solo se otorgaron seis mil bonos, de los cuales se hicieron efectivo 1.800”**,



Según el presidente del Frente por la Reconstrucción, **“Hay unas 20.000 familias que no podrán acceder a ninguna ayuda social del Estado y ni a préstamos de la banca porque solo cuentan con títulos de posesión. Es necesario formalizarlos para que puedan acceder a algunos de los programas de vivienda que debe diseñar el nuevo gobierno en esta segunda etapa de reconstrucción”**.

En Chincha se han creado siete nuevos asentamientos humanos a lo largo de estos cuatro años. En el A.H. Nueva Santa María viven 330 familias en viviendas improvisadas construidas con esteras y plásticos que sirven de paredes y techos.



**“No tenemos agua ni luz. Hace cuatro años padecemos el frío o las altas temperaturas en nuestros ‘ranchitos’ de esteras”**, exclama Leonor Vilcas, que junto a su joven hija de 15 años se refugia en el que denominaron asentamiento 15 de Agosto (Chincha)

En el caso de los damnificados de **Cañete y Yauyos**, el presidente de la asociación que los agrupa, confirmó que de las **9.500 familias aún hay 4.545 que siguen viviendo en condiciones precarias**.

Durante este tiempo, se han sucedido las protestas de los damnificados exigiendo las casas prometidas y que no se han construido, y denunciando la falta de atención por parte del gobierno.





**PAKISTAN 2010**



<b>Tipo de desastre</b>	Inundaciones
<b>Fecha</b>	julio de 2010
<b>Zonas afectadas</b>	Norte y sur del país
<b>Víctimas</b>	1.985 muertos y 2.964 heridos
<b>Afectados</b>	20 millones personas
<b>Viviendas destruidas</b>	1.7 millones de viviendas
<b>Años transcurridos</b>	1,5
<b>Reconstruido</b>	Reconstruido 190 edificios públicos y rehabilitado 8.202 hectáreas de tierras degradadas
<b>Personas en campamentos</b>	800.000 familias

El 28 de julio de 2010 unas lluvias monzónicas excepcionales comenzaron a desbordar el caudal del Indo y varios de sus afluentes en el norte paquistaní, de manera que el río, que recorre Pakistán por completo hasta el sur, se mantuvo desbordado durante todo agosto. Las inundaciones causaron 1.985 muertos, afectaron a más de 20 millones de personas en un 20 % del territorio y fueron calificadas como la mayor catástrofe natural de la historia del país.



El desastre natural dejó sentir sus destructivos efectos en los 24 distritos de la provincia. En nueve de ellos, entre los que figura el de Charsaddah, los daños han sido graves. Las inundaciones destruyeron 1,7 millones de viviendas, causaron daños en más de 5 millones de acres de superficie agrícola y ganadera y dejaron sin fuentes de alimentos o ingresos económicos a comunidades enteras.

En toda la zona inundada se produjeron derrumbes de puentes y muchos caminos quedaron inutilizados, lo que dificultó las labores de socorro e hizo imposible llegar por tierra a varios de los distritos más afectados

Un año después de las inundaciones que devastaron Pakistán, más de dos millones de personas siguen en situación vulnerable, sin hogar o acceso a la educación, en este país, donde se pide que la comunidad internacional no olvide la tragedia. Hoy, según la ONU, 5,6 millones de personas continúan

en situación de inseguridad alimentaria y 6,2 millones requieren de tratamiento sanitario, mientras que 1,3 millones no tienen acceso a educación estable y 824.000 casas permanecen totalmente destruidas.

Las organizaciones sostienen que es necesario un apoyo a largo plazo para asegurar la recuperación de las comunidades afectadas. “Mientras algunos han regresado ya a sus casas con pocos o ningún recurso, la población sigue en riesgo, con decenas de miles de desplazados en las zonas afectadas por las inundaciones. En la actualidad, numerosas familias han abandonado los campamentos y refugios provisionales para volver a su lugar de origen y al hacerlo se encuentran destruidas o inhabitables sus viviendas.

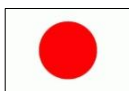
“Las comunidades afectadas por las inundaciones están sufriendo tiempos extremadamente difíciles y la insuficiente respuesta a la crisis no contribuye a conseguir avances. Con cada vez menos fondos, a millones de personas les va a resultar difícil sobrevivir los próximos meses” según Oxfam en Pakistán.

**Al menos 2,5 millones de personas** siguen viviendo sin necesidades básicas tales como comida, agua, saneamiento y sanidad. Esta situación está provocando que millones de pakistaníes estén en riesgo grave de desnutrición, enfermedad y profunda pobreza; según las organizaciones internacionales Oxfam.

**“Cada inundación, sequía y terremoto que sufre Pakistán empuja a su población a una pobreza y miseria aún más profunda.”** Afirmó Neva Khan, Director de Oxfam en Pakistán (2012)







**JAPON 2011**

<b>Tipo de desastre</b>	Terremoto y tsunami
<b>Fecha</b>	11 de marzo de 2011
<b>Magnitud</b>	9 grados en la escala de Richter
<b>Epicentro</b>	Océano Pacífico, 130 km al este de Senda
<b>Zonas afectadas</b>	Aomori, Akita, Yamagata, Iwate, Miyagi y Fukushima
<b>Víctimas</b>	15.845 muertos , 3.380 desaparecidos y 5.893 heridos
<b>Afectados</b>	334.800 (80.000 procedentes de la zona de exclusión nuclear)
<b>Edificios destruidas</b>	45.700 construcciones fueron destruidas y 144.300 fueron dañadas por el tsunami y el terremoto

<b>Años transcurridos</b>	1
<b>Reconstruido</b>	reconstrucción infraestructuras y construcción 100.000 casas temporales
<b>Personas en campamentos</b>	337.819 desplazadas y 700 en centros de evacuación

El viernes 11 de marzo de 2011, un terremoto con epicentro en el mar, hizo temblar al país durante 6 interminables minutos. La magnitud del seísmo, provocado por el choque entre dos placas tectónicas, la del Pacífico y la Norteamericana, fue de 7,9 grados en la escala Richter, una cifra que finalmente se elevó hasta los 9 grados.

Las provincias de Iwate, Miyagi y Fukushima, en la región de Tokohu, fueron las más afectadas, no solo por el temblor, sino por el tsunami que le siguió. Olas que superaron en algunos puntos los diez metros de altura arrasaron viviendas e infraestructuras y destrozaron las ciudades más próximas al mar, desatando una alerta en otros Estados del Pacífico, como Nueva Zelanda, Australia, Filipinas o las islas Hawai que finalmente quedó solo en un aviso.



El terremoto no solo asoló la costa japonesa, también causó daños en la central nuclear Fukushima I, donde el temblor provocó una parada en el sistema de refrigeración de dos de los cuatro reactores de la central y desencadenó varias explosiones de hidrógeno que dañaron el revestimiento de los núcleos, provocando una fusión parcial en los reactores 2 y 3 y la liberación de grandes cantidades de radiación.

La Agencia Policial Nacional japonesa dijo el 3 de abril de 2011, que 45.700 construcciones fueron destruidas y 144.300 fueron dañadas por el tsunami y el terremoto. Los daños en construcciones incluyen 29.500 estructuras en la prefectura de Miyagi, 12,500 en la prefectura de Iwate 2,400 en la prefectura de Fukushima. 71 Trescientos hospitales con 20 camas o más en Tohoku fueron dañados por el desastre, con 11 de ellos siendo completamente destruidos. 72 El terremoto y tsunami crearon un estimado de 24–25 millones de toneladas de escombros y desechos en Japón



En el aniversario de la tragedia, los japoneses se encuentran con planes urbanísticos de reconstrucción y el futuro de más **300.000 desplazados** aún sin definir. Se han retirado 22 millones de toneladas de residuos que dejó el tsunami pero quedan aún por recoger más de 6 millones.

Algunas familias afortunadas han recibido las primeras 100.000 viviendas prefabricadas con lo que abandonarán los refugios en los que han vivido hasta ahora. Las nuevas residencias prefabricadas de unos 30 m2 permitirán vivir temporalmente a familias con hijos, y disponen de electrodomésticos y otros servicios básicos. Más de **337.000 japoneses continúan viviendo en alojamientos temporales**, centros de evacuación o con familiares y de ellos cerca de 100.000 son niños. El Gobierno considera destinar 50.000 millones de yenes (408 millones de euros) en un presupuesto extraordinario para contribuir a la **construcción de 70.000 viviendas temporales**.



Las comunidades del noreste de Japón destruidas por el tsunami del 11 de marzo del 2011 van a necesitar años para reconstruirse, estima la Cruz Roja, al tiempo que los refugiados realojados en viviendas temporales esperan poder regresar a casa. “La reconstrucción y la reactivación de la economía requerirán años”, estimó Patrick Fuller, responsable de comunicaciones de la Federación Internacional de la Cruz Roja (FICR) para la región Asia-Pacífico.



### 8.3. PROPUESTA DE ALOJAMIENTO

Como se ha podido observar, en muchas ocasiones, las estructuras temporales construidas en un momento de necesidad tienen una tendencia a permanecer por mucho más tiempo de lo previsto. Pese a estar destinados a ser refugios temporales, los centros colectivos y campamentos temporales a menudo se convierten en lugares en donde los desplazados y damnificados pasan años e incluso décadas.

Ante esta situación se propone la construcción de un alojamiento que permita a las familias afectadas empezar de nuevo, en un nuevo hogar, un hogar digno.

Para comenzar, se impusieron una serie de premisas básicas y necesarias, innatas a un tipo de alojamiento permanente en zonas de vulnerabilidad ante desastres naturales. **Económico, confortable, con las comodidades de un hogar convencional, eficiente energéticamente y de construcción rápida, para evitar el problema planteado y permanente.**

Para desarrollar este último punto, era necesario conocer los desastres naturales acontecidos en el mundo y adaptar la vivienda para resistirlos. Con esta idea, y ante el incremento de la actividad sísmica que se ha observado en los últimos años, así como el nivel de destrucción que provocan los terremotos, se pensó en construir un alojamiento permanente para estos damnificados. Por lo tanto, el alojamiento debería estar diseñado además para reducir el riesgo de peligros sísmicos futuros.

Bajo estas sugerencias se comenzó a desarrollar la siguiente propuesta, poniendo especial cuidado en la optimización y el estudio del diseño sísmorresistente en Chile, un país situado en el llamado como Anillo de Fuego del Pacífico, y azotado por constantes terremotos.

#### 8.3.2. ANÁLISIS DEL ENTORNO

##### TERRITORIO

Chile es un país de América, ubicado en el extremo sudoeste de América del Sur. Su nombre oficial es República de Chile y su capital es la ciudad de Santiago

El territorio de Chile es tricontinental, se extiende en el extremo suroccidental de América del Sur, en el continente Antártico y en las islas del Océano Pacífico en Oceanía; limita al norte con Perú, al nororiente con Bolivia y comparte uno de los límites más extensos al este con Argentina.

Chile está dividido en 15 regiones a lo largo de su territorio. Su población se concentra en lo que se denomina Chile Central, que se extiende entre la Región de Valparaíso la Región del Biobío.



##### CLIMA

La longitud de Chile, su relieve y la influencia del océano son los principales factores que explican la variedad climática del país. La cordillera de los Andes regula el paso de masas de aire, impidiendo el acceso de vientos desde las pampas argentinas hacia el territorio chileno y la influencia marítima hacia la vertiente oriental.

A nivel general los climas se pueden clasificar, en tres grandes grupos de norte a sur: climas áridos subtropicales, climas templados y climas polares.

##### PRINCIPALES FACTORES DE AMENAZAS RECURRENTES Y DE MAYOR IMPACTO EN CHILE

La posición geográfica de Chile y las características físico-naturales de su territorio, hacen que los eventos naturales extremos sean parte de su historia como país. Considerando la magnitud e impacto, así como su frecuencia, los terremotos son los más importantes en términos de víctimas y pérdidas



económicas. En segundo lugar, las sequías intensas y las concentraciones de precipitaciones que desencadenan inundaciones y deslizamientos de tierra.

**Tipos de desastre y número de víctimas. Periodo 1900-2009.**

Tipo de desastre	Nº de víctimas	%
Terremotos y tsunamis	54.373,00	97,03
Inundaciones	1.040,00	1,86
Tormentas	267,00	0,48
Deslizamientos	229,00	0,41
Volcanes	110,00	0,20
incendios forestales	10,00	0,02
temperaturas extremas	8,00	0,01
Sequias	-	0,00
TOTAL	56.037,00	100,00

Fuente: EM-DAT, 2010

Se debe destacar que independientemente de que Chile este expuesto a un conjunto de amenazas naturales, por una parte, el número de víctimas ha disminuido sustancialmente en el tiempo. Actualmente, los impactos se concentran principalmente en el daño, cuyo costos económicos han ido en aumento. Esta situación podría interpretarse como una mejora de las condiciones de preparación y manejo de emergencias. Sin embargo, los niveles de exposición de la población siguen siendo elevados. Particularmente, el terremoto y el tsunami de 2010 dejaron en evidencia este hecho

**Principales desastres naturales en Chile para el periodo 1900-2010 ordenados por el daño económico.**

Nº	Desastre	Fecha	Daño en miles de dólares (US\$)
1	Terremoto y tsunami	27/02/2010	30.000.000
2	Terremoto	03/03/1985	1.500.000
3	Terremoto	24/01/1939	920.000
4	terremoto y tsunami	22/05/1960	550.000
5	Terremoto	06/05/1953	500.000
6	Incendio forestal	02/01/1999	280.000
7	Terremoto	08/07/1971	236.400
8	Terremoto	28/03/1965	235.000
9	Sequia	ene-91	200.000
10	Inundación	24/05/2002	200.000

Fuente: EM\_DAT. 2010

**Principales desastres naturales en Chile para el periodo 1900-2010 ordenados por daño económico**

Nº	Desastre	Fecha	Nº afectados
1	Terremoto y tsunami	27/02/2010	2.671.556
2	Terremoto	08/07/1971	2.348.973
3	terremoto y tsunami	22/05/1960	2.003.000
4	Terremoto	03/03/1985	979.792
5	Inundación	jul-65	375.000
6	Tormenta	jul-84	242.345
7	Inundacion	24/05/2002	221.842
8	Inundacion	12/06/2000	139.667
9	Sequia	ago-68	120.000
10	Inundación	17/07/1987	116.364

Fuente: EM\_DAT. 2010

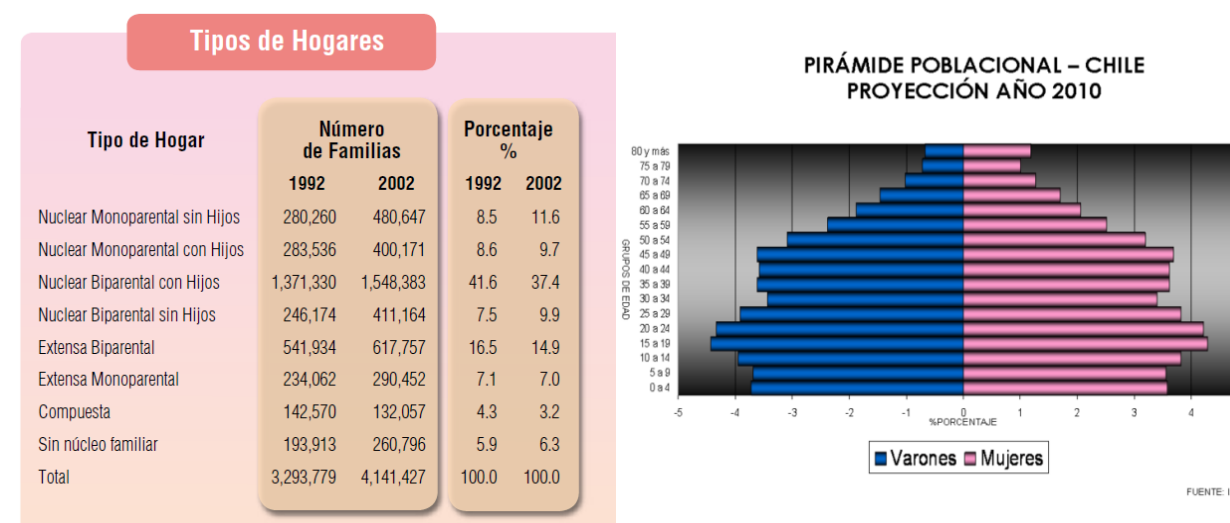
**8.3.2. ANALISIS DE LA DEMANADA VIVIENDA**

**POBLACION**

En 2012, Chile tiene una población estimada de 17 402 630 habitantes de los cuales el 86.6% se concentra en las ciudades, mientras que el 13.4% es rural.

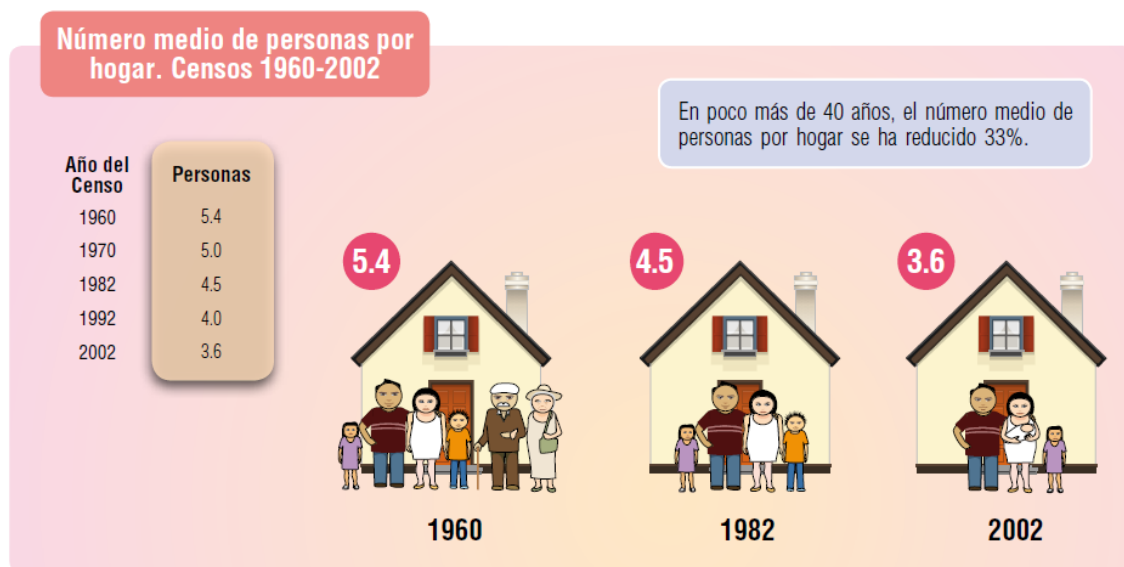
En términos de composición, la población joven e infantil de 0 a 19 años equivale a 34,2 % mientras que la población adulta (20-64 años) y anciana (mayor de 65 años) alcanza el 57.7% y 8% respectivamente.

Por lo que se refiere a la familia, el estudio realizado en 2010 refleja un número medio de personas por hogar de 3.6, siendo la tipología de familia mayoritaria Nuclear Biparental con hijos. En 52,3% de las familias chilenas se caracteriza porque en ellas cohabitan padre, madre e hijos/as.





### Evolución del número de personas por vivienda en 40 años.



Fuente: Censos 1960-2002.

### URBANISMO

Una característica demográfica de Chile es la alta concentración urbana de su población. De acuerdo al último censo, 13.090.113 chilenos, equivalentes al 86,59% del total nacional, vive en zonas urbanas. Las regiones con mayor tasa de urbanización corresponden a las zonas extremas (97,68% en la región de Antofagasta, 94,06% en la de Tarapacá y 92,6% en la de Magallanes y Antártica Chilena) y a las zonas más industrializadas del centro (96,93% en la Región Metropolitana y 91,56% en la de Valparaíso). En tanto, 2 026 322 personas, equivalentes al 13,41% de la población total, vivían en zonas rurales dedicadas principalmente a la agricultura y la ganadería, concentrándose en las regiones del centro-sur del país, especialmente en las regiones del Maule (33,59%), de La Araucanía (32,33%) y de Los Lagos (31,56%)

Principales áreas metropolitanas de Chile ( Censo de 2002)				
Denominación	Región	Habitantes	Superficie	Densidad
Gran Santiago	Metropolitata de Santiago	5428590	867,75 km2	6255,9
Gran Paraiso	Valparaiso	803683	229,98 km2	3494,6
Gran Concepcion	Biobío	666381	221,15 km2	3013,3
Gran La Serena	Coquimbo	296253	107,54 km2	2758,2
Antofagasta	Antofagasta	285255	43,54 km2	6551,6

### VIVIENDA

La vivienda unifamiliar es la más habitual de la población chilena con un 87, 9%, según el Censo de 2002. Durante más 50 años, la casa ha mantenido su hegemonía como estructura física para vivir, frente a los grandes bloques de viviendas en altura.

En cuanto al equipamiento de las mismas, más del 50% de las viviendas cuentan con cuenta con frigorífico, lavadora, microondas y/o equipo de alta fidelidad y televisor a color.

### Chile: número de hogares que viven en casa o departamento. censos 1952-2002

Censo	Casa	Departamento
1952	763.616 <sup>1</sup>	
1960	976.044 <sup>2</sup>	
1970	1.489.423	116.748
1982	1.999.603	215.236
1992	2.486.169	254.583
2002	3.441.856	474.199

Censo 2002		
<b>Total de Hogares Particulares</b>	<b>4,141,427</b>	100.0
Televisión Blanco y Negro	617,537	14.91
Televisor a Color	3,604,596	87.04
Videograbador, Pasapeliculas	1,477,876	35.69
Mini-componente y/o Equipo de Alta Fidelidad	2,748,437	66.36
Lavadora	3,262,005	78.77
Secadora o Centrifuga	1,715,077	41.41
Refrigerador	3,401,577	82.14
Congelador	355,924	8.59
Horno Microonda	1,240,842	29.96
Lava-vajilla	134,726	3.25
Computador	851,053	20.55





## 8.4. UBICACIÓN DE LA VIVIENDAS

El 27 de febrero de 2010 un gran terremoto asoló el país. Una de las localidades más afectadas por el terremoto y el posterior tsunami fue la localidad de Dichato en la Región de Biobío en la que actualmente viven 450 familias en un campamento provisional esperando las viviendas prometidas por el gobierno.

### 8.4.1. ESTUDIO DE LA ZONA

La Región de Biobío es la segunda zona con mayor población alcanzando casi dos millones de habitantes y una densidad de 50 hab/km<sup>2</sup>. La población se concentra esencialmente en la ciudad de Concepción y en los centros urbanos litorales de como Dichato.

Dichato es un pueblo costero de 3.057 habitantes, (Censo 2002) perteneciente a la comuna de Tomé, ubicado a 37 kilómetros al norte de la ciudad de Concepción. Su geografía es una bahía muy cerrada, con aguas tranquilas pero muy frías. Su economía se basa en el turismo en la época estival y en la pesca el resto del año.



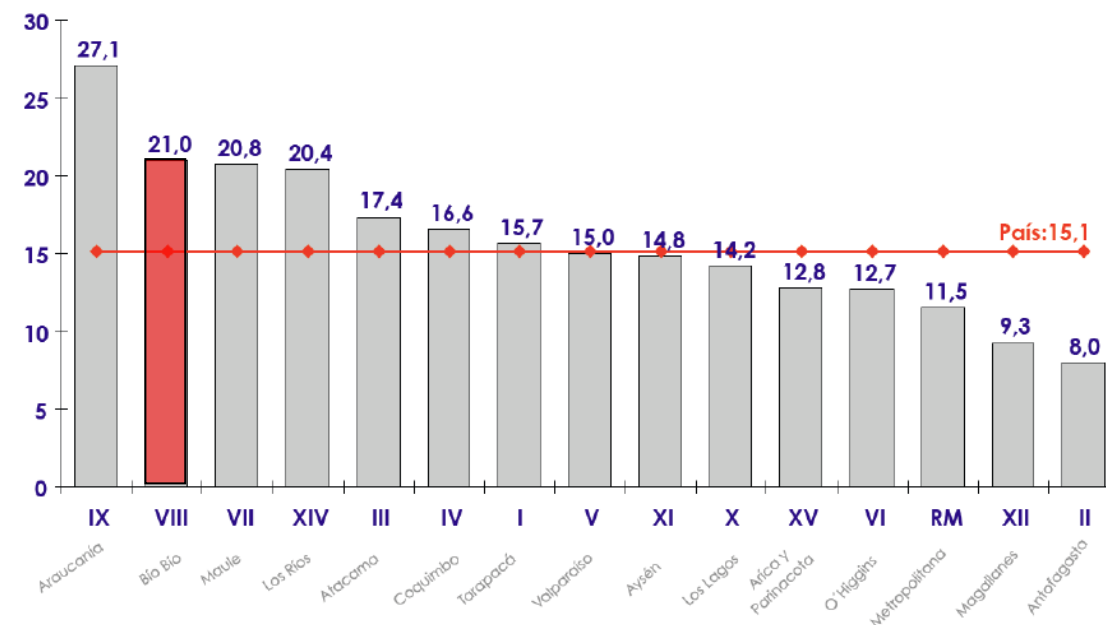
## AMENAZA NATURALES

La región de Biobío se caracteriza por el registro de grandes terremotos y tsunamis como los ocurridos en 1570, 1657, 1751, 1835 y 2010.

También destaca el impacto que producen los sistemas frontales con intensas y concentradas precipitaciones en la época invernal, que se traducen en inundaciones, la generación de deslizamientos focalizados y marejadas en las costas.

## VULNERABILIDAD

Una manera de representar la fragilidad de la población frente a las amenazas naturales es mediante los niveles de pobreza. En Chile la última Encuesta de Caracterización Socioeconómica (CASEN) del año 2009 refleja que la pobreza alcanza el 15.1% respecto de la población nacional, entendida como el total de la población en condición de pobreza e indigencia.



Fuente: MIDEPLAN, 2010.

En el gráfico se muestra, que la Región de Biobío ocupa el segundo lugar con una población pobre del 21%. Esta situación se debe a la crisis de la minería del carbón en la zona y los altos niveles de desempleo. Cabe destacar que este estudio se realizó antes del desastre de 2010 por lo que es muy probable que la cifra hayan aumentado considerablemente.



### 8.5. CONDICIONANTES DE PARTIDA Y REQUISITOS BASICOS

Por lo tanto, y aplicando la información del estudio de la vivienda chilena anterior y el estudio de la zona en la que se ubicara la vivienda tipo propuesta, se obtienen las siguientes premisas.

- ✓ Vivienda unifamiliar
- ✓ Capacidad para familia tipo. 4 personas (padre, madre, y dos hijos)
- ✓ Bajo coste
- ✓ Materiales nuevos de construcción rápida
- ✓ Sismorresistente

### 8.5.1. ESTUDIO SISTEMA SISMORRESISTENTE A UTILIZAR

Tras el estudio los sistemas sismorresistentes más utilizados, no todos ellos eran aplicables al proyecto que se desarrollaba, por lo que se realizó un análisis de algunas características que se consideraban importantes de todos ellos, de forma que se pudieran descartar a priori los menos adecuados para un proyecto de vivienda unifamiliar de una altura así como la compatibilidad del uso conjunto de ellos.

Se requería que el sistema escogido no necesitara una fuente de alimentación eléctrica externa, ya que es habitual que durante un terremoto haya cortes de electricidad, que inhabilitaran el sistema o redujeran sus prestaciones. Así mismo, se requería que fuera viable su aplicación en una vivienda de 1 altura y que su mantenimiento fuera reducido.

De esta forma se obtuvo la primera selección de sistemas aplicables al proyecto en función de estas características.

			REQUIERE MANTENIMIENTO	REQUIERE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	ALTURA HABITUAL DE LA CONSTRUCCIÓN	SISTEMAS APLICABLES ESTRUCTURA/ CIMENTACIÓN	APLICABLE
<b>Sistemas convencionales</b>							
Sistemas basado en muros	Muros de carga	Muros armados	No	No	Baja-media ( hasta 4 plantas)	Estructura	✓
		Muros confinados	No	No	Baja-media ( hasta 4 plantas)	Estructura	✓
	Muros de cortante	Muros de cortante	No	No	Media	Estructura	
		Sistema estructural dual	No	No	Media	Estructura	
Sistemas basados en la ductilidad de los porticos		Pórticos arriostrados	No	No	Media-alta	Estructura	✓
		Pórticos ductiles especiales	No	No	Media-alta	Estructura	✓
Sistemas espaciales		Placas reticulares mixtas	No	No		Estructura	
Sistemas cimentacion		Atado de la cimentación	No	No		Cimentación	✓
<b>Sistemas avanzados</b>							
Control pasivo	Aisladores sismicos	Apoyos elastoméricos	Si	No	Baja-media	Cimentación	✓
		Aisladores friccionales deslizantes	Si	No	Baja-media	Cimentación	✓
		Aisladores tipo pendulo de fricción	Si	No	Baja-media	Cimentación	✓
	Disipadores de energía	Disipadores por plastificación de metales.	Si	No	Media-alta	Estructura	
		Riostras de pandeo restringido	Si	No	Media-alta	Estructura	
		Amortiguadores de fricción	Si	No	Media-alta	Estructura	
		Disipadores viscoelásticos	Si	Según tipología	Alta	Estructura	✓
		Disipadores de fluidos	Si	Según tipología	Alta	Estructura	✓
	Efecto de masa adicional	Amortiguadores de masa sintonizada (AMS)	Si	No	Media-alta	Estructura	
		Amortiguadores de líquido sintonizados (ALS)	Si	No	Alta	Estructura	
Control semiactivo	Control de amortiguamiento	Sistemas de amortiguamiento variable	Si	Si	Alta	Estructura	
	Control de rigidez	Sistemas de rigidez variable	Si	Si	Alta	Estructura	
Control activo e híbrido	Sistemas de control activo		Si	Si	Alta	Estructura	
	Sistemas de control híbrido		Si	Si	Baja-media-alta	cimentación-estructura	✓



## ZONIFICACIÓN SÍSMICA

Para aplicar adecuados criterios sismoresistentes, hay que conocer la sismicidad del territorio. El conocimiento de la sismicidad es posible gracias a la gran cantidad de estudios de microzonificación y documentos sobre el impacto de los terremotos en el pasado en diversas áreas geográficas.

A través de los estudios de micronificación sísmica se ha desarrollado mapas con la clasificación sísmica de Chile, con el objetivo de identificar las zonas con alto riesgo de terremotos, además de contribuir en la planificación de emergencia y en la reconstrucción

Según la norma chilena Diseño sísmico de edificios (NCh 433 Of 96), se distinguen tres zonas sísmicas en el territorio nacional. En la figura se muestra la zonificación sísmica para todo el territorio chileno.



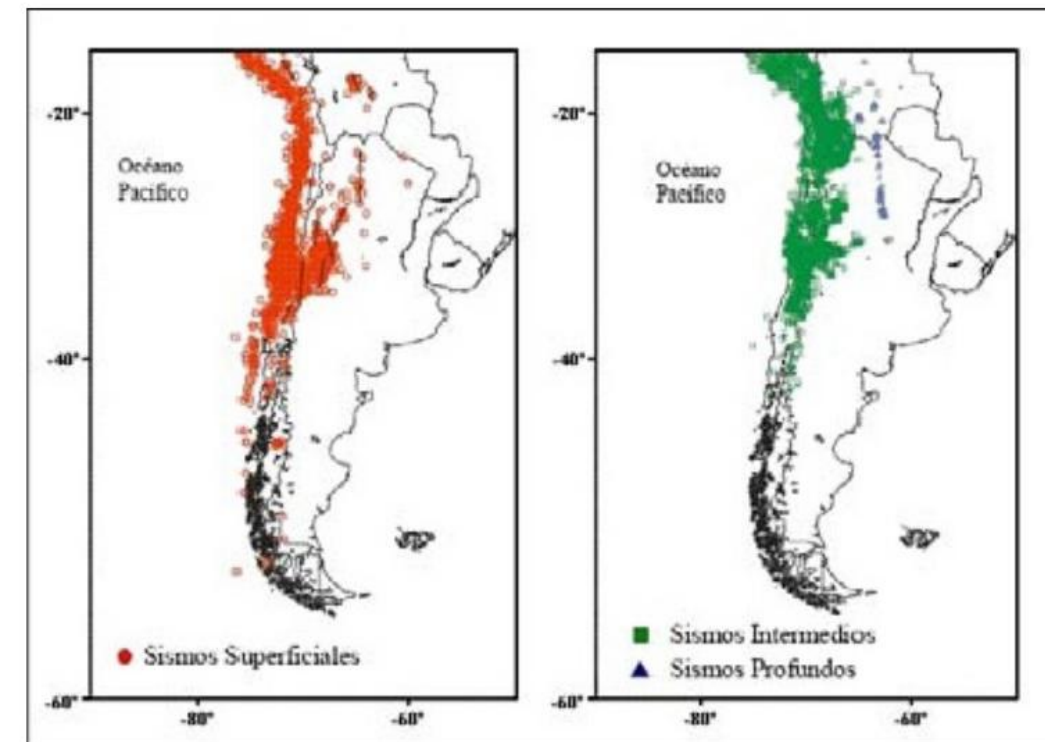
Fuente: Norma Chilena de diseño sísmico de edificios, NCh433, 1996.

Tal como se muestra, la Norma Chile de diseño sísmico de edificios 1996, cataloga la zona donde se ubica **Dichato como categoría 3 que atribuye la máxima aceleración efectiva (0.4g)**

## DISTRIBUCIÓN DE LA SISMICIDAD

La distribución de los terremotos en Chile, de acuerdo a su profundidad, es similar a la distribución mostrada en todo el borde occidental del continente, y como en zonas de subducción. Los terremotos son superficiales en la zona costera aumentando su profundidad hacia el interior del continente.

La figura muestra la distribución de los terremotos en el período 1980-2001



La localidad de Dichato es una localidad costera, por tanto, a partir de la figura anterior, se dedujo que las viviendas proyectadas deberán disponer de un sistema sismorresistente capaz de resistir movimientos sísmicos superficiales.

Estos datos fueron remitidos a la empresa THK, empresa japonesa de diseño y construcción de sistemas antivibratorios para edificios y maquinaria pesada.

**THK**  
The Mark of Linear Motion

[www.thk.com](http://www.thk.com)



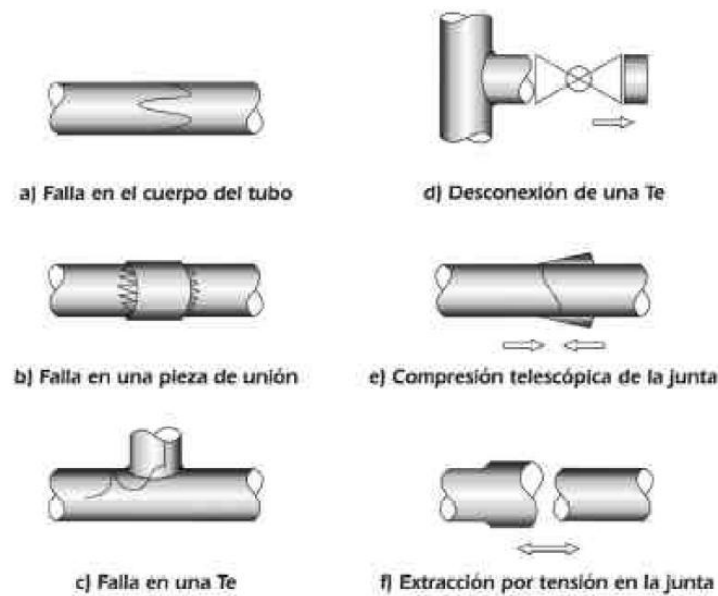
### 8.5.2. ESTUDIO INSTALACIONES SISMORRESISTENTES

Durante un sismo, los movimientos de la tierra se transmiten a las instalaciones de las edificaciones produciendo, en muchas ocasiones, la rotura de las mismas debido a la propagación de las ondas sísmicas y la deformación del suelo son las principales causas de este efecto. Por tanto, el estudio de las diferentes roturas de las tuberías, así como su material es primordial para escoger la más adecuada al proyecto que se propone.

Debido al paso de la onda sísmica, como resultado del movimiento diferencial a lo largo del eje longitudinal de la tubería si la tubería no es capaz de absorber ese esfuerzo, las tuberías se rompen. Si además estas tuberías están afectadas por la corrosión, como es habitual en algunas tuberías de hierro, el efecto se incrementa considerablemente.

Las tuberías enterradas, además, durante el sismo se mueven con el suelo durante la licuefacción o el flujo lateral, el asentamiento diferencial, el agrietamiento y el deslizamiento. Las tuberías se doblan, se someten a esfuerzos de cortante, a tracción y a compresión. Las tuberías parcialmente vacías (principalmente alcantarillados de gravedad) pueden flotar debido a la licuefacción si la profundidad a la que se encuentra enterrada la tubería está dentro de la capa licuada.

Estos tipos de rotura en las tuberías son los siguientes:



Para mitigar estos efectos, los fabricantes indican que la elección adecuada del material de la tubería así como la elección del sistema de unión entre los distintos elementos, es vital para obtener un buen resultado futuro.

A continuación se muestra una síntesis de los materiales más usados en las tuberías de agua, sus uniones y su vulnerabilidad frente a la deformación del suelo.

TIPO DE MATERIAL Y DIÁMETRO	TIPO DE UNIÓN	RES. PROPAGACIÓN ONDAS SÍSMICAS	RES. DEFORMACIÓN PERMANENTE DEL SUELO		RUPTURA POR FALLAS	CORROSION	VALORACION
			Res. unión	Res. Longitud tubería			
<b>VULNERABILIDAD BAJA</b>							
Acero	Soldada con arco voltaico, fija	SI	SI	SI	SI	-	Resiste el movimiento del terreno y producirá daño mínimo
	Campana y espiga con empaque de caucho	-	SI (40-20 mm)			-	Resiste el movimiento en uniones, fácil separación
Poliétileno	Fundida	SI	SI (dúctil)	SI	SI		Resiste el movimiento del terreno y producirá daño mínimo
Hierro dúctil	Campana y espiga con empaque de caucho, fija	-	SI (dúctil)	SI	SI	Al astillarse el revestimiento	Resiste el movimiento en uniones, fácil separación
<b>VULNERABILIDAD BAJA-MEDIA</b>							
Cilindro de hormigón	Campana y espiga, fija	-	SI (40 -20 mm)	-	-		
Hierro dúctil	Campana y espiga con empaque de caucho, suelta	-	SI (40-20 mm)	SI	SI	Al astillarse el revestimiento	Resiste el movimiento en uniones, fácil separación
Policloruro de vinilo	Campana y espiga, fija	-	SI (40-20 mm)	SI (ductilidad moderada)	-		
<b>VULNERABILIDAD MEDIA</b>							
Asbesto-cemento $\phi < 8''$ (203 MM)	Acoplada	-	Fácil separación	-	-	NO	Ductilidad mínima
Hierro fundido $\phi < 8''$ (203 MM)	Campana y espiga con empaque de caucho	-	SI (40 mm)	-	-	SI	Ductilidad mínima
Policloruro de vinilo	Campana y espiga, suelta	-	SI (40-20 mm)	SI (ductilidad moderada)	-	NO	Fácil separación
Acero	Campana y espiga con empaque de caucho, suelta	-	SI (40-20 mm)	SI	-	-	Resiste el movimiento en uniones, fácil separación
<b>VULNERABILIDAD MEDIA-ALTA</b>							
Asbesto-cemento $\phi < 8''$ (203 MM)	Acoplada	-	-	-	-	NO	Ductilidad mínima. Fácil separación
Hierro fundido $\phi < 8''$ (203 MM)	Acoplada	-	-	-	-	SI	Ductilidad mínima. Fácil separación
Cilindro de hormigón	Campana y espiga con empaque de caucho	-	SI (40 mm)	-	-	NO	Resiste el movimiento en uniones, fácil separación
Acero	Campana y espiga, suelta, soldada con gas	-	SI (40-20 mm)	SI	-	-	Fácil separación
<b>VULNERABILIDAD ALTA</b>							
Hierro fundido	Campana y espiga, galvanizada o de mortero	-	-	-	-	SI	No dúctil. Peligro de corrosión



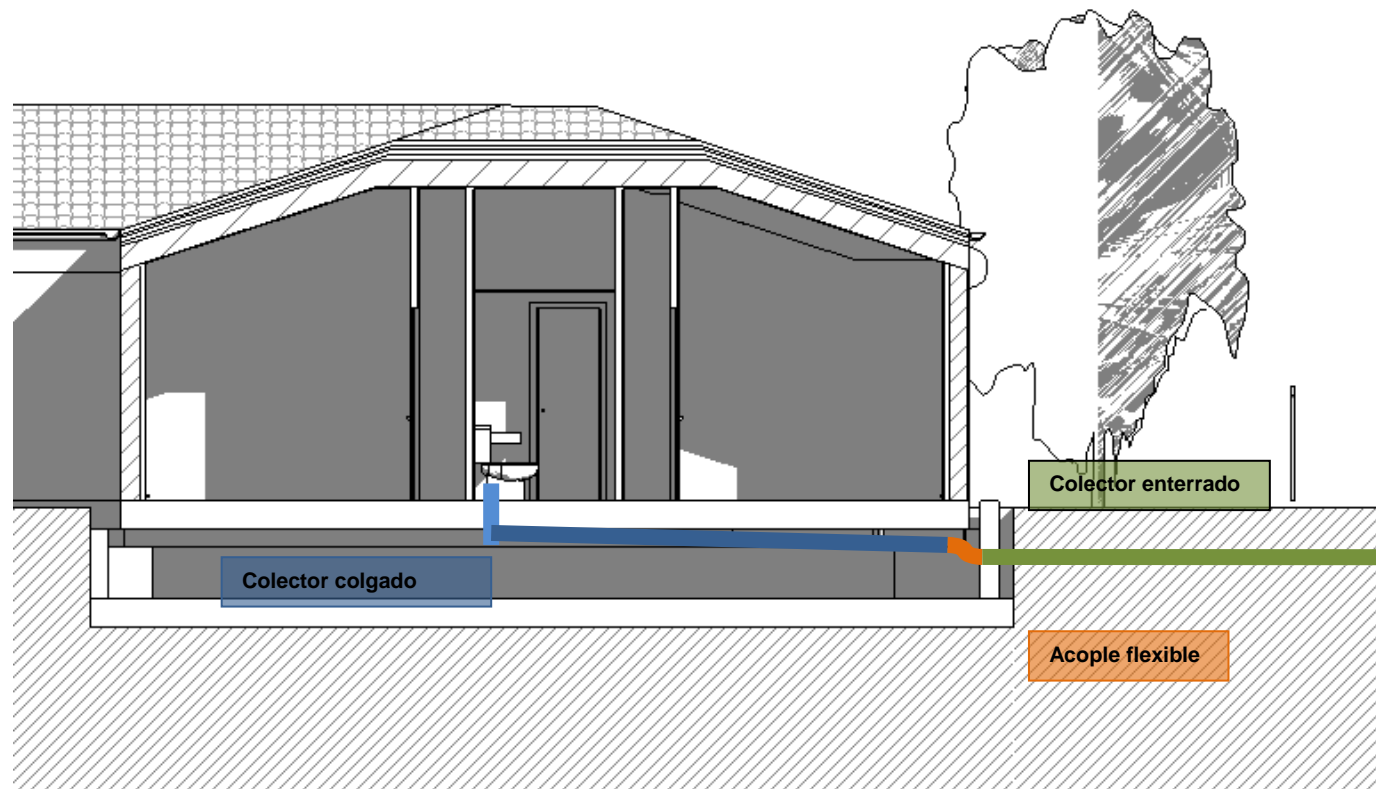
### 8.5.3. SELECCIÓN MATERIAL PARA LA CONDUCCION DE FLUIDOS

Dado que el sistema sísmorresistente elegido consigue el aislamiento completo de la vivienda, separando físicamente la vivienda del terreno, es necesario hacer un estudio de la unión de las instalaciones entre las dos partes.

De esta forma se puede entender una división de la instalación de saneamiento y fontanería en dos: la del interior de la vivienda y la parte enterrada externa. Esta última, deberá tener unas características especiales de resistencia frente al sismo, ya que será la que absorba los movimientos del terreno.

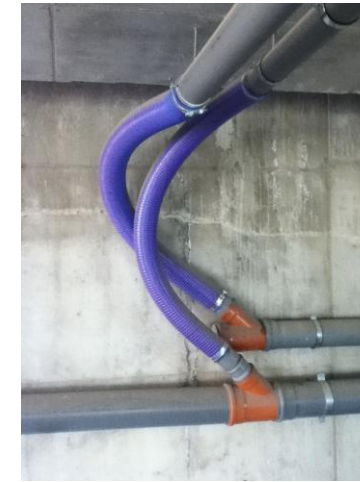
		Interior vivienda	Enterrada
Instalación	Fontanería	Tuberías de polipropileno para las redes de agua fría y caliente	Tubería de polietileno con unión fundida
	Saneamiento	Tuberías de PVC	Tubería de polietileno con unión fundida

Durante el sismo, el terreno vibrará a frecuencias, direcciones y amplitudes diferentes a las del edificio, pudiendo romper la tubería; Esta situación, hace que sea necesario el uso de un elemento flexible entre las dos partes para evitar rupturas de esta naturaleza.



Para la instalación de saneamiento se utilizara un manguito elastico antivibraciones diseñado tanto para la absorción como para la recuperación de deformaciones en las líneas de conducción de fluidos , como el de la imagen.

Estos elementos están fabricados con P.V.C flexible con espiral de refuerzo en P.V.C rígido. Además es resistente a la abrasión, agentes atmosféricos y a gran parte de productos químicos. Interior liso, resistencia a temperaturas  $-10^{\circ}$  +  $60^{\circ}$ C.



Por otro lado, la red de fontanería, al requerir un menos diámetro de tubería, por lo que se utilizarán una tubería flexible de PVC plastificado con malla de poliester reforzado con hilos cruzados de poliester.

Se preveerá la instación de una llave de paso antes de esta tubería, para su mantenimiento, tal y como muestra el esquema adjunto.



Para la instalacion eléctrica, al estar compuesta por elementos flexibles, no requieren un especial cuidado en su diseño.

Unicamente se preveerá la disposicion con holgura en los cambios entre la plataforma movil sobre la que se encuentra la casa y el terreno, tal y como se muestra en la imagen siguiente.





## 8.6. PROPUESTA DE VIVIENDA PERMANENTE

### DESCRIPCIÓN

La edificación planteada es una vivienda unifamiliar adosada, de una única planta destinada para el uso de una familia media, como solución de reubicación, tras un caso de emergencia natural y de desplazamiento forzado.

De acuerdo con el estudio de la vivienda chilena y los condicionantes de partida, la vivienda cuenta con zonas de estar-comedor, cocina, 3 dormitorios y dos cuartos de baño.

Dado que en la vivienda tipo la parcela tiene un único lado que comunica con la calle, el acceso peatonal se situará en dicho lado. En esa zona se sitúa un espacio de recreo, cubierto pero no cerrado.

Las obras proyectadas incluyen la urbanización del frente de la parcela y la conexión con las redes existentes.

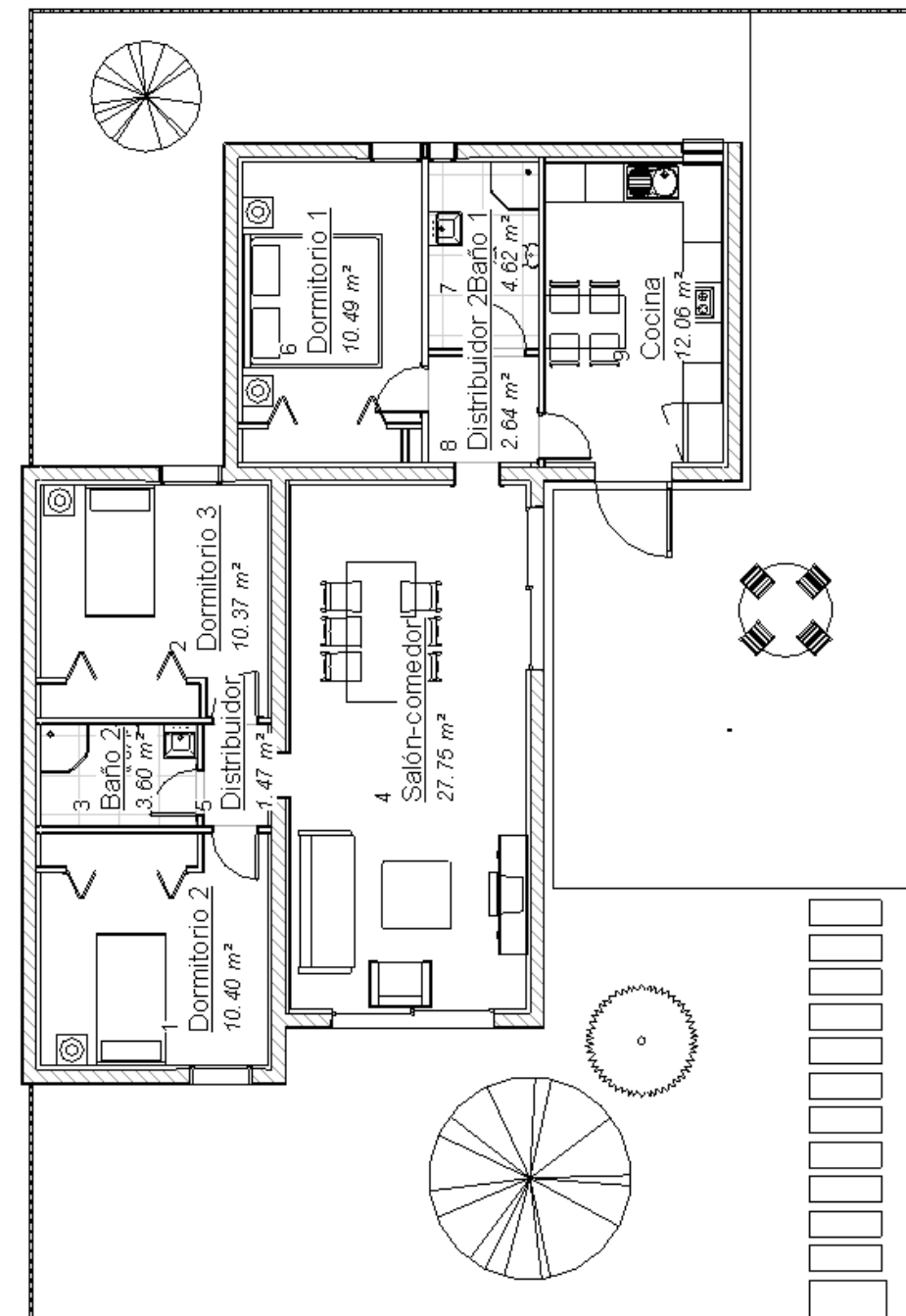
Para la instalación de los sistemas de resistencia sísmicos, se proyecta un forjado sanitario a 1.00 metro de profundidad bajo la cota de rasante, de forma que el forjado de la vivienda tenga una altura sobre rasante que permita la entrada sin escalones.

Los servicios urbanísticos con los que cuenta la parcela son:

- Abastecimiento de agua potable.
- Evacuación de aguas residuales a la red municipal de saneamiento.
- Suministro de energía eléctrica
- Suministro de telefonía.

### CUADRO DE SUPERFICIES

Planta Baja	Salón-comedor	Cocina	Dormitorio ppal	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Baño 1	Baño 2	Distribuidor 1	Distribuidor 2	Sup. Útil	Sup. Construida
m <sup>2</sup>	27,75	12,06	10,49	10,40	10,40	4,62	3,60	1,47	2,64	83,43	107,9
Superficie total construida											107,9
Superficie construida no computable (Porche)											50
Superficie de zona verde											109,85
Superficie total de la parcela											267,75
% Ocupación											40,30%





### SISTEMA ESTRUCTURAL

Los aspectos básicos que se tuvieron en cuenta a la hora de adoptar el sistema estructural para la edificación que nos ocupa son principalmente la resistencia mecánica y estabilidad, la seguridad, la durabilidad, la economía, la facilidad constructiva y las posibilidades de mercado.

### CIMENTACIÓN

A la espera de la realización del correspondiente estudio geotécnico, se estiman los datos aproximados del terreno para el diseño previo de la cimentación. Las contenciones se podrán resolver con muros de contención y de sótano convencionales.

Se estima que se podrá resolver la cimentación del edificio con una cimentación superficial a base de losa de 0.50 metros de profundidad. No hay indicios de nivel freático a la profundidad estimada de cimentación.

Sobre la losa se creará una pendiente hasta un punto para canalizar las aguas que hayan podido discurrir hasta el vaso, y se bombearán hasta la tubería de saneamiento.

El informe geotécnico determinará si la solución prevista para la cimentación, así como sus dimensiones y su armado, son adecuados al terreno existente.

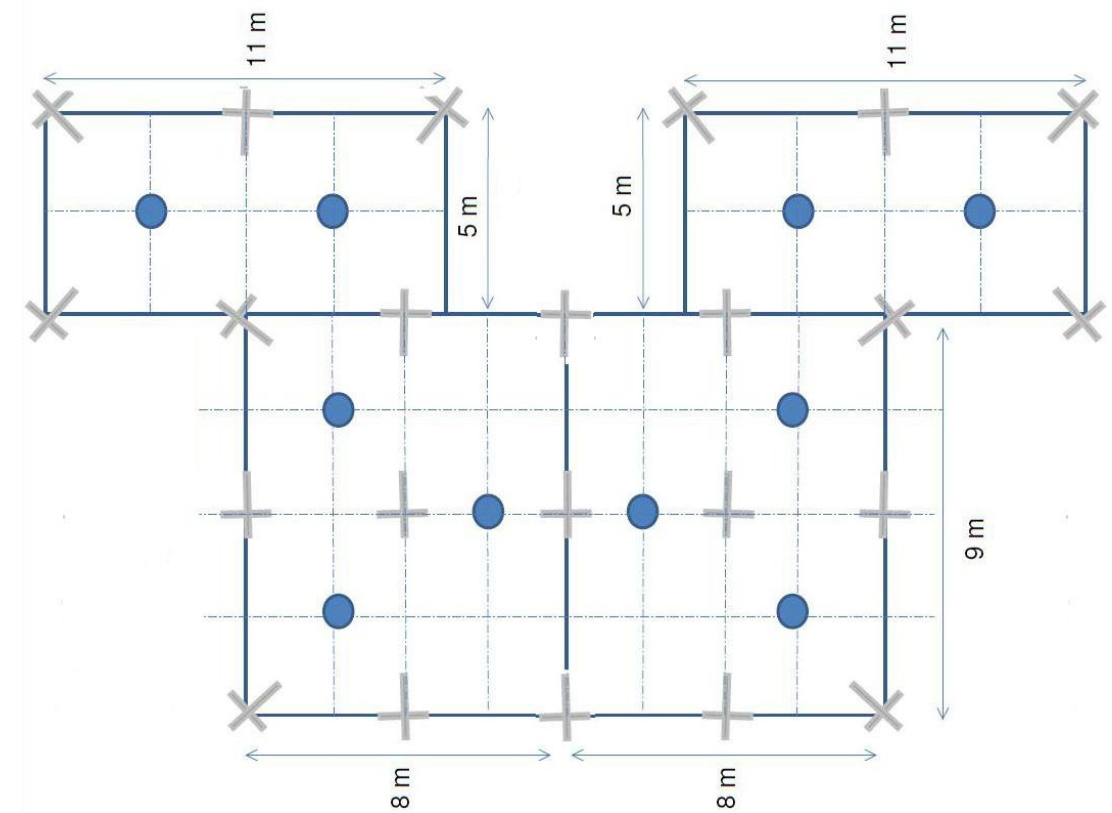
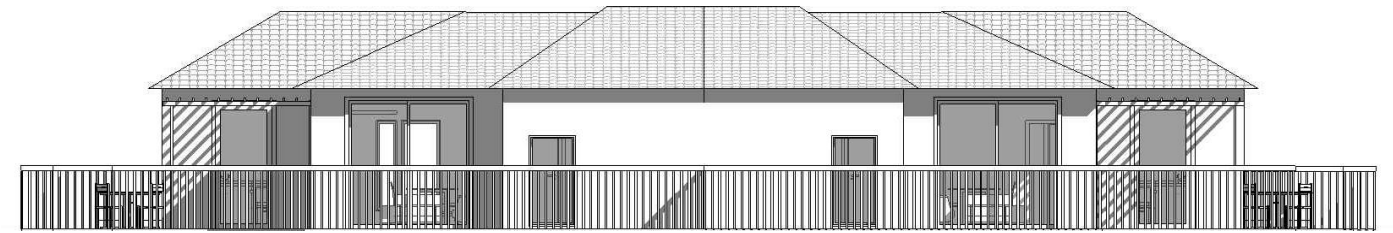
### SISTEMA SISMORRESISTENTE

El sistema sismorresistente facilitado por la empresa THK consiste en la ejecución de una plataforma aislada que servirá de base para la construcción.

El sistema de aislamiento de base estará compuesto por aisladores elastoméricos HDR-200 de 200 mm de diámetro, junto con aisladores friccionales patentados por THK modelo CLB021-400 ( ver anexo)

**La guía lineal CLB,** es un sistema de aislamiento sísmico que tiene la capacidad de resistir pesadas cargas sostenidas con una fuerza de rozamiento extremadamente bajo. De esta forma, cuando ocurre un terremoto, las casas con bases aisladas pueden moverse libremente fuera de sus bases en cualquier dirección horizontal.

**Los aisladores elastomericos HDR,** son unos elementos que consiguen que la base regrese a su posición original cuando el terremoto termina. A tal efecto, están equipados con este sistema de recuperación, que incorpora de caucho laminado y otros materiales.



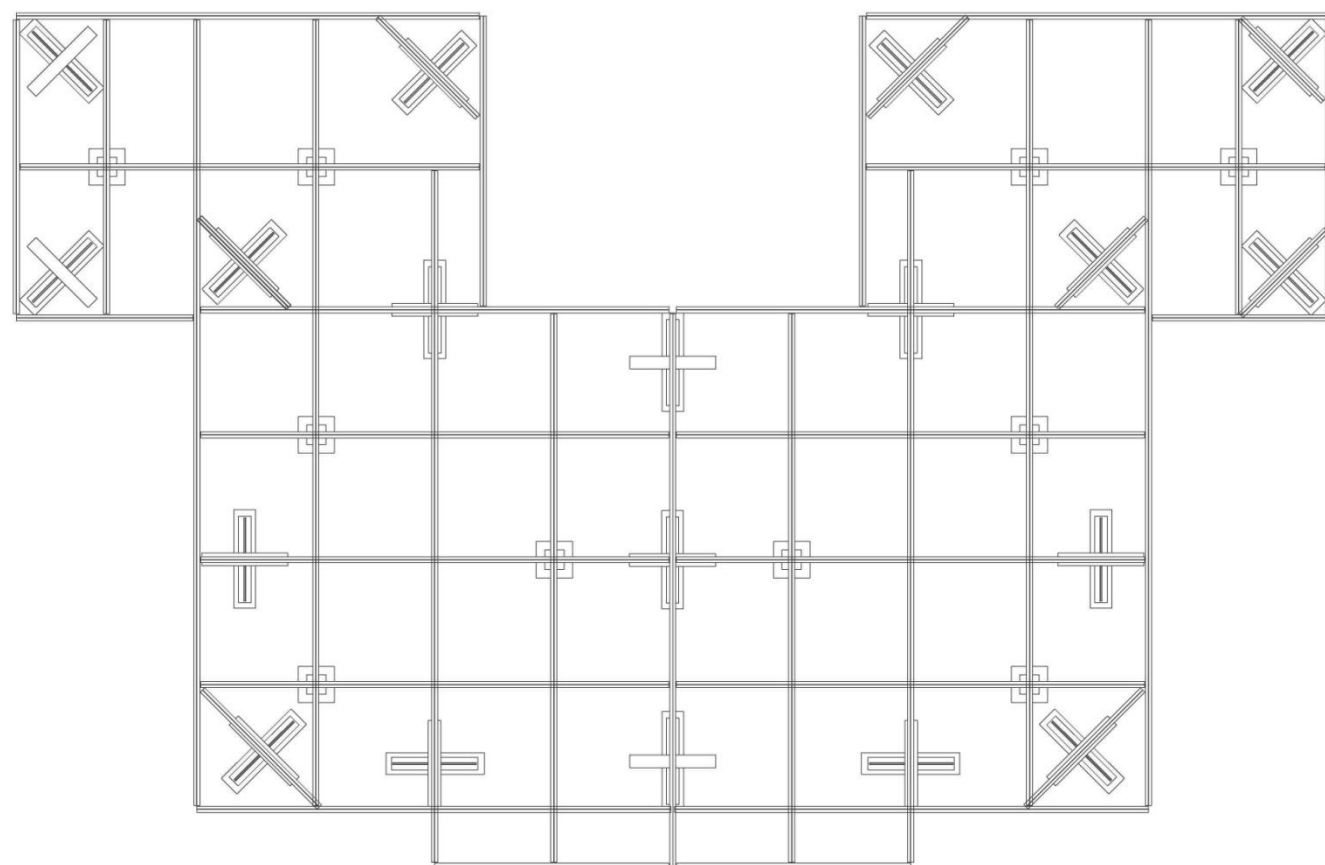
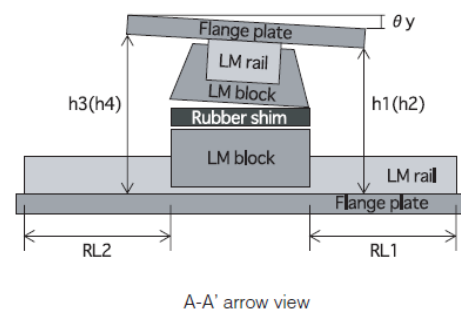
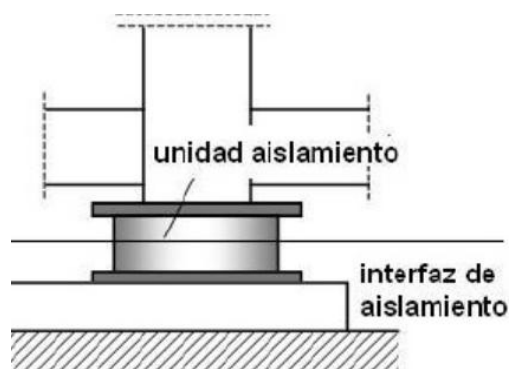
CLB021-400 – THK    ●    HDR-200 (200 mm diámetro) Elastomeric isolator





Estos elementos se ubicarán colocarán sobre una cimentación de hormigón armado para que la plataforma se encuentre a cota de rasante.

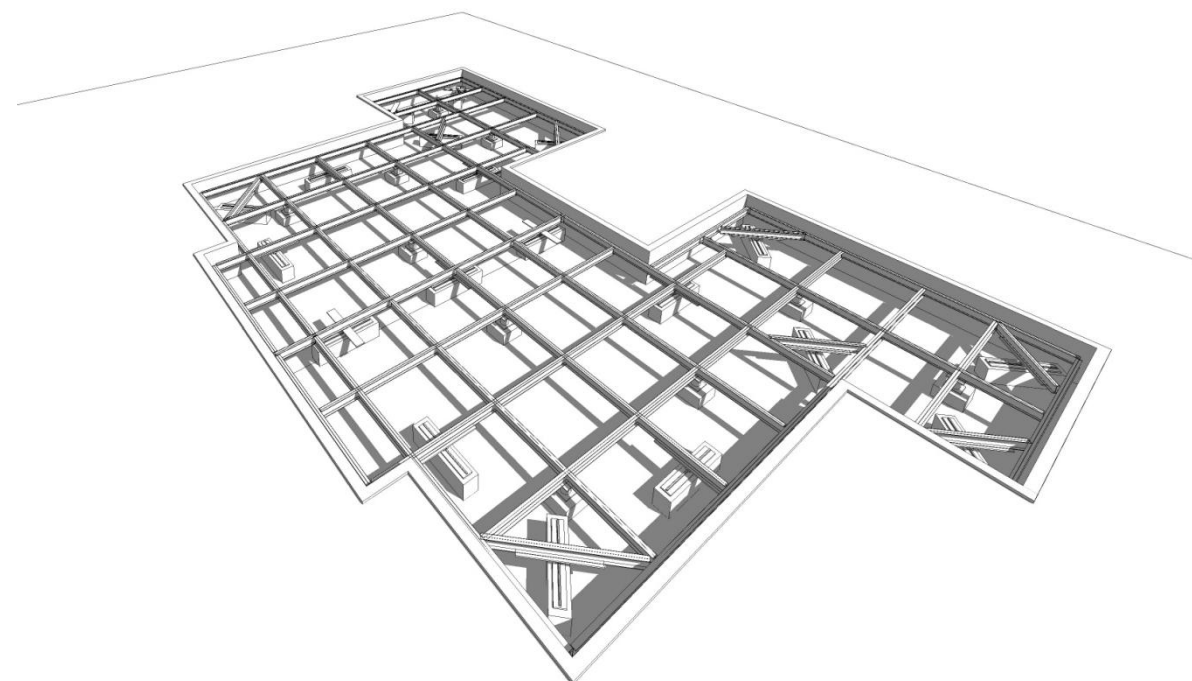
Sobre estos, se ejecutara una estructura metálica formados por vigas IPE-125 formando una retícula sobre la que construirá el forjado de la vivienda.



### PLACA SUPERIOR

La placa superior es el verdadero elemento que apoya el nuevo edificio de viviendas, Esta descansa directamente sobre aisladores sísmicos, que por su naturaleza deben permitir una determinada y controlada oscilación sobre lo que está por encima de ella durante los eventos sísmicos.

El forjado de la vivienda consistirá en forjado de losa mixta, de canto 15 cm, con chapa colaborante de acero galvanizado prelacado de 0,75 mm de espesor, 70 mm de canto y 210 mm de intereje fijada a la estructura metálica inferior mecánicamente. Se utilizara para su ejecución un hormigón HA-25/B/20/Ila vertido con cubilote con un volumen total estimado de hormigón de 0,062 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. el forjado se armará con acero B 500 S, con una cuantía total de 1 kg/m<sup>2</sup> y un mallazo ME 15x30, Ø 6 mm, acero B 500 T 6x2,20





## ESTRUCTURA PORTANTE

Debido a las dimensiones de las luces estructurales, la altura de la edificación y el valor de las cargas, se elige como sistema estructural el de muros resistentes sobre los que irá apoyada la cubierta inclinada.

Los muros resistentes son de bloque de hormigón prefabricado 40x20x20 cm, recibidos con mortero de cemento M-5 confeccionado en obra y con senos rellenos de hormigón armado con dos parrillas de redondos de diámetro 8 mm, dispuestos cada 50 cm, horizontalmente.

## CUBIERTA

La cubierta será inclinada a cuatro aguas, de forma que se adapte a la forma de la vivienda. La formación de pendientes se realizara con una estructura metálica ligera autoportante, sobre el espacio habitable, formada por perfiles de acero, conformados en frío y galvanizados, de secciones tipo omega C y omega U. Sobre esta estructura, se ejecutará la cubierta formada por una chapa ondulada de fibrocemento fijada al soporte sobre rastreles de madera dispuestos en el sentido normal al de la máxima pendiente clavados a la estructura resistente mediante tirafondos cada 50 cm.

Como material de acabado se dispondrá teja cerámica plana de 43x26 cm. roja con encajes frontal y lateral, recibidas con mortero bastardo de cemento y cal hidráulica sobre chapa ondulada de fibrocemento.

## SISTEMA ENVOLVENTE

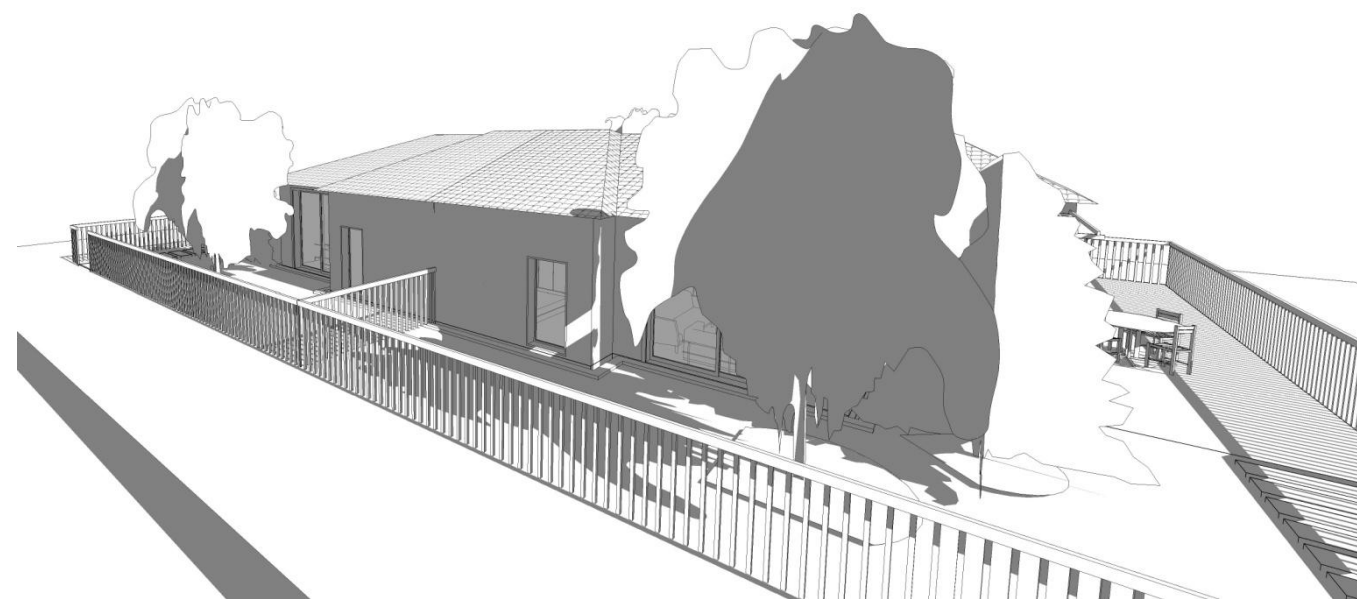
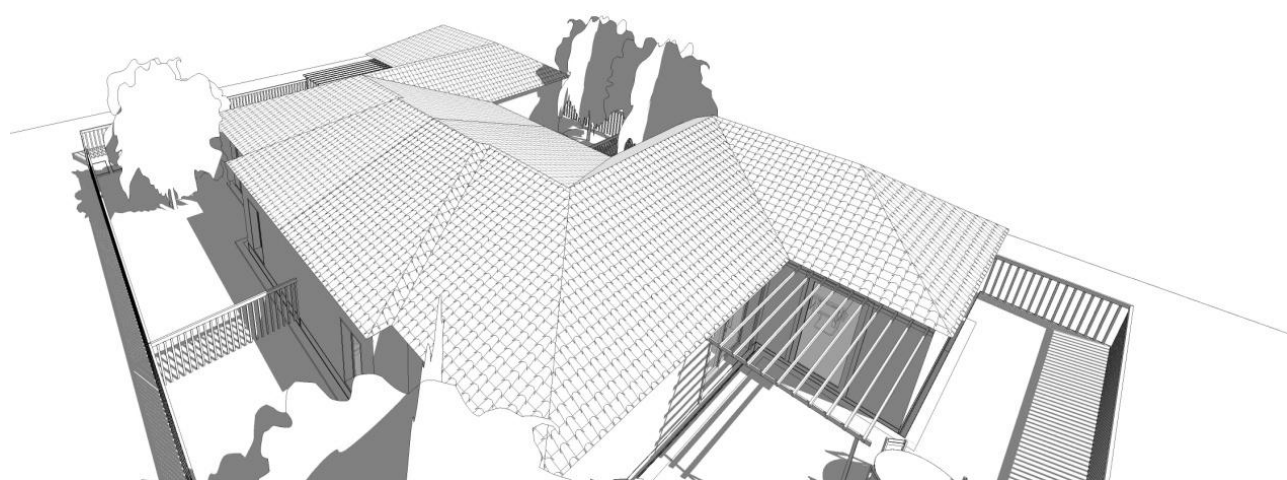
Los cerramientos del edificio se resuelven mediante fábrica de bloque de hormigón prefabricado de 40x20x20 asentada con mortero de cemento.

Como acabado se aplicara un revoco proyectado sobre paramentos verticales, con mortero de cemento blanco de dosificación 1:4 de 1 cm de espesor.

La carpintería exterior estará conformada realiza con perfiles de aluminio anodizado de 15 micras con sello de calidad Ewaa-Euras con canal europeo, junta de estanqueidad interior, acabada en color natural y recibida directamente en un hueco de obra mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50cm tomadas con morteros de cemento.

En los huecos exteriores, se dispondrá un acristalamiento realizado con doble vidrio aislante, compuesto por vidrio incoloro 4 mm., en el interior, cámara de aire deshidratado de 6 mm., sellada perimetralmente, y vidrio incoloro 4 mm. en el exterior, con doble sellado de butilo y polisulfuro.

Los vierteaguas serán de piedra artificial, pulida, con goterón, pendiente y tomada con mortero de cementos M-5 y rejuntados con lechada de cemento blanco.





## PARTICIONES Y TRASDOSADOS

La tabiquería interior y los trasdosado se ejecutarán con un nuevo sistema de tabiques llamado Thermicl-wall ( Ver ficha tecnica) compuesto por placas de poliestireno expandido machihembrados, colocadas uno junto a otros y sobre otros.

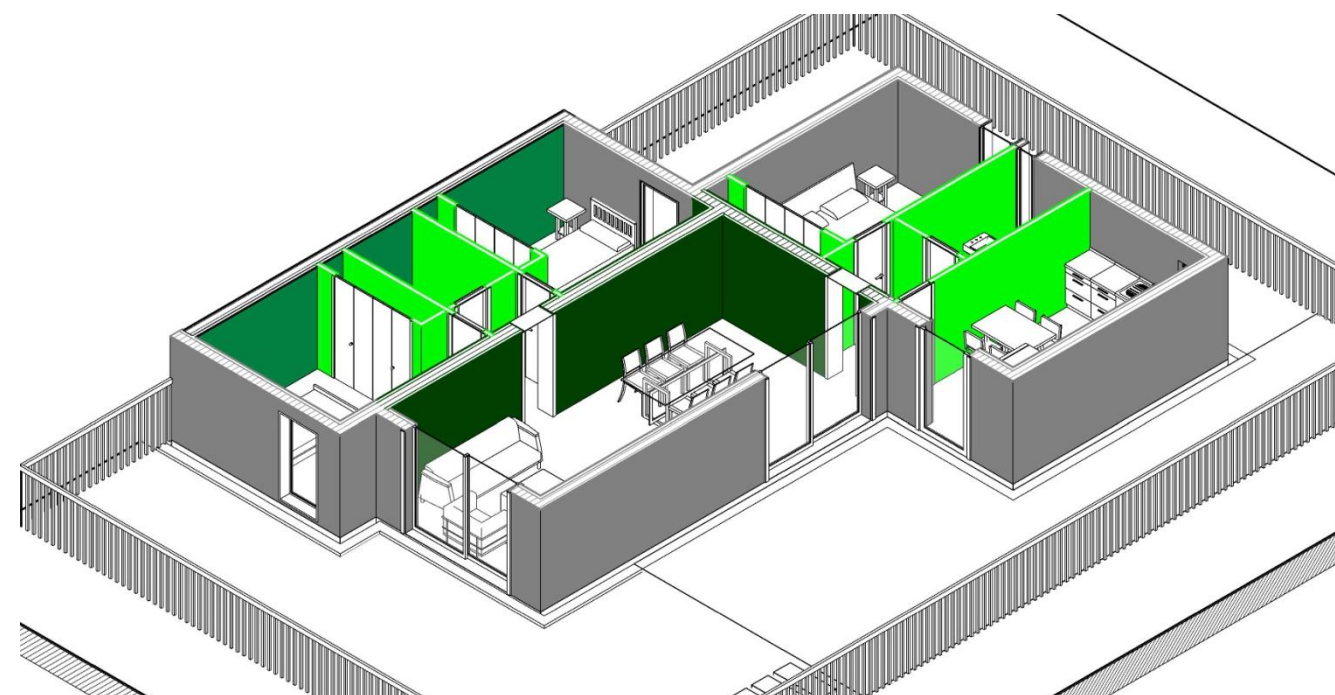
Las separaciones interiores de vivienda estará compuesto de dos hojas de Thermal-wall con un de espesor total de 8,4 cm, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero megaplus en el interior y mortero eco-revoque, colocadas de forma machihembrada, revestida con mortero eco-revoque y pintado.

Para el trasdosado de los muros resistentes, se utilizarán dos hojas de Thermal-wall de 3 cm cada una, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero megaplus en el interior y mortero eco-revoque, colocadas de forma machihembrada, revestida con mortero eco-revoque y pintado.

## MEDIANERA

La separación entre viviendas estará compuesta por dos muros resistente de bloque de hormigón prefabricado 40x20x20 cm, armado con dos parrillas de redondos de diámetro 8 mm, dispuestos cada 50 cm.

Por su cara exterior, ambos muros, irán trasdosados por un tabique Thermicl-wall de 6 cm, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero megaplus en el interior y mortero eco-revoque, colocadas de forma machihembrada, revestida con mortero eco-revoque y pintado.



- TabiqueThermic-Wall
- Muro de bloque hormigón trasdosado panel Thermic-Wall
- Muro medianera
- Muro trasdosado a dos caras panel Thermic-Wall

## FIRMES Y PAVIMENTOS

En las viviendas se dispondrá un pavimento de terrazo, salvo en los locales húmedos que se colocará un pavimento de gres.

Pavimento principal se realizará con baldosas de terrazo para uso normal, grano medio, de 33x33 cm., tonos claros, colocado sobre capa de arena de 2 cm. de espesor mínimo, tomadas con mortero de cemento M-5, y rejuntado con lechada de cemento coloreada con la misma tonalidad de las baldosas.

En pavimento en cuartos húmedos se realizara con baldosa de gres esmaltado monocolor de 20x20 cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento con junta mínima (1.5 - 3 mm) y rejuntado con lechada de cemento.

## CHAPADOS Y ALICATADOS

Las paredes de los aseos se recubrirán hasta el techo con un alicatado realizado con azulejo blanco de 20x20 cm, colocado en capa fina con cemento cola y junta mínima (1.5 - 3 mm) y rejuntado posteriormente con lechada de cemento.

## TERRAZA EXTERIOR

La terraza se resuelve mediante un pavimento continuo realizado con hormigón HA 15 de consistencia fluida y tamaño máximo del árido 20 mm., de 10 cm. de espesor, con malla electrosoldada ME 15x15 diámetro 5-5 B 500 S.



## INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica se compondrá de:

- Acometida.
- Instalación de enlace, compuesta por Caja General de Protección (CGP), Línea General de Alimentación (LGA) con interruptor general de maniobra, Centralización de Contadores (CC) con fusibles de seguridad, Cajas para Interruptor de Control de Potencia (ICP) y Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP / Cuadro General de Distribución).
- la Instalación Interior, compuesta como mínimo de seis circuitos (uno de alumbrado, uno para tomas de corriente de uso general y frigorífico, otro para cocina y horno, otro para lavadora, lavavajillas y termo eléctrico, otro para tomas de corriente de cuartos de baño y bases auxiliares de cocina y otro adicional para tomas de corriente de uso general).

Asimismo, se realizará la debida conexión y puesta a tierra de toda la instalación

## INSTALACION FONTANERÍA

En cada vivienda existirán dos redes, una de agua fría y otra de agua caliente sanitaria (ACS), que darán servicio a los distintos aparatos de la misma.

La red de agua fría y A.C.S. se realizará con tuberías de polietileno reticulado, tanto en montantes como en red horizontal de distribución interior y red de abastecimiento enterrada.

Tal como se ha indicado, la instalación se dividirá en dos partes, enterrada y colgada, unidas por un manguito flexible.

La instalación de la parte enterrada se realizara tubería de polipropileno de baja densidad de 32 mm de diámetro con unión fundida. La canalización ira colocada en una zanja de ancho 650 mm a una profundidad de 500 mm sobre la cota de rasante sobre lecho de arena / grava de espesor 100+160/10 mm.

La instalación a partir del elemento flexible se colgara del forjado de la vivienda mediante agarraderas de acero galvanizado hasta el termo eléctrico, a partir del cual, las tuberías iran empotradas en la tabiquería.

La instalación interior, ira debidamente aislada con coquillas para garantizar el aislamiento la no condensación y el ruido.

Los aparatos sanitarios serán de porcelana vitrificada blanca y la grifería de acero inoxidable.

## INSTALACION SANEAMIENTO

Las aguas pluviales se recogerán mediante canalones de PVC y se conducirán a puntos de desagüe dentro de la parcela.

Las aguas fecales se conducirán a través de bajantes, arquetas de registro y colectores enterrados de hasta el alcantarillado, con la disposición y dimensiones especificados en los planos correspondientes.

Tal como se ha indicado, la instalación se dividirá en dos partes, enterrada y colgada, unidas por un manguito flexible de diámetro 125 mm de P.V.C flexible con espiral de refuerzo en PVC rígido e interior liso.

El colector enterrado se realizará mediante canalizaciones de polipropileno de 125 mm de diámetro con unión fundida. La canalización ira colocada en una zanja de ancho 650 mm a una profundidad de 500 mm sobre la cota de rasante sobre lecho de arena / grava de espesor 100+160/10 mm.

Por otro lado, las conducciones a partir del elemento flexible se realizaran con PVC rigido liso, de diámetro 120 mm y unión fundida. La tubería discurrirá colgada de la parte inferior del forjado de la vivienda mediante agarraderas de acero galvanizado hasta los puntos de conexión con los elementos.

## VARIOS

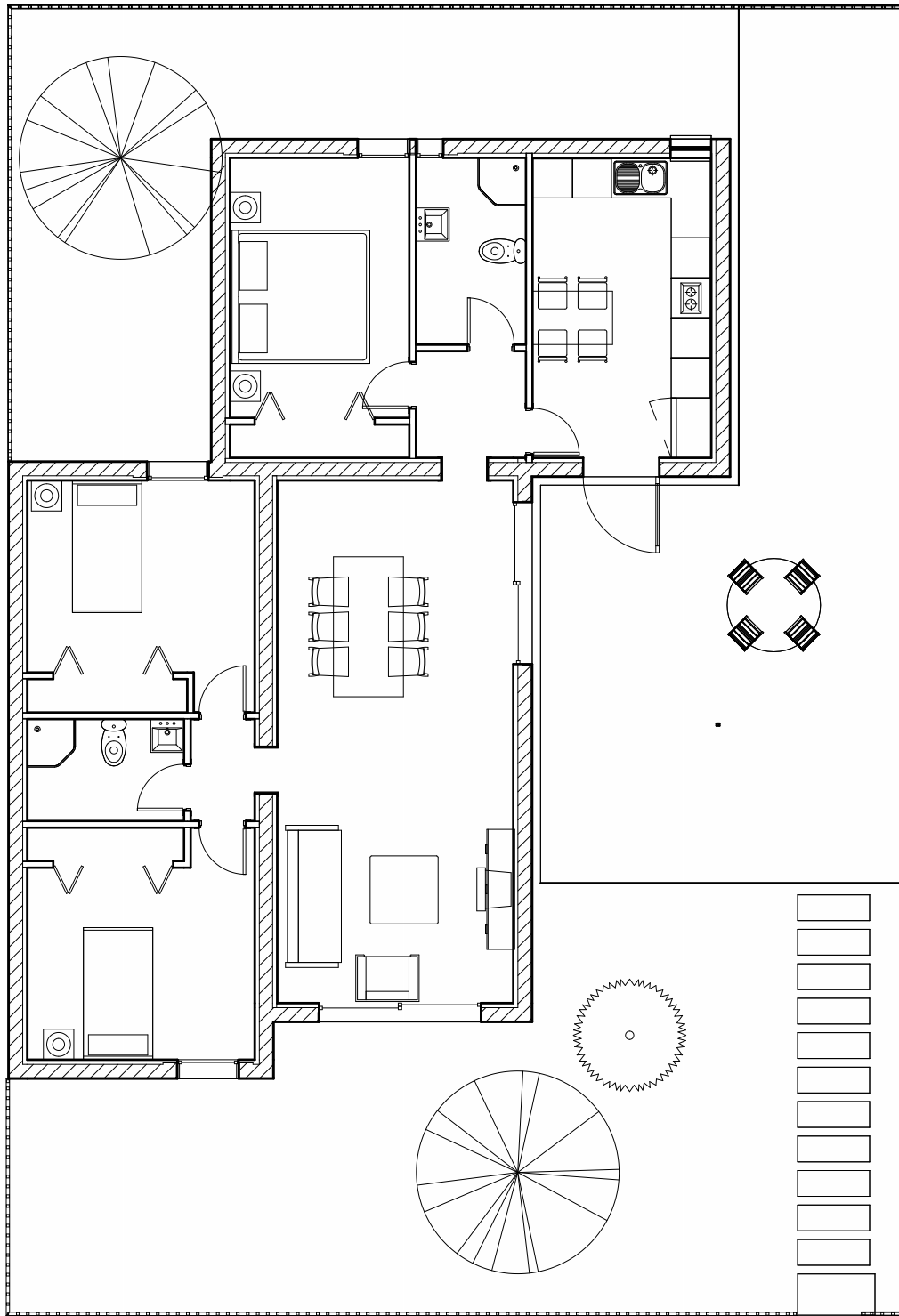
Se colocará una campana extractora de humos por vivienda, con la correspondiente ventilación en las cocinas.

Se dispondrá el correspondiente amueblamiento de cocinas con muebles altos y bajos, bancada de mármol, encimera de cuatro fuegos. y fregaderos de acero inoxidable.

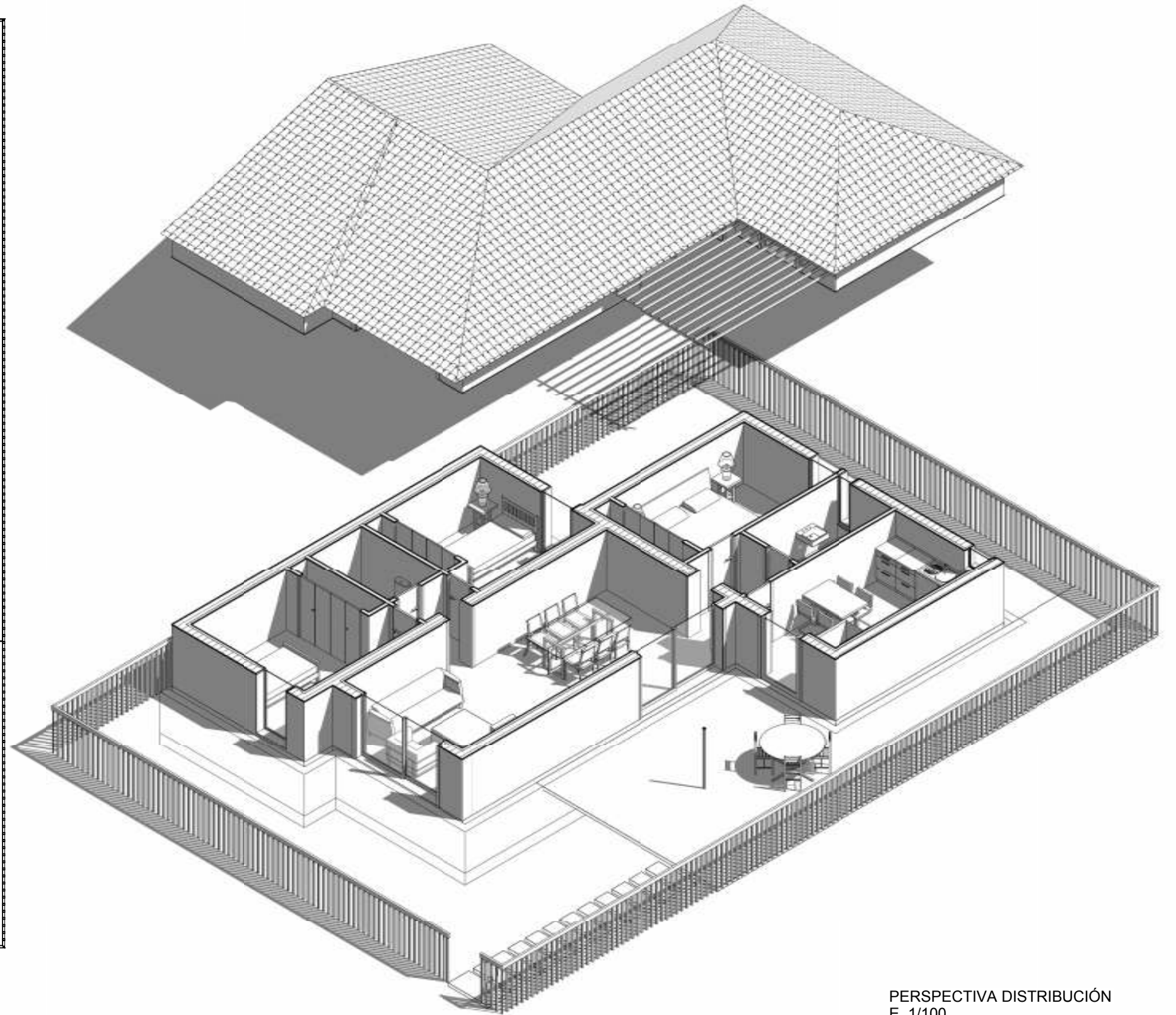
Se instalará, así mismo, un termo eléctrico en cada vivienda ubicado en la cocina para acumulación y producción de agua caliente sanitaria, en acero esmaltado con recubrimiento de espuma de poliuretano de alta densidad, de 95 l de capacidad y 1500 W de potencia eléctrica.

Se vallara todo el perímetro de la vivienda con un cercado con enrejado metálico galvanizado en caliente de malla de simple torsión, trama 50/14 de 1,00 m. de altura y postes de tubo de acero galvanizado por inmersión, de 48 mm. de diámetro y tornapuntas de tubo de acero galvanizado de 32 mm. de diámetro.



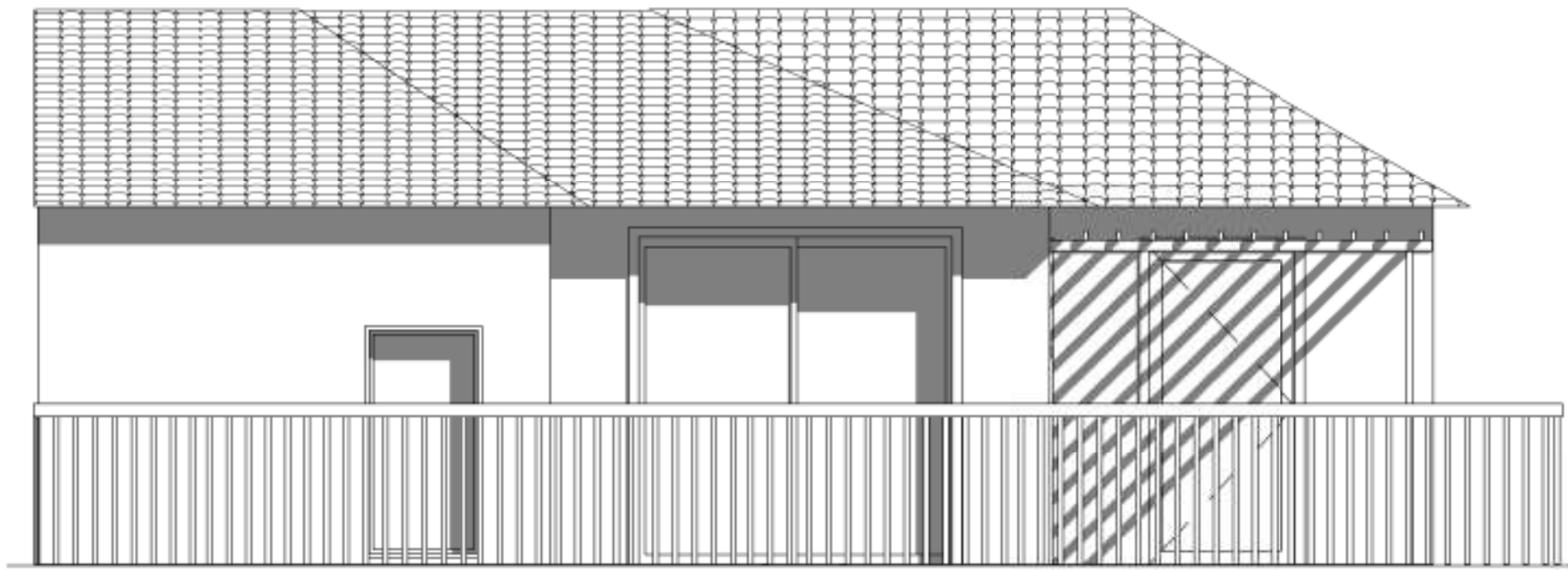
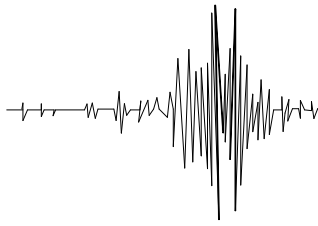


PLANO PLANTA DISTRIBUCIÓN  
E. 1/100

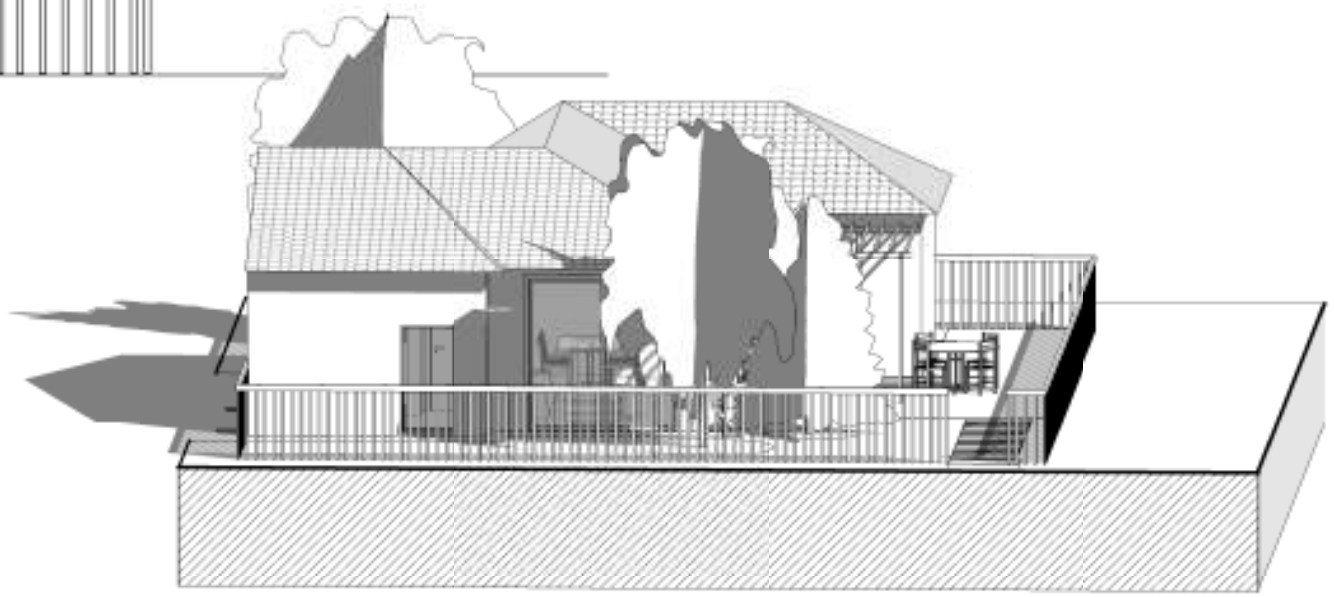


PERSPECTIVA DISTRIBUCIÓN  
E. 1/100

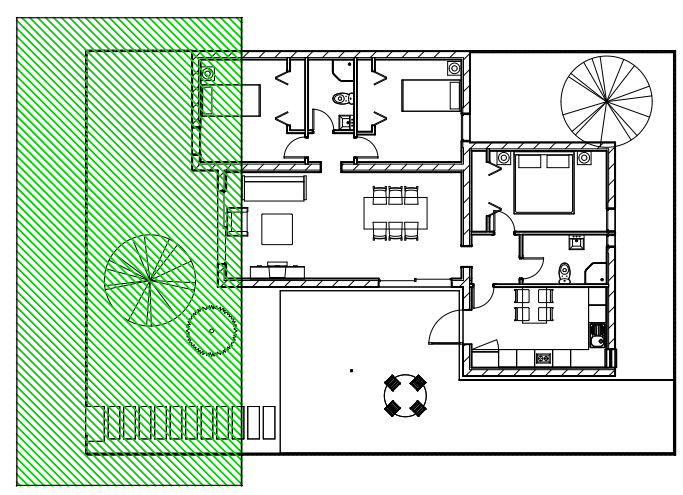




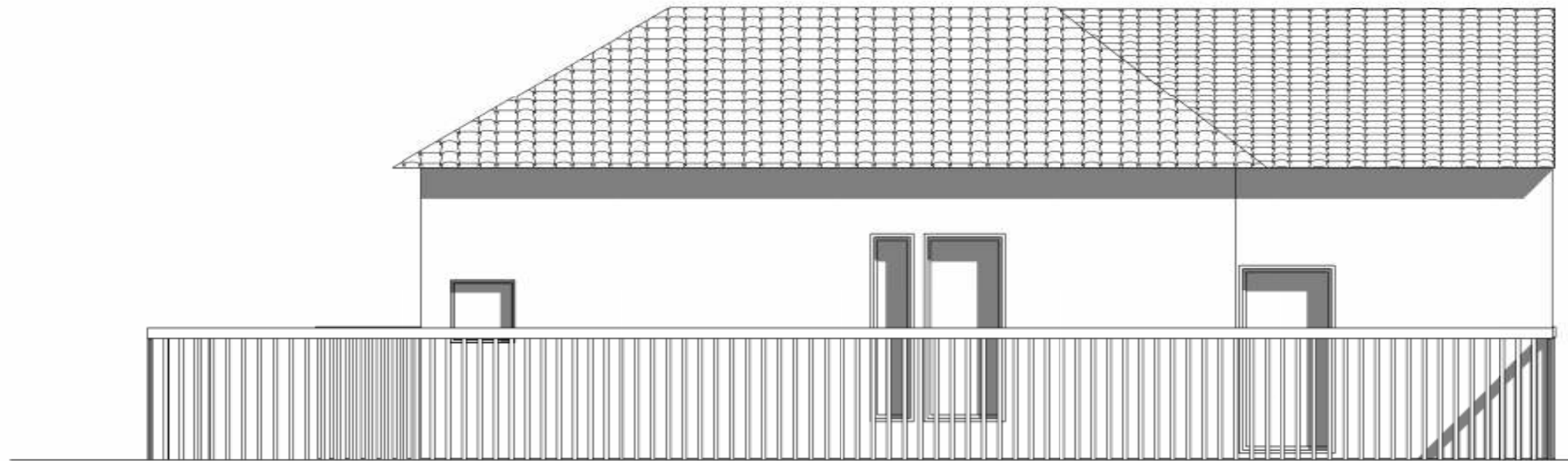
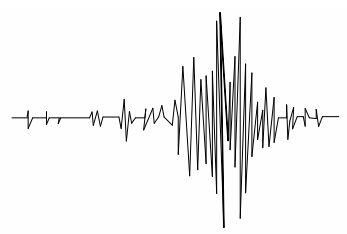
ALZADO PRINCIPAL  
E. 1/50



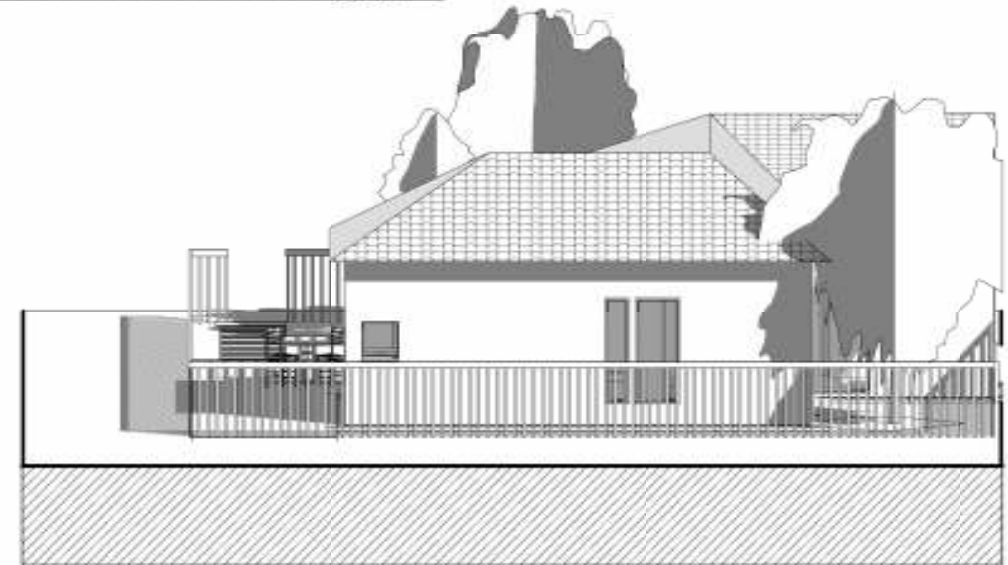
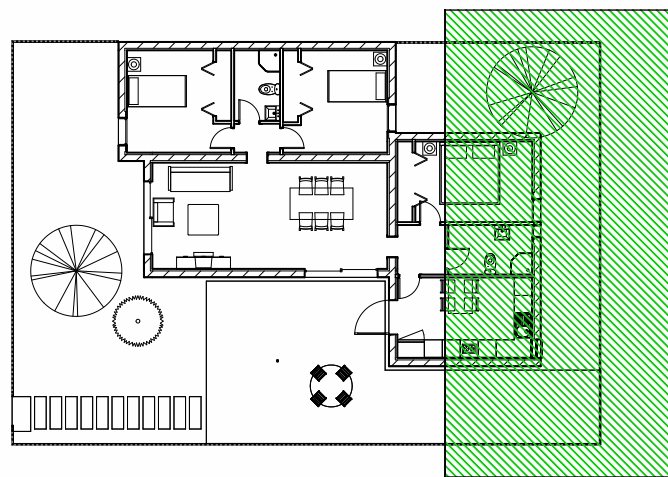
VISTA PERSPECTIVA  
E. 1/125





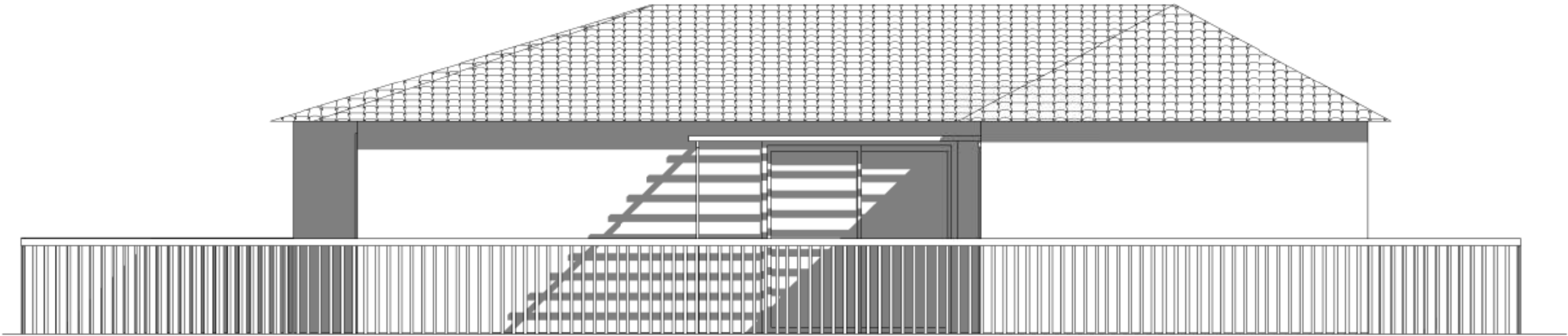
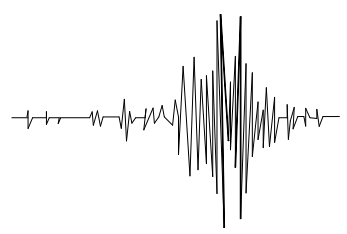


ALZADO POSTERIOR  
E. 1/50

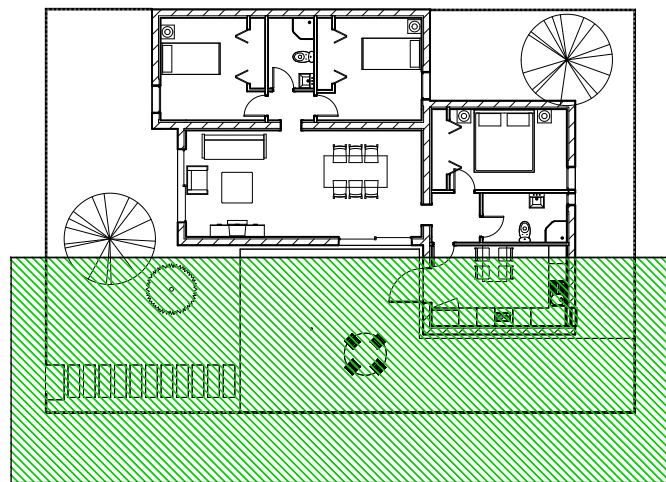


VISTA PERSPECTIVA  
E. 1/125

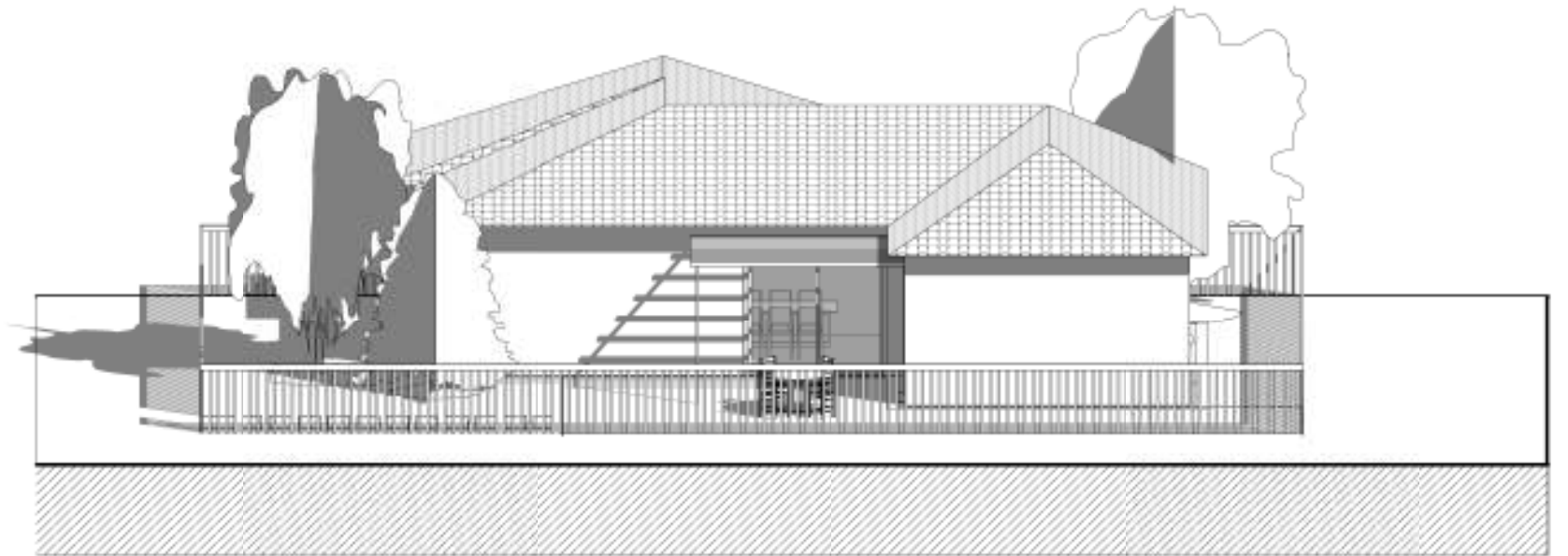




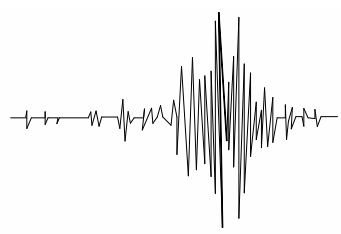
ALZADO PERFIL E. 1/50



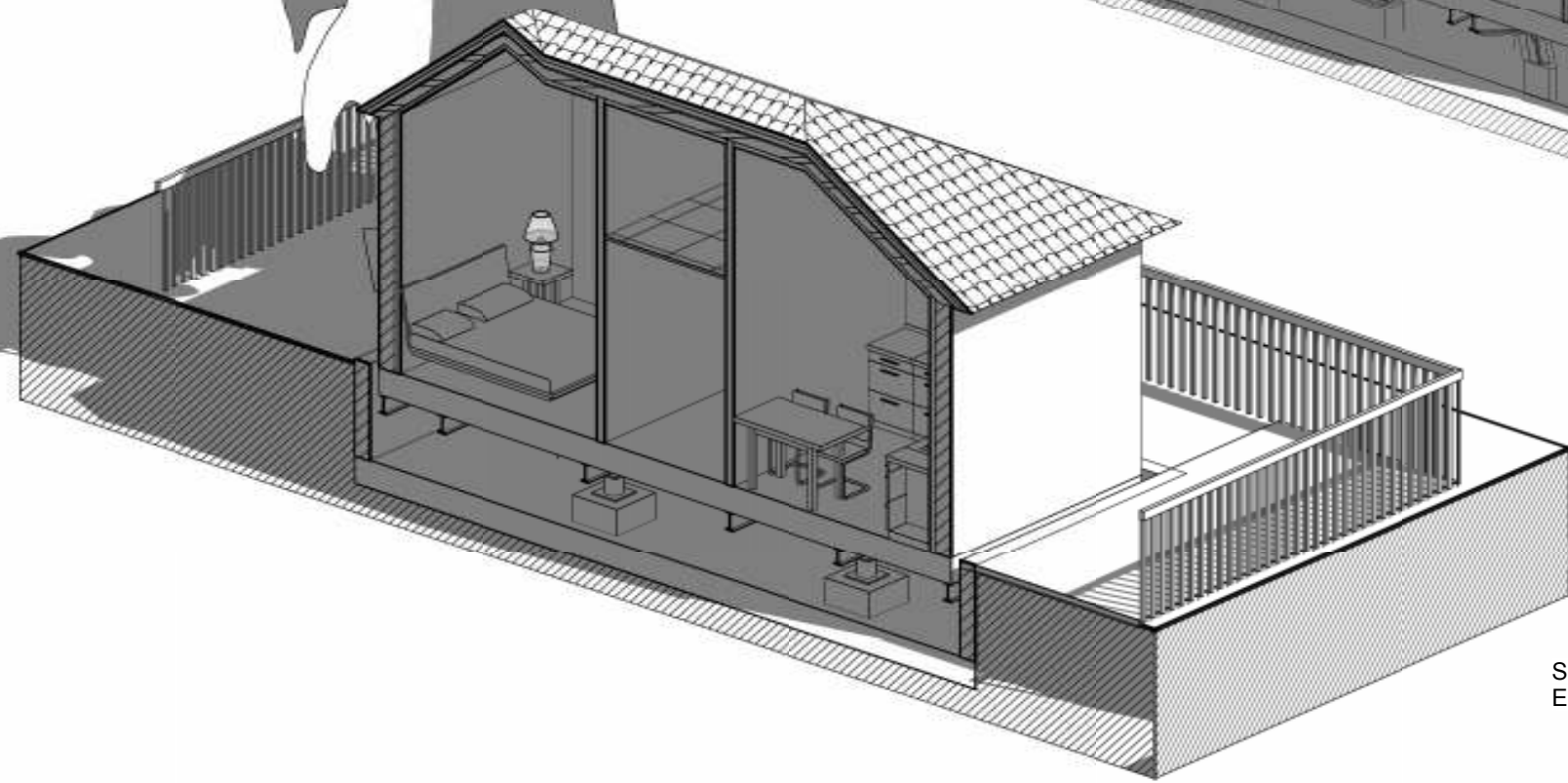
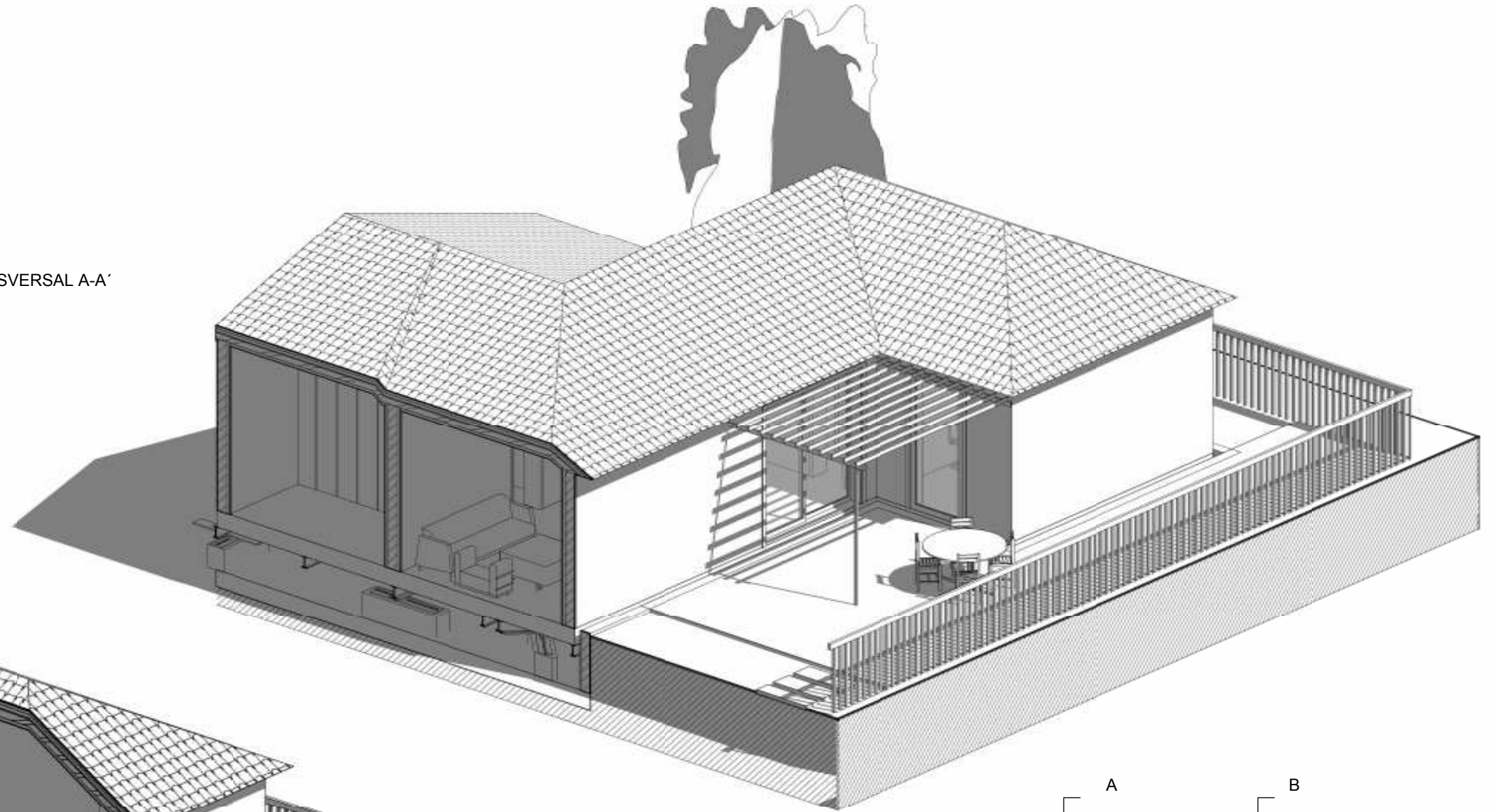
VISTA PERSPECTIVA  
E. 1/125



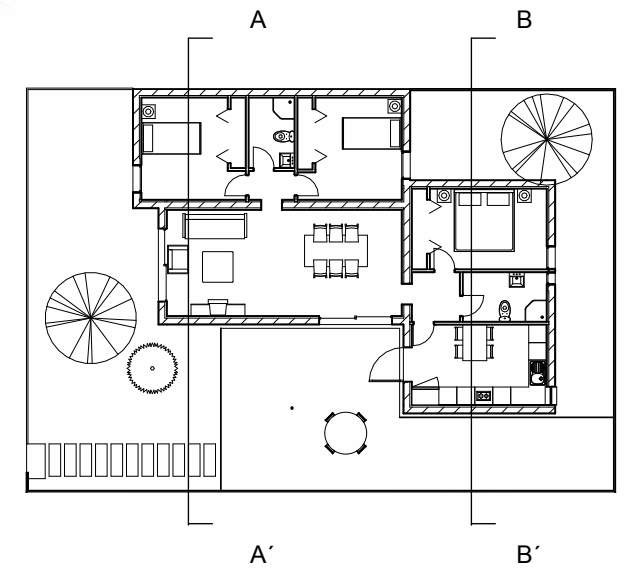




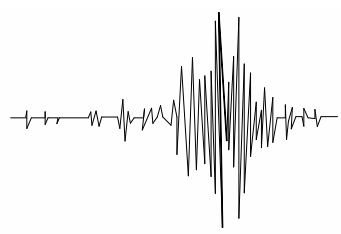
SECCIÓN TRASVERSAL A-A'  
E. 1/85



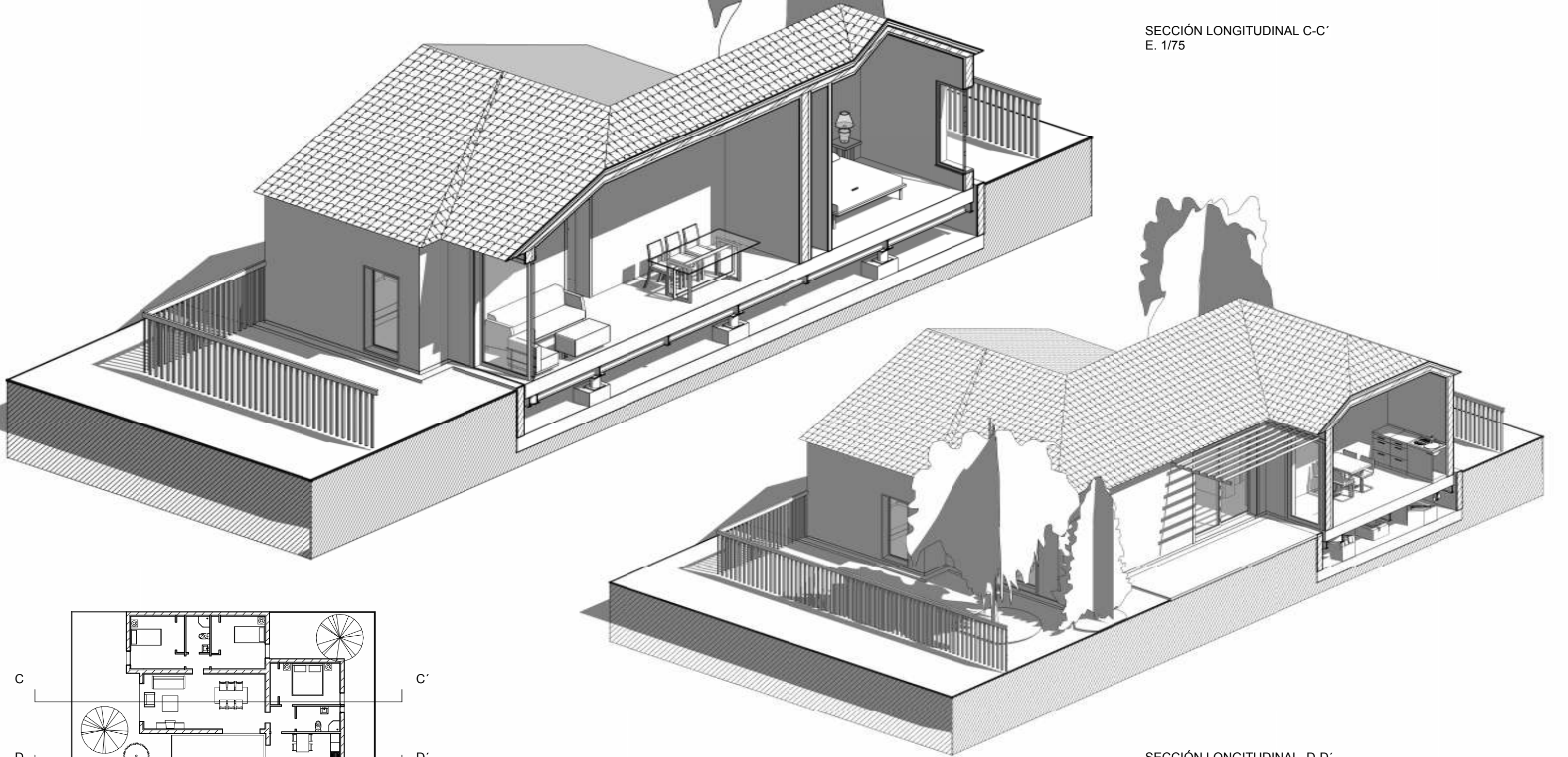
SECCIÓN TRASVERSAL B-B'  
E. 1/75



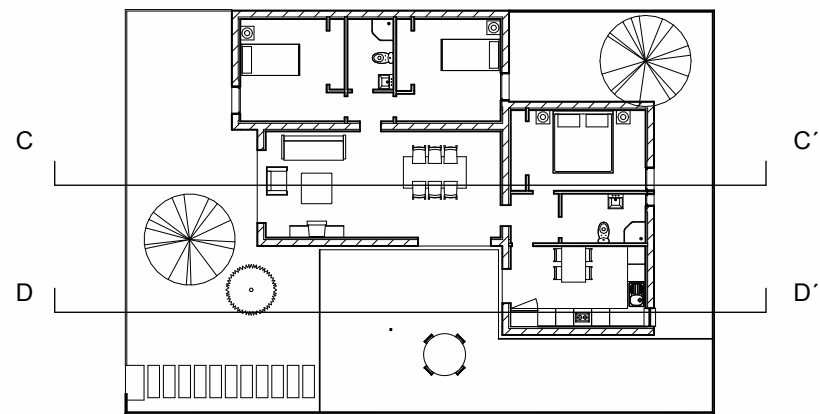




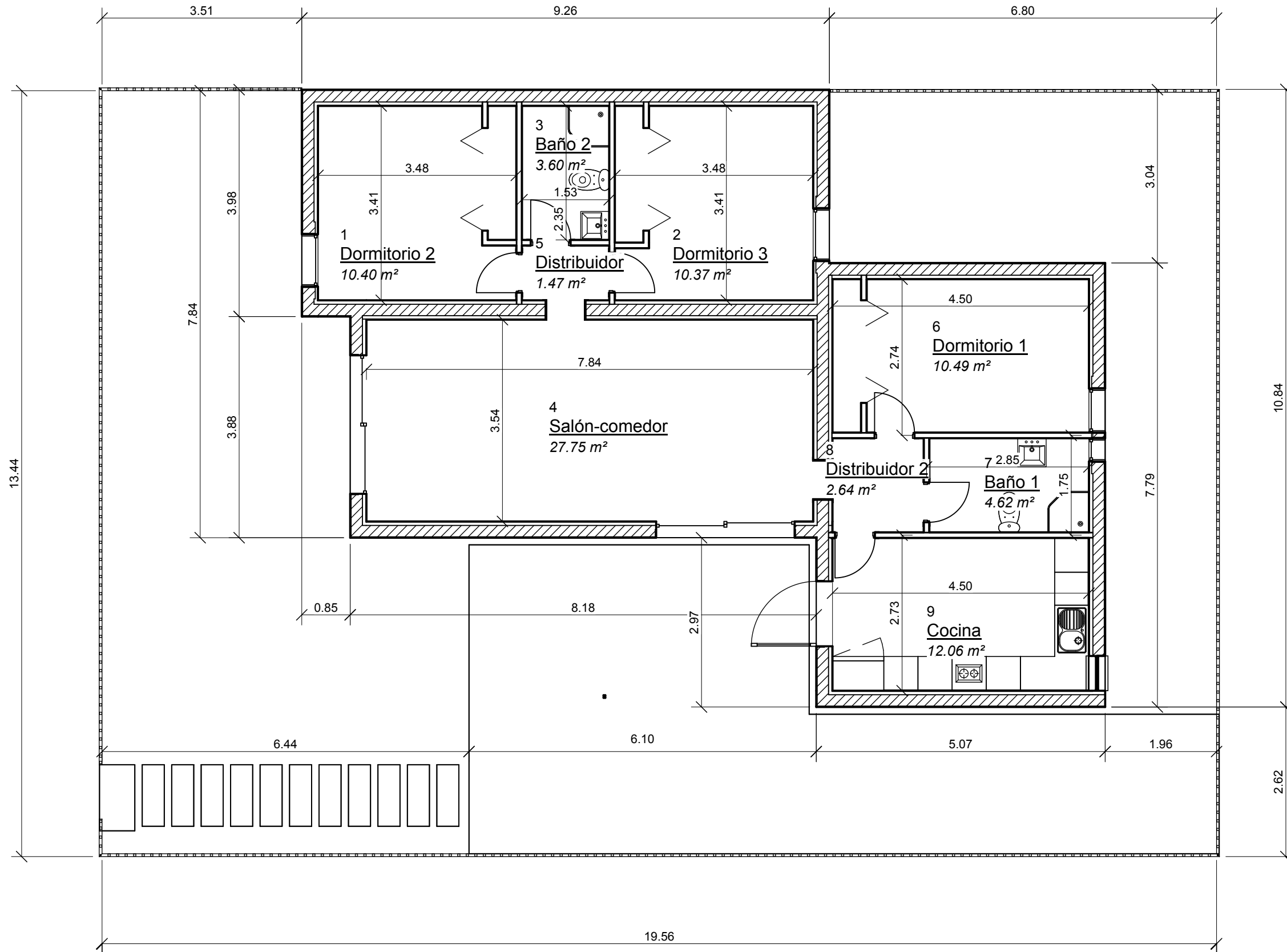
SECCIÓN LONGITUDINAL C-C'  
E. 1/75



SECCIÓN LONGITUDINAL D-D'  
E.1/100

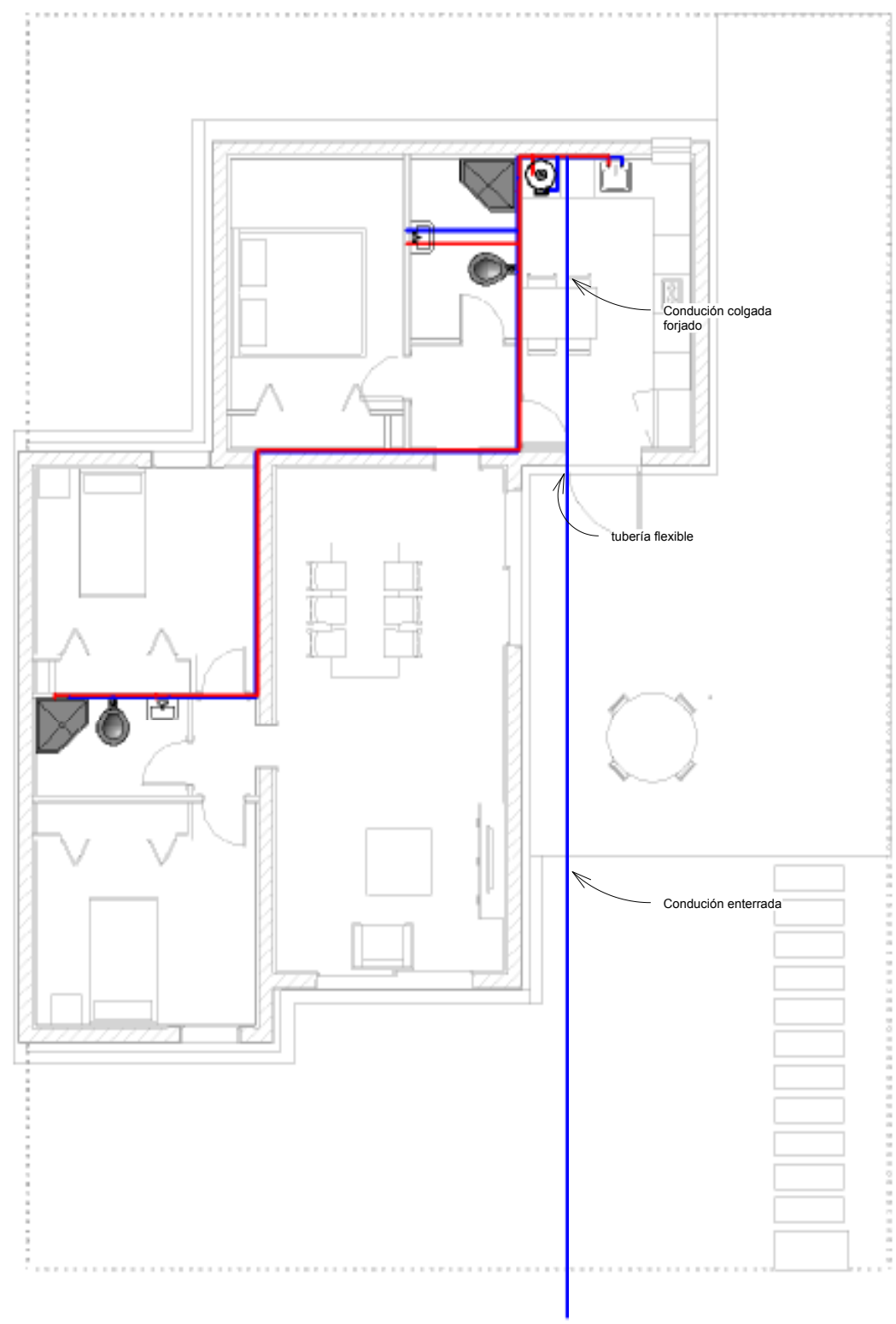
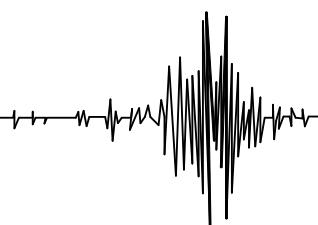




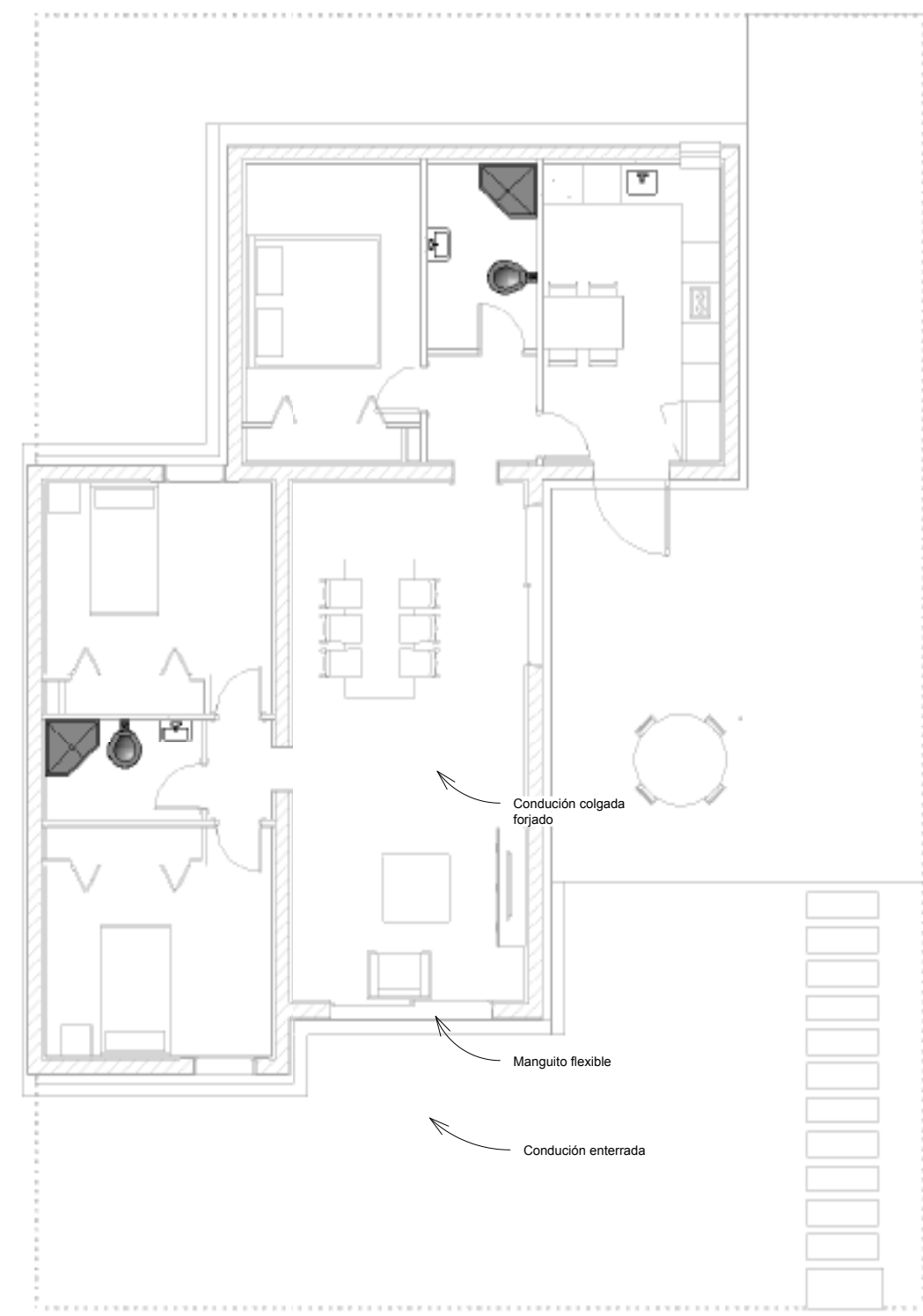


PLANO DE COTAS  
E. 1/75



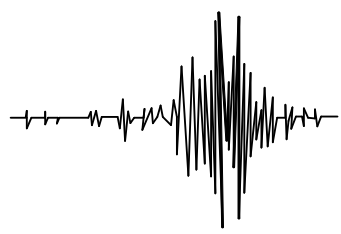


PLANTA INSTALACIÓN DE FONTANERÍA  
E. 1/100



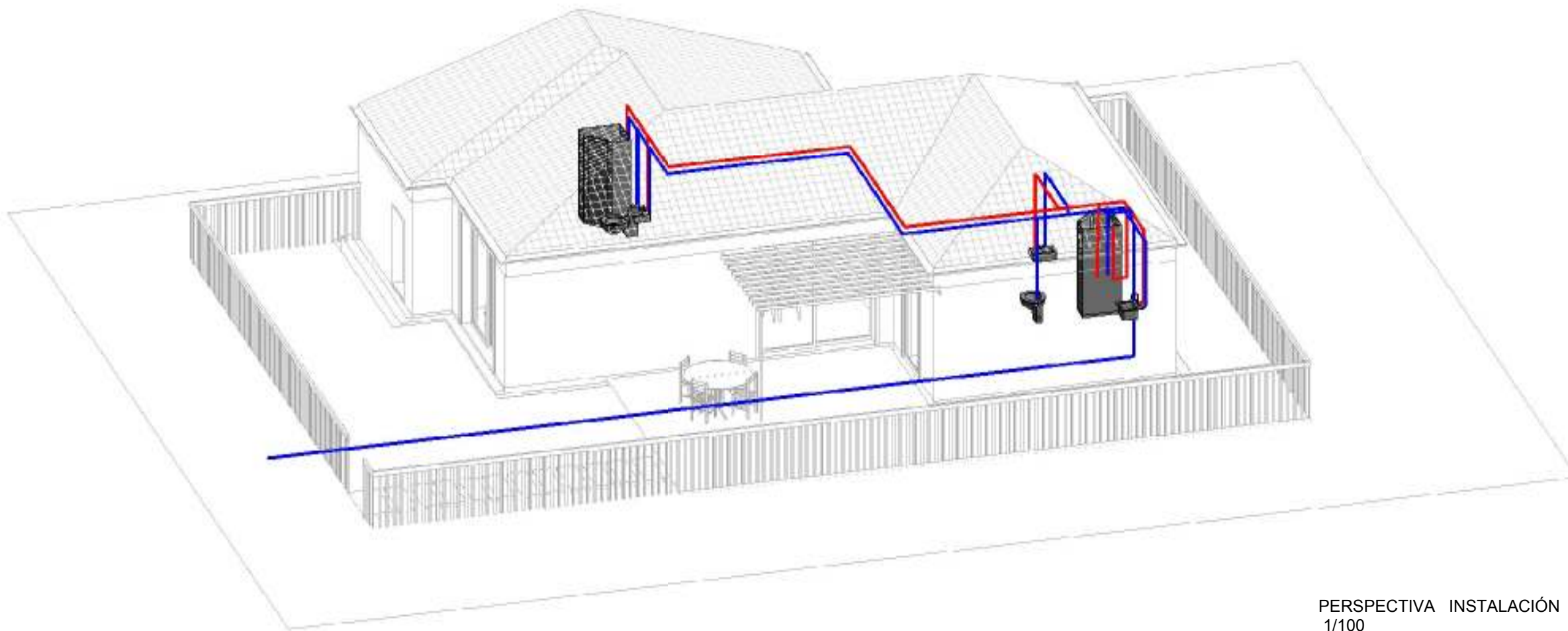
PLANTA INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO  
E. 1/100





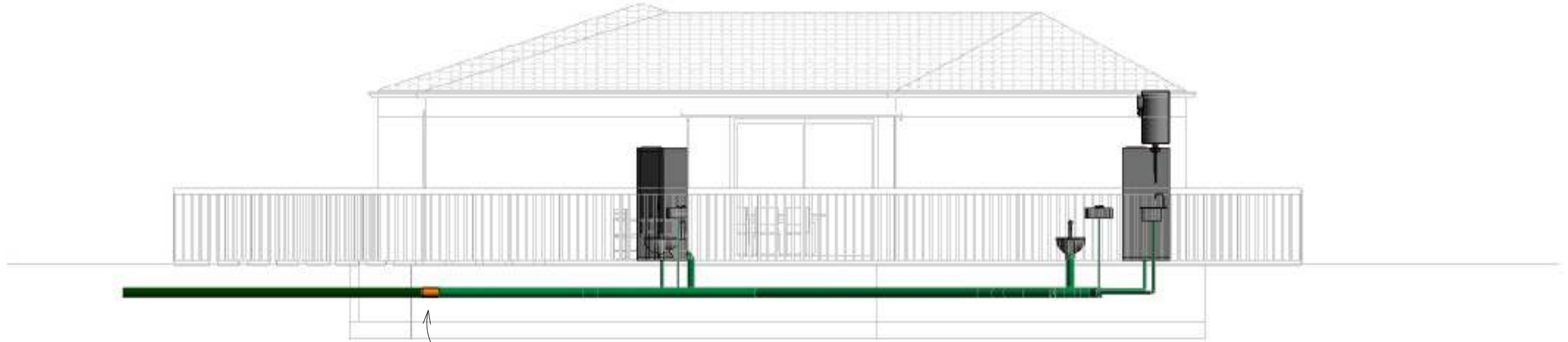
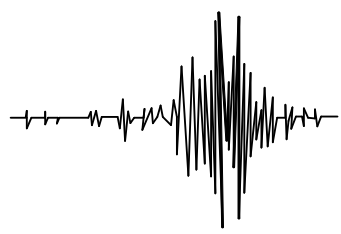
ALZADO INSTALACIÓN FONTANERÍA  
E. 1/80

Manguito flexible



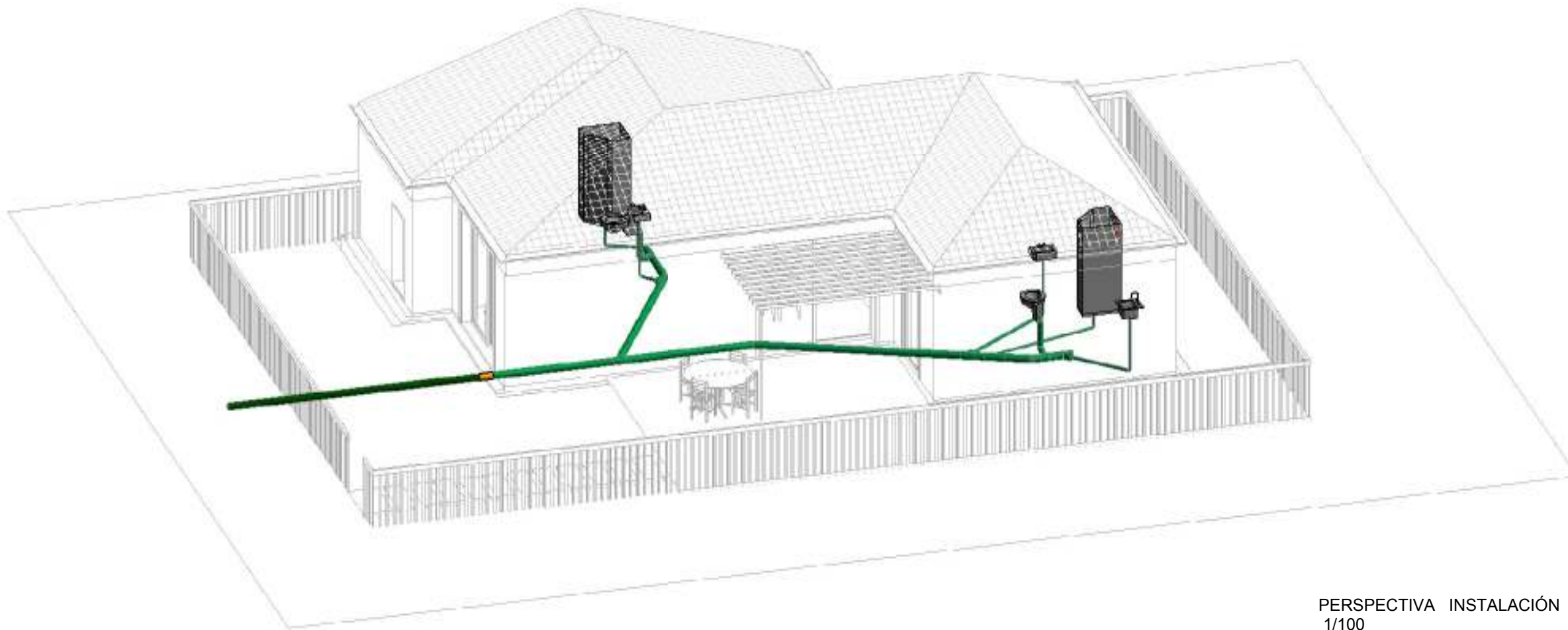
PERSPECTIVA INSTALACIÓN FONTANERÍA  
1/100





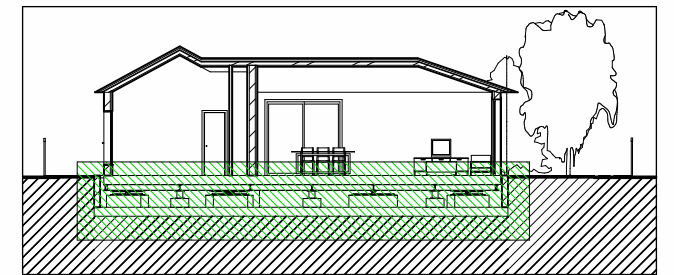
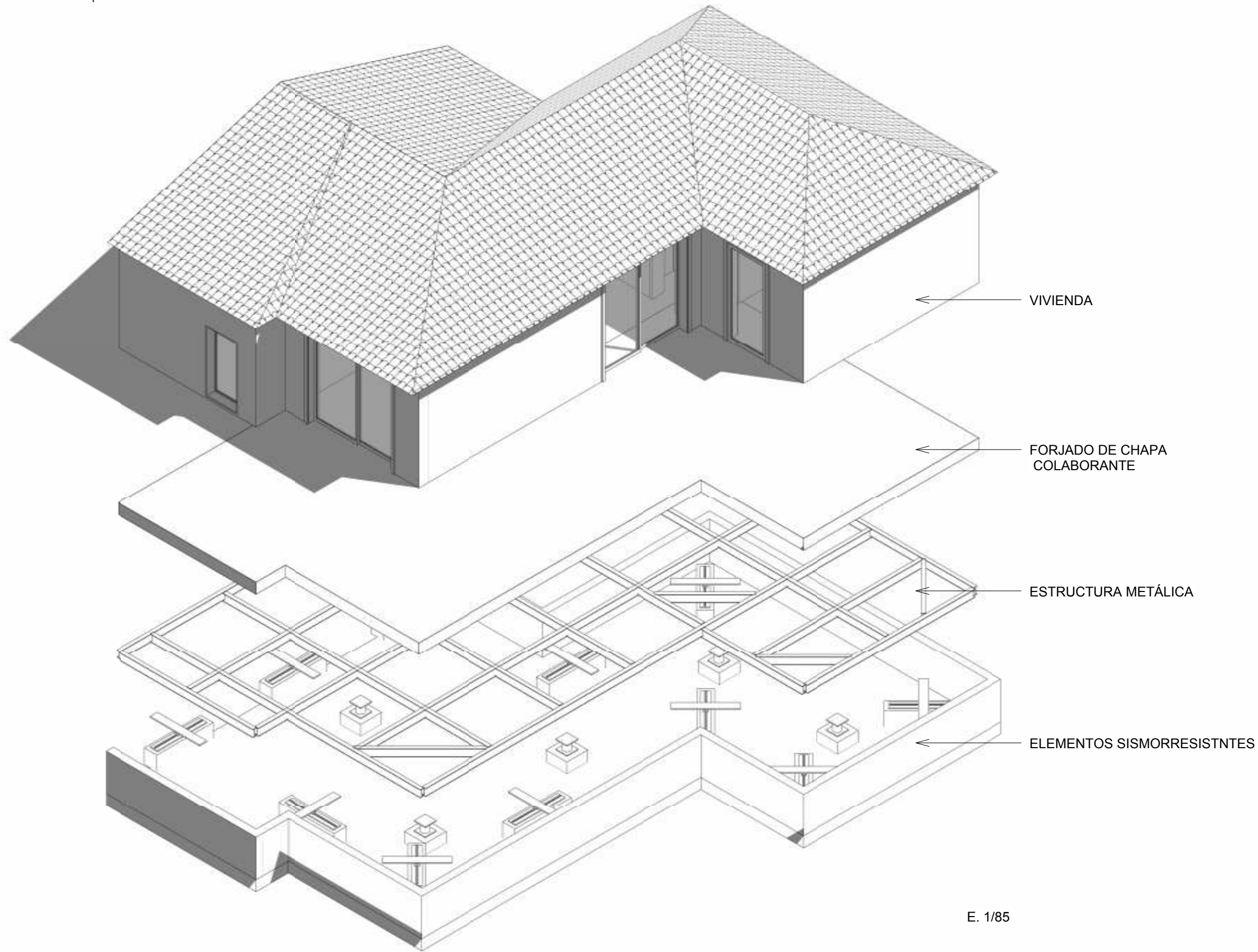
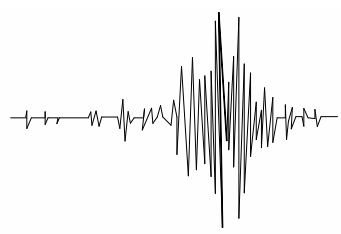
ALZADO INSTALACIÓN SANEAMIENTO  
E. 1/80

Manguito flexible

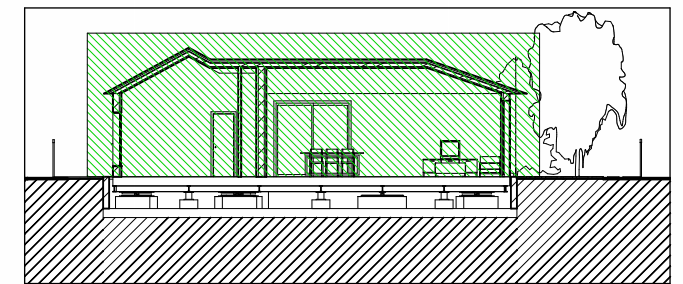


PERSPECTIVA INSTALACIÓN SANEAMIENTO  
1/100





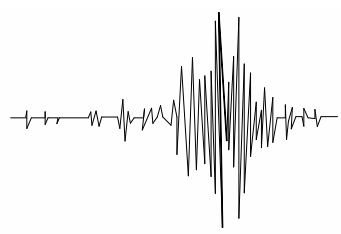
**FASE 1.**  
Construcción base aislada



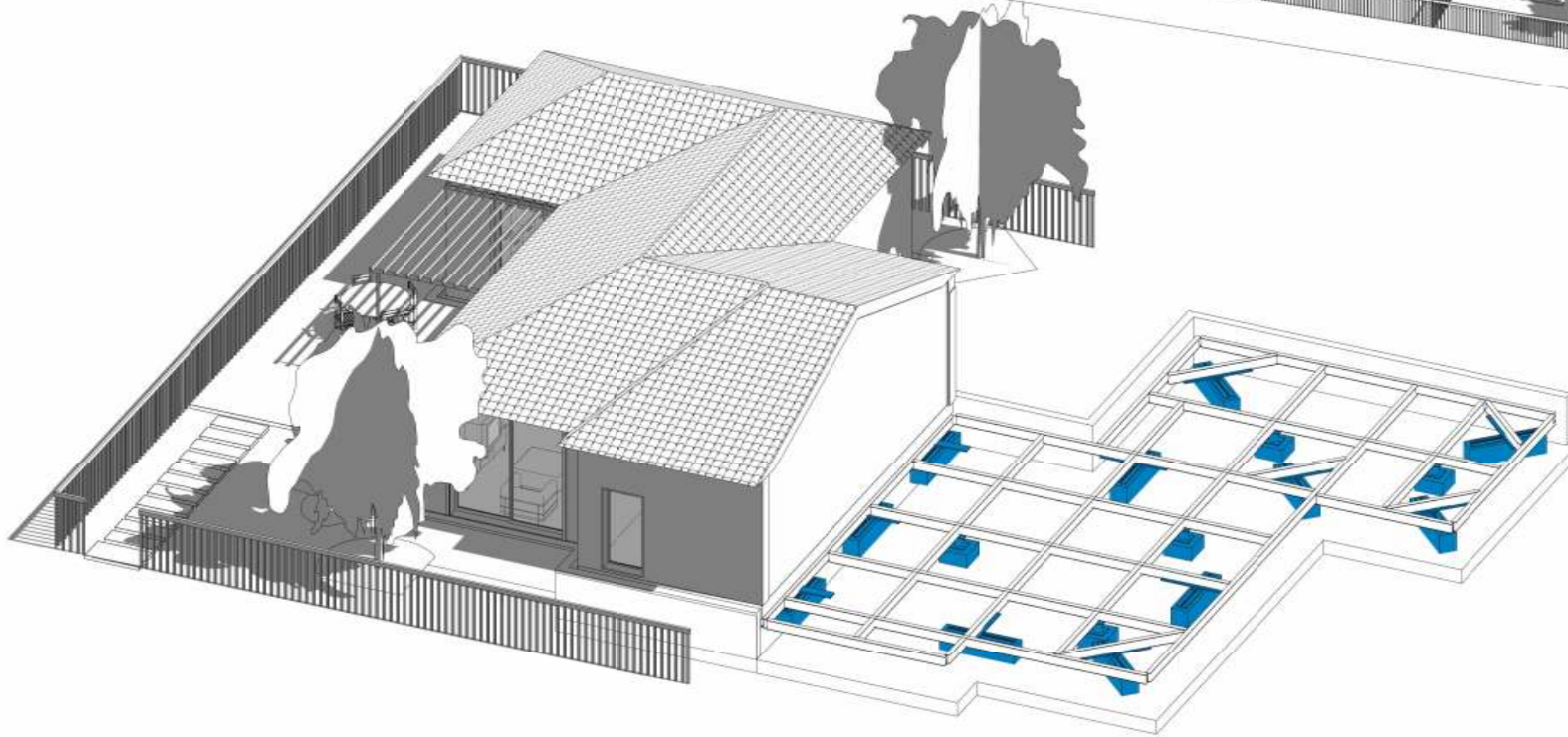
**FASE 2.**  
Construcción de la vivienda

E. 1/85



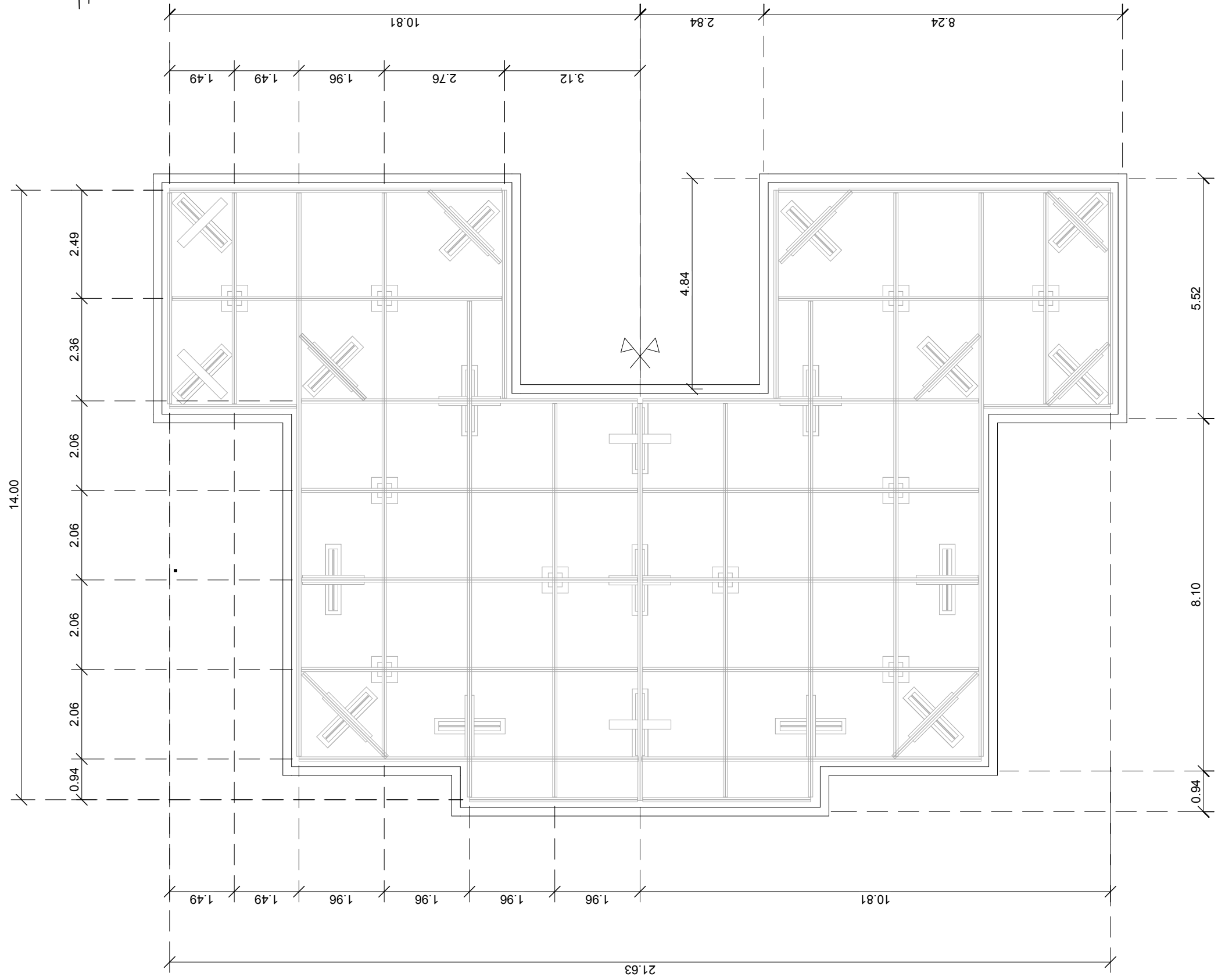


VISTA GENERAL  
E.1/200



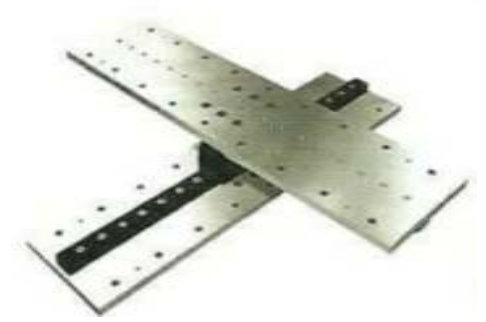
PERSPECTIVA DISPOSICION ELEMENTOS SISMORRESISTENTES  
E. 1/100





ELASTOMERIC ISOLATOR

[WWW.FIP-GROUP.IT](http://WWW.FIP-GROUP.IT)



GUIA CLB021-400

[WWW.THK.COM](http://WWW.THK.COM)

PLANTA DISTRIBUCIÓN RETÍCULA ESTRUCTURA METÁLICA  
E. 1/100



## 8.6.2. PRESUPUESTO

### RESUMEN DE PRESUPUESTO

#### CAPITULO RESUMEN EUROS %

002 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.....	459,71	0,50
003 CIMENTACIONES.....	7.067,75	7,70
004 SISTEMAS RES. SISMICA.....	32.197,21	35,08
005 ESTRUCTURA.....	18.595,95	20,26
006 SOLADOS Y PAVIMENTOS.....	2.319,47	2,53
007 CERRAMIENTOS Y DIVISIONES.....	4.617,09	5,03
008 REVESTIMIENTOS.....	3.298,69	3,59
009 FALSOS TECHOS.....	266,12	0,29
010 CUBIERTA E IMPERMEABILIZACIONES.....	6.850,17	7,46
011 CARPINTERIA INTERIOR.....	2.303,55	2,51
012 CARPINTERIA EXTERIOR Y CERRAJERIA.....	2.627,99	2,86
013 INSTALACIONES DE SANEAMIENTO Y VENTILACION.....	406,42	0,44
014 INSTALACIONES FONTANERIA.....	3.578,69	3,90
015 INSTALACIONES ELECTRICAS.....	2.068,19	2,25
016 INSTALACIONES AUDIOVISUALES.....	465,19	0,51
017 EQUIPAMIENTOS Y VARIOS.....	4.657,65	5,07

**TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL 91.779,84**

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de NOVENTA Y UN MIL SETECIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

Nota: ver descomposición en anexo 3

### 8.6.2.1. JUSTIFICACION DEL PRESUPUESTO

Para elaborar el presupuesto de ejecución material se utilizó la base de datos del IVE, utilizando los precios en España de cada una de las unidades de obra. De esta forma, el presupuesto final obtenido estaba muy por encima del coste de ejecución en Chile.

Para obtener el valor del m<sup>2</sup> construido se realizó un estudio comparativo del precio de una vivienda por en la Región de Bio-bio y la relación con su superficie construida, para obtener una media del valor €/m<sup>2</sup> y poder ajustar el precio obtenido a un presupuesto real.

Utilizando 16 testigos, se descartaron los extremos y obteniéndose un precio medio de 476,54 €/m<sup>2</sup>. El valor obtenido corresponde al precio de venta del inmueble, incluyendo el precio del terreno en el que está construido. Por tanto, para obtener el precio unitario de la construcción por metro cuadrado construido es necesario descontar el precio del suelo.

Del último estudio del Departamento de Estudios ACOP CNSI A.G. realizado en enero de 2009, se obtiene que en las Regiones del Sur de Santiago de Chile donde se prevé la ubicación de las viviendas, los valores por metro cuadrado construido se encuentra entre 3.35 y 5.82 UF (Unidades de Fomento\*), unidad que equivale a día de hoy a \$22.606,22; 628.61€.

Teniendo en cuenta que el estudio data de hace 3 años y del aumento del precio de la vivienda desde la fecha del informe (Según el último estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)), se ha decidido utilizar como valor del suelo 5 UF

De esta forma, con estos datos se deduce que el PEM/m<sup>2</sup> en Chile es de 296,53 €/m<sup>2</sup>.

Para poder hacer una comparativa real entre los dos valores, el PEM/m<sup>2</sup> en España y en Chile, se eliminaron los importes de las partidas de los materiales y sistemas especiales como son el sistema de tabiquería y trasdosado y los sistemas sismorresistentes, ya que su valor no varía dependiendo del país. De esta forma y con el dato anterior, se observó la disminución en un 73% del PEM/m<sup>2</sup> respecto al obtenido en España.

Con estos cálculos, se obtiene que la misma vivienda tipo construida en Chile, tendría un PEM total de 57.134,76€, (37.078.975,31 pesos chilenos)

\*La Unidad de Fomento (UF) es una unidad diaria de cuenta monetaria medida en \$ Ch establecida por el Gobierno de Chile que se va reajustando diariamente por las proyecciones del Índice de Precios al consumidor (IPC), de manera de constituir una moneda de igual poder adquisitivo. La UF se creó para expresar los montos adeudados por concepto de créditos para la vivienda, pero su uso se generalizó a otro tipo de deudas, así como a instrumentos de ahorro y depósitos y otras transacciones. La Unidad Tributaria Mensual (UTM) análoga a la U se reajusta en términos mensuales.



TESTIGO Nº	VIVIENDA	Sup	Hab	Baños	PRECIO PESO CHILENO	PRECIO EUROS	EUROS/M2	PRECIO SUELO	PEM		
								PRECIO PESO CHILENO	PRECIO PESO CHILENO	PRECIO EUROS	EUROS/M2 CONSTRUCCION
1	<a href="http://chillan.olx.cl/vendo-casa-en-barrio-toledo-gran-oportunidad-iid-327381258">http://chillan.olx.cl/vendo-casa-en-barrio-toledo-gran-oportunidad-iid-327381258</a>	108	3	3	\$ 61.000.000,00	97.600,00 €	ELIMINADO				
2	<a href="http://chillan.olx.cl/amplia-casa-en-villa-dona-francisca-ii-iid-321103799">http://chillan.olx.cl/amplia-casa-en-villa-dona-francisca-ii-iid-321103799</a>	150	4	2	\$ 41.000.000,00	65.600,00 €	437,33 €	\$ 16.954.665,00	\$ 24.045.335,00	38.472,54 €	€ 256,48
3	<a href="http://chillan.olx.cl/vendo-casa-iid-331845265">http://chillan.olx.cl/vendo-casa-iid-331845265</a>	70	3	1	\$ 15.000.000,00	24.000,00 €	342,86 €	\$ 7.912.177,00	\$ 7.087.823,00	11.340,52 €	€ 162,01
4	<a href="http://chillan.olx.cl/vendo-casa-usada-iid-318187497">http://chillan.olx.cl/vendo-casa-usada-iid-318187497</a>	71	2	1	\$ 14.000.000,00	22.400,00 €	315,49 €	\$ 8.025.208,10	\$ 5.974.791,90	9.559,67 €	€ 134,64
5	<a href="http://chillan.olx.cl/vendo-casa-100-m2-en-terreno-de-210-m2-iid-323947160">http://chillan.olx.cl/vendo-casa-100-m2-en-terreno-de-210-m2-iid-323947160</a>	100	4	2	\$ 25.000.000,00	40.000,00 €	400,00 €	\$ 11.303.110,00	\$ 13.696.890,00	21.915,02 €	€ 219,15
6	<a href="http://chillan.olx.cl/venta-de-casa-habitacion-con-420-m-de-terreno-iid-321092356">http://chillan.olx.cl/venta-de-casa-habitacion-con-420-m-de-terreno-iid-321092356</a>	140	3	1	\$ 35.000.000,00	56.000,00 €	400,00 €	\$ 15.824.354,00	\$ 19.175.646,00	30.681,03 €	€ 219,15
7	<a href="http://chillan.olx.cl/excente-casa-de120m2-iid-369805317">http://chillan.olx.cl/excente-casa-de120m2-iid-369805317</a>	120	3	1	\$ 40.000.000,00	64.000,00 €	533,33 €	\$ 13.563.732,00	\$ 26.436.268,00	42.298,03 €	€ 352,48
8	<a href="http://chillan.olx.cl/vendo-casa-nueva-excelente-terminaciones-iid-325747872">http://chillan.olx.cl/vendo-casa-nueva-excelente-terminaciones-iid-325747872</a>	90	3	2	\$ 42.287.600,00	67.660,16 €	751,78 €	\$ 10.172.799,00	\$ 32.114.801,00	51.383,68 €	€ 570,93
9	<a href="http://chillan.olx.cl/vendo-casa-en-chillan-iid-367830079">http://chillan.olx.cl/vendo-casa-en-chillan-iid-367830079</a>	213	6		\$ 30.000.000,00	48.000,00 €	ELIMINADO				
10	<a href="http://www.vivastreet.cl/compra-casas+tome/vendo-casa---55-000-000---tome--region-del-biobio/43316973">http://www.vivastreet.cl/compra-casas+tome/vendo-casa---55-000-000---tome--region-del-biobio/43316973</a>	120	4	3	\$ 55.000.000,00	88.000,00 €	733,33 €	\$ 13.563.732,00	\$ 41.436.268,00	66.298,03 €	€ 552,48
11	<a href="http://www.vivastreet.cl/compra-casas+hualpen/vendo-hermosa-casa-aislada-en-la-floresta-4-de-hualpen/47789280">http://www.vivastreet.cl/compra-casas+hualpen/vendo-hermosa-casa-aislada-en-la-floresta-4-de-hualpen/47789280</a>	226	2	1	\$ 40.000.000,00	64.000,00 €	283,19 €	\$ 25.545.028,60	\$ 14.454.971,40	23.127,95 €	€ 102,34
12	<a href="http://www.vivastreet.cl/compra-casas+penco/penco-bahia-azul-3-dormitorios---45-000-000--/47686946">http://www.vivastreet.cl/compra-casas+penco/penco-bahia-azul-3-dormitorios---45-000-000--/47686946</a>	120	3	3	\$ 43.000.000,00	68.800,00 €	573,33 €	\$ 13.563.732,00	\$ 29.436.268,00	47.098,03 €	€ 392,48
13	<a href="http://www.vivastreet.cl/compra-casas+tacahuano/venta-de-casas-en-pasaje-10-casa-4750-las-amapolas-los-condo/44514439">http://www.vivastreet.cl/compra-casas+tacahuano/venta-de-casas-en-pasaje-10-casa-4750-las-amapolas-los-condo/44514439</a>	96	3	2	\$ 38.000.000,00	60.800,00 €	633,33 €	\$ 10.850.985,60	\$ 27.149.014,40	43.438,42 €	€ 452,48
14	<a href="http://www.vivastreet.cl/compra-casas+san-pedro-de-la-paz/casa--3-dormitorios-con-ampliacion/45638457">http://www.vivastreet.cl/compra-casas+san-pedro-de-la-paz/casa--3-dormitorios-con-ampliacion/45638457</a>	92	3		\$ 27.000.000,00	43.200,00 €	469,57 €	\$ 10.398.861,20	\$ 16.601.138,80	26.561,82 €	€ 288,72
15	<a href="http://www.vivastreet.cl/compra-casas+chillan/vendo-casa--cerca-del-centro-de-chillan/46505949">http://www.vivastreet.cl/compra-casas+chillan/vendo-casa--cerca-del-centro-de-chillan/46505949</a>	140	2	1	\$ 28.000.000,00	44.800,00 €	320,00 €	\$ 15.824.354,00	\$ 12.175.646,00	19.481,03 €	€ 139,15
16	<a href="http://www.vivastreet.cl/compra-casas+san-pedro-de-la-paz/invica-camino-a-coronel-casa-comoda-en-tranquilo-sector/47243924">http://www.vivastreet.cl/compra-casas+san-pedro-de-la-paz/invica-camino-a-coronel-casa-comoda-en-tranquilo-sector/47243924</a>	60	3	1	\$ 18.000.000,00	28.800,00 €	480,00 €	\$ 6.781.866,00	\$ 11.218.134,00	17.949,01 €	€ 299,15

<b>MEDIA</b>					\$ 32.752.506,67	52.404,01 €	<b>476,68 €</b>	<b>12.877.471,75 €</b>	\$ 20.071.642,54	32.114,63 €	<b>295,83 €</b>
--------------	--	--	--	--	------------------	-------------	-----------------	------------------------	------------------	-------------	-----------------

<b>Repercusion de suelo ( €/m2 cons.)</b>	38%	<b>180,85 €</b>
---	-----	-----------------

<b>PROTOTIPO</b>	<b>83,4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
------------------	-------------	----------	----------

<b>PRECIO EJECUCION MATERIAL PROTOTIPO</b>	57.134,76 €
--	-------------

<b>IMPORTE SISTEMAS ESPECIALES</b>	34.645,08 €
------------------------------------	-------------

<b>PRESUPUESTO EJECUCION MATERIAL TOTAL ( en España)</b>	<b>91.779,84 €</b>	<b>1.100,08 €</b>
--	--------------------	-------------------

<b>COEF. PASO ESPAÑA-CHILE (%)</b>	0,73
------------------------------------	------

<b>PRESUPUESTO EJECUCION MATERIAL TOTAL (en Chile)</b>	<b>\$ 37.078.975,31</b>	<b>59.326,36 €</b>	<b>295,83 €</b>
--	-------------------------	--------------------	-----------------





### 8.7. ¿QUE OFRECE ESTA VIVIENDA FRENTE A LA VIVIENDA TRADICIONAL?

La vivienda propuesta ofrece una serie de ventajas frente a las viviendas locales, entre las que se encuentran:

#### - Su amplitud

Destacan por tener superficies muy amplias frente a las viviendas de tradicionales de la zona así como las viviendas permanentes prefabricadas utilizadas tras un desastre natural,

#### - Su funcionalidad

Este tipo de viviendas suelen ser muy funcionales, puesto que para cada finalidad, existen diversas estancias y habitaciones muy distintas.

También destacan por tener varias habitaciones y baños, o incluso una amplia cocina, ampliando así su funcionalidad al máximo posible para el disfrute de todos los inquilinos.

#### - Su adaptación

En ésta pueden incluirse tantas personas como se deseen o necesiten, puesto que las dimensiones son muy amplias

Estos tipos de casas suelen ser siempre modificadas fácilmente con el paso de los años y con costes reducidos debido al sistema utilizado para la ejecución de la tabiquería

#### -Su construcción sismorresistente

Debido a los sistemas instalados en la base, la vivienda soportará los movimientos sísmicos que destruyeron la vivienda anterior, protegiendo a sus propietarios y sus pertenencias.

#### -Su confort

La composición aislante de los paneles que conforman el sistema de trasdosado proporcionan confort a los usuarios de estas viviendas.

#### -Su precio

Como se ha podido observar en el presupuesto, la vivienda planteada ofrece una serie de mejoras en seguridad y confort a precios muy competitivos frente a las viviendas locales.

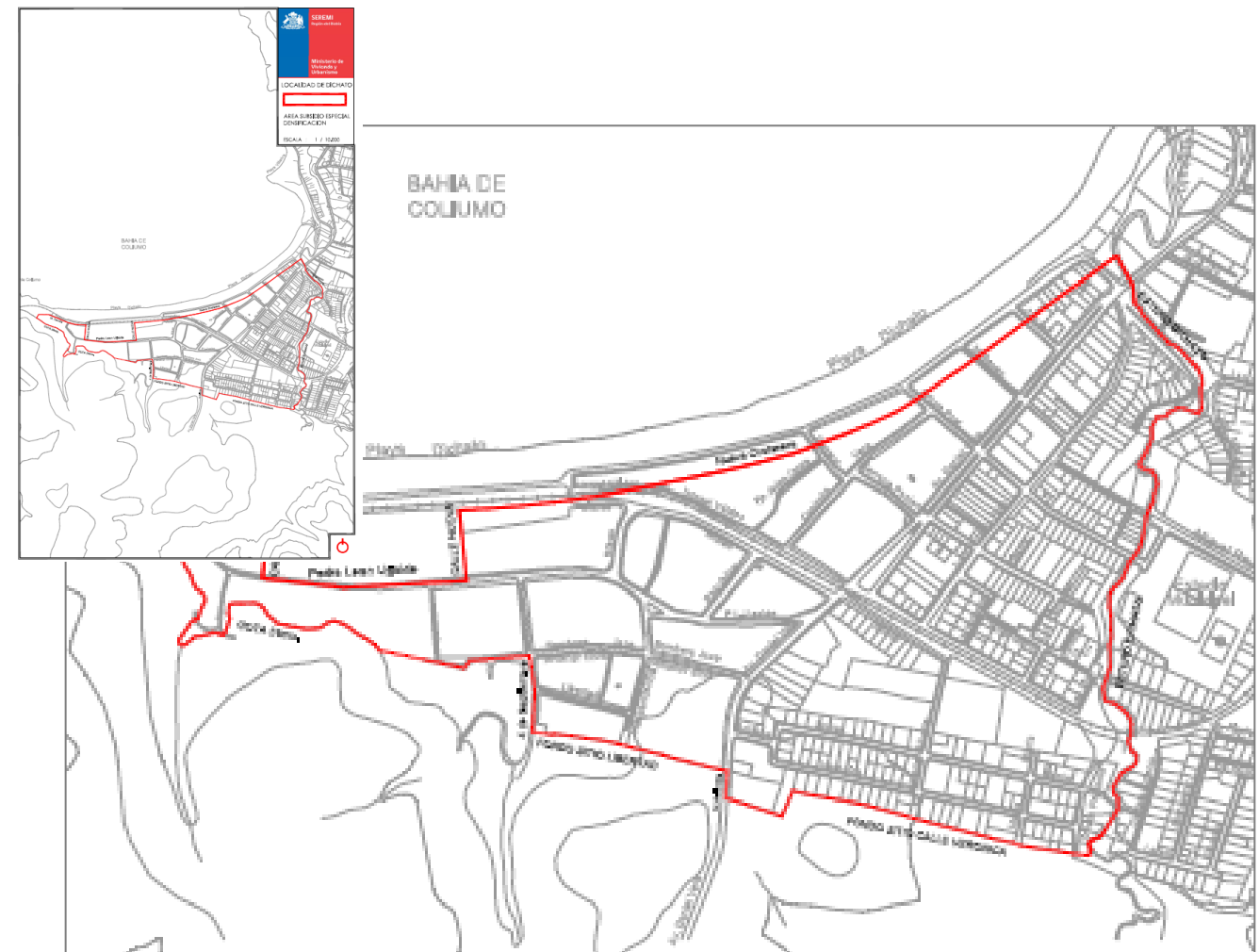
### 8.8. UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS

Tras la tragedia del 27 de febrero de 2010, el Ministerio de vivienda creó el Subsidio de Densificación Urbana, los cuales permite comprar viviendas nuevas de proyectos inmobiliarios ubicados en cascos históricos y/o urbanos de algunas ciudades de las regiones de Valparaíso, O'Higgins, Maule, Biobío y La Araucanía, en terrenos con buena conectividad y accesibilidad a servicios, construidos por inmobiliarias en convenio con la SEREMI de Vivienda y Urbanismo respectiva.

Estos subsidios están dirigidos a damnificados no propietarios o propietarios de viviendas inhabitables con o sin terreno, de sectores medios, con capacidad de ahorro, que desean comprar viviendas nuevas en estas áreas acotadas.

El monto del subsidio es de 300 a 500 UF, dependiendo del precio de la vivienda, el cual puede llegar hasta 2.000 UF.

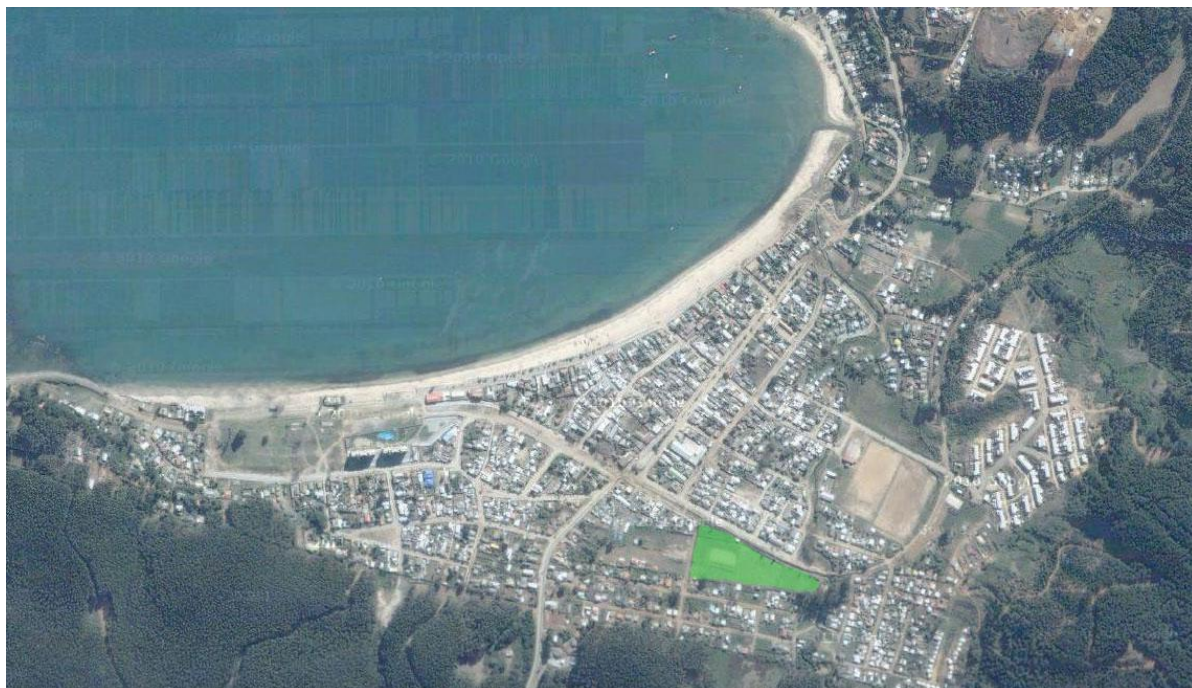
A continuación se presenta un mapa de la localidad de Dichato donde se remarca el polígonos urbanos donde aplicará este subsidio, definidos por las respectivas SEREMI de Vivienda y Urbanismo.





En la zona anterior delimitada en rojo, se buscó un solar en el que realizar el estudio de implantación de las viviendas proyectadas.

El solar escogido está situado en la zona interior de la localidad. Tiene forma triangular, con unas longitudes medias aproximadas de 250,5 m. el lado mayor y 94,7 m. el lado menor. La superficie total aproximada es de 14.728,75m<sup>2</sup>.



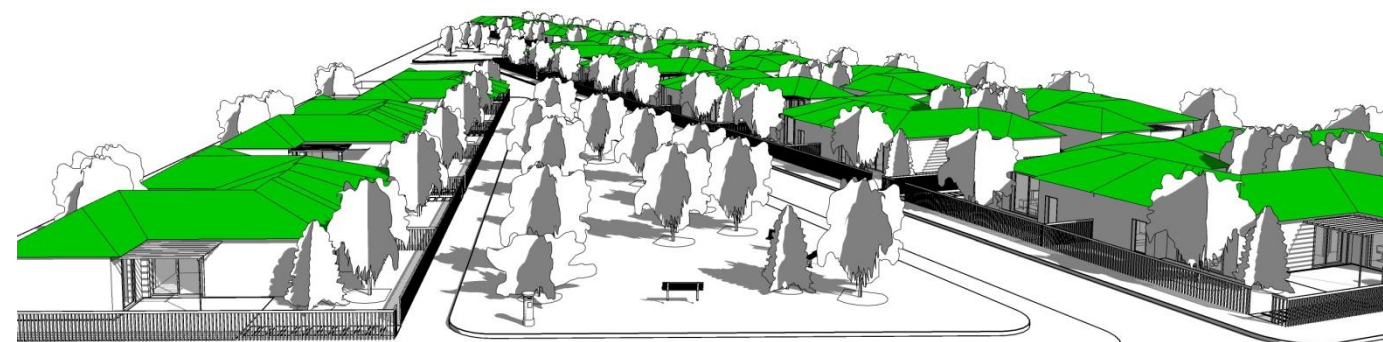
Vista aérea y de detalle de la parcela donde se hará el estudio de implantación.

En dicho solar se prevé la construcción de 34 vivienda adosadas así como la creación de viales y zonas verdes tal y como se propone en el siguiente plano.

Cabe destacar la ejecución de una rotonda junto a las vías, en previsión de espacio para un posible puente que una los dos lados.



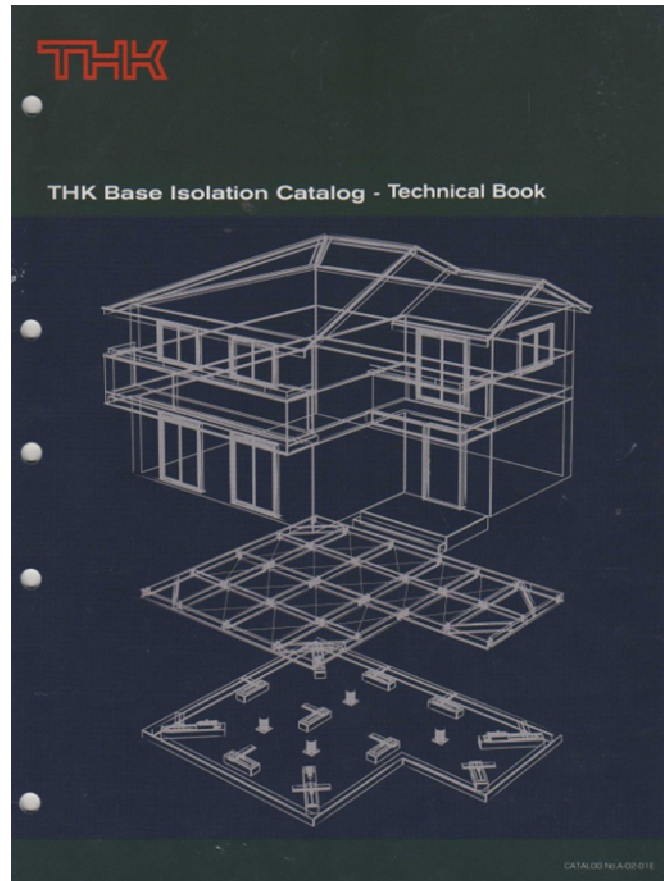
Disposición viviendas en el solar seleccionado. E. 1/1300



Vista perspectiva de la urbanización propuesta.



ANEXO 1. FICHA TÉCNICA SISTEMA ISMORRESISTENTE



CLB021-400

Model number of the system		CLB011	CLB017	CLB021	CLB031	CLB041	CLB061	CLB082	CLB099	CLB133
External dimensions	Height H	93.5	117	143.5	162	185	218	240	264	308
	Width W	170	195	210	270	300	345	370	425	465
Flange plate	Thickness Trp	12	16	22	22	22	25	28	32	36
	Hole diameter Dhp	11	14	14	18	18	18	18	22	24
	Longitudinal pitch Ppr	100	100	100	150	125	110	100	125	150
	Width pitch Ppw	125	145	160	200	230	275	305	340	370
LM block	Width W	72	90	100	120	140	170	195	215	263
	Length L	102	120.5	135	171	198.8	244.4	271.6	300.4	322.8
LM rail	Height M	17	21	24.5	29	36.5	43	44	48	57
	Width W	25	28	33	45	53	63	75	85	100
Long-term permissible load (kN)	Compression P <sub>UL</sub>	113	162	210	303	402	600	800	972	1300
	Tension tP <sub>UL</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Short-term permissible load (kN)	Compression P <sub>US</sub>	226	324	420	606	804	1200	1600	1944	2600
	Tension tP <sub>US</sub>	24	30	37	51	67	114	149	189	257
Vertical rigidity (kN/mm)	Compression K	556	712	750	982	1067	1331	1762	2106	2242
	Tension IK	52	81	97	127	155	181	233	262	282

Unit : mm

Upper: Flange plate length L<sub>pr</sub> (mm)  
Middle: Flange plate mounting hole outer edge distance g (mm)  
Lower: Product mass (kg)

Limit deformation: dimension at which travel from the neutral position is possible  
For limit deformations other than the table above, contact THK.



**Anti-seismic base (mat foundation slab)**

It normally supports the weight of the building via a base isolation system, but in case of earthquake, it receives the reaction force to relieve the building from vibrations.

**Applicable to various buildings**

THK's base isolation systems are capable of operating even with lightweight buildings. They can base isolate not only heavy buildings that can be base isolated even with the conventional systems, but also skyscrapers, wooden houses and light-gauge steel structures.

**Free cycle setting**

Linear motion re-circulating guide CLB has a small friction coefficient (0.0012 to 0.003) and its piece-to-piece variation is minimum (0.002 or less). Therefore, the bearing is capable of extending the service life of buildings (cycle of 5 seconds or longer), which were difficult to achieve with the conventional system. Through setting the recovery/attenuation mechanism.

**Also corresponds to tower buildings**

Linear motion re-circulating guide CLB has a structure that also withstands a pulling load. Even if the bearing supporting a high-aspect-ratio building receives a pulling load, the building will not fall.

SI-H	V kN	F <sub>zd</sub> kN	K <sub>e</sub> kN/mm	K <sub>v</sub> kN/mm	D <sub>g</sub> mm	t <sub>e</sub> mm	h mm	H mm	Z mm	W kg
SI-H 300/100	370	2320	0.99	583	300	100	188	238	350	100
SI-H 350/100	900	3510	1.35	775	350	100	178	228	400	128
SI-H 400/100	1720	4680	1.76	1138	400	100	178	228	450	166
SI-H 450/102	3170	7510	2.18	1372	450	102	190	240	500	220
SI-H 500/102	4640	9380	2.70	1840	500	102	190	240	550	270
SI-H 550/105	5310	9820	3.17	2103	550	105	187	237	600	316
SI-H 600/104	5970	10310	3.81	2469	600	104	180	230	650	362
SI-H 650/108	6620	10830	4.30	2735	650	108	181	231	700	418
SI-H 700/100	7270	11370	5.39	3367	700	100	177	237	750	535
SI-H 800/100	10260	14990	7.04	4877	800	100	177	237	850	694
SI-H 900/108	15290	21220	8.25	5517	900	108	190	250	950	905
SI-H 1000/112	16910	22590	9.82	6381	1000	112	200	280	1050	1327
SI-H 1100/112	21190	27460	11.88	8289	1100	112	200	280	1150	1600
SI-H 1200/112	22700	28700	14.14	9602	1200	112	196	276	1250	1865

**Legend**

V	Vertical seismic load on the isolator
F <sub>zd</sub>	Maximum vertical seismic load of LULS
K <sub>e</sub>	Effective horizontal stiffness
K <sub>v</sub>	Vertical stiffness
D <sub>g</sub>	Elastomer diameter
t <sub>e</sub>	Total elastomer thickness
h	Height excluding outer steel plates
H	Total height including outer steel plates
Z	Side length of outer steel plates
W	Isolator weight excluding anchoring elements

www.thk.com  
www.fip-group.it



ANEXO 2. FICHA TÉCNICA SISTEMA THERMIC-WALL



**Applicazione / Vantaggi**

**APPLICAZIONE**

- Distribuzione Interna,
- Rivestimento di facciate,
- Lastre isolante,
- Isolamento di pavimenti.

**VANTAGGI**

- Facilità di montaggio,
- Rapidità di montaggio,
- Leggerezza, facilità di trasporto e maneggevolezza,
- Buone proprietà meccaniche e fisiche,
- Eccellente comportamento termico,
- Resistenza al fuoco,
- Buon comportamento acustico,
- Risparmio nel costo dei materiali e nella manodopera.

**Condizioni di esecuzione**

Il posizionamento si realizza come per qualsiasi altro sistema. La prima fila si esegue con pezzi di 125 cm di spessore e 15 cm di altezza. Si collocano al pavimento con malta Eco-Revoque.

Lo strato superiore del pezzo riceverà un pezzo di dimensione 125x60 cm con assemblaggio a coda di rondine e applicazione di malta Eco-Revoque.

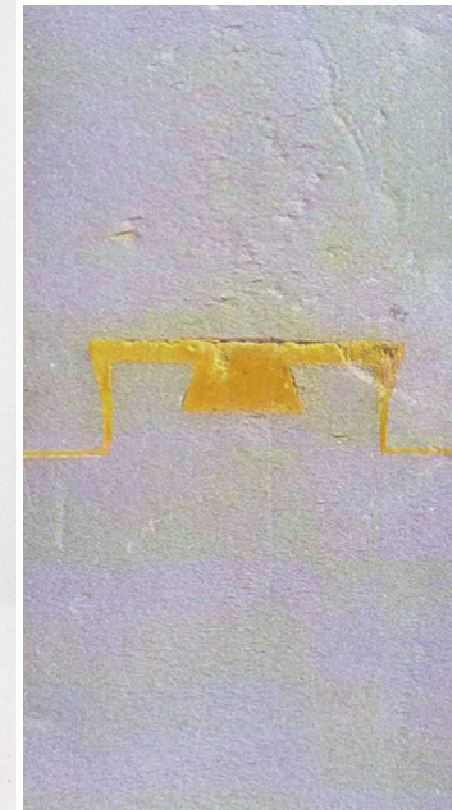
L'intersezione orizzontale e verticale si uniranno sempre con la stessa malta. Le intersezioni con il supporto superiore si eseguirà sempre con la malta Eco-Revoque.

Per le intersezioni a T o a L si praticherà uno spacco simile per garantire l'unione dei pezzi.

Gli infissi si eseguiranno con un pezzo liscio nella parte esterna e si assemblerà alla parete tramite la coda di rondine per garantire una perfetta unione.

**Guida di colocazione**

**Scheda tecnica**



Prodotto sviluppato in collaborazione con el Instituto Tecnológico de la Construcción (AIDICO)

Patenti 201100130

Normativa e attuazioni

UNE-EN Propiedades físicas y mecánicas  
UNE-EN Resistencia al fuego  
UNE-EN Aislamiento térmico  
UNE-EN Aislamiento acústico

**Dimensioni**

**A) Dimensioni**

Dimensione 125x15 cm  
Spessore 8 cm

Dimensione 125x60 cm  
Spessore 8 cm

**B) Rivestimento di facciate**

Dimensione 125x15 cm  
Spessore 5 cm

Dimensione 125x60 cm  
Spessore 5 cm

Inoltre si possono fabbricare pezzi di altre dimensioni.

**Finiture**

Le finiture di Eco-Revoque può servire di base per l'applicazione diretta della pittura.

www.nutecsl.es



ANEXO 3. PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 002 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO</b>									
ECME.1b	m2 Limpieza terreno mecánico Desbroce y limpieza del terreno con medios mecánicos, según NTE/ADE-1. Parcela	1	23,27	15,58		362,78			
							362,78	0,63	228,55
ECMV.1cb	m3 Excav medios pala o carga Excavación a cielo abierto realizada por debajo de la cota de implantación, en terrenos medianos, con medios mecánicos, pala cargadora, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos y carga directa sobre transporte, según NTE/ADV-1. Vaciado	1	116,16		1,00	116,16			
							116,16	1,99	231,18
<b>TOTAL CAPÍTULO 002 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.....</b>									<b>459,71</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 003 CIMENTACIONES</b>									
ECSZ.2abb	m2 HM 10 obra limpieza e=10 cm Capa de hormigón de limpieza HM 10/P/2011a confeccionado en obra, de consistencia plástica, tamaño máximo del árido 20 mm, y 10 cm. de espesor, en la base de la cimentación, elaborado transportado y puesto en obra, según EHE. losa de cimentación	1	116,16			116,16			
							116,16	7,88	916,50
ECSL.3aba	m3 HA 25 losa08cm a 48.5g/m3 Hormigón armado HA 25/P/2011a confeccionado en obra, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20, en losa de 8 cm. de canto, con una cuantía media de 40.5 kg. de acero B 400 S, incluso recortes, separadores, alambre de alado, vibrado y curado del hormigón. losa de cimentación	1	116,16		0,50	58,08			
							58,08	105,91	6.151,25
<b>TOTAL CAPÍTULO 003 CIMENTACIONES.....</b>									<b>7.067,75</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 004 SISTEMAS RES. SISMICA</b>									
EMA.01	kg Estructura metálica auxiliar estructura auxiliar formada IPE 120mm estructura auxiliar	1	45,86	10,40		474,86			
							474,86	2,10	997,21
S_THK	u Sistema de aislamiento sísmico THK						1,00	31.200,00	31.200,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 004 SISTEMAS RES. SISMICA.....</b>									<b>32.197,21</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 005 ESTRUCTURA</b>									
BHX010	m2 Forjado de losa mixta Forjado	1	116,16			116,16			
							116,16	83,49	9.698,29
EEFH.3aa	m2 Muro BHO 40x20x30 c/par e 8 Muro de fábrica de bloque de hormigón de 40x20x30 cm, recibidos con mortero de cemento M-5 confeccionado en obra y con seros rellenos de hormigón armado con dos perillas de redondas de diámetro 8 mm, espesores cada 20 cm, incluso replanteo, aplomado, nivelado, corte, preparación y colocación de las armaduras, vertido y compactado del hormigón y parte proporcional de mermas, desperdicios, solapes, roturas, limpieza. Con deducción de huecos, según SE-F del CTE. Muro carga a deducir	1	137,82			137,82			
							1	-3,26	-3,26
							1	-13,51	-13,51
							1	-6,78	-6,78
							112,37	70,85	7.961,41
EFFH.2a	m2 Fab alig BHH 40x20x20 cm Fábrica aligerada para revestir de 20 cm de espesor, realizada con bloques de hormigón de áridos densos de 40x20x20 cm, recibidos con mortero de cemento M-5, con juntas de 1 cm de espesor, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas y piezas especiales (medio, esquina, etc.); humidificado de las partes en contacto con el mortero, rejuntado y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de montes según DB SE-F del CTE y NTE/FFB. Muro contención fto. sanitario	1	48,54		1,00	48,54			
							48,54	19,29	936,54
<b>TOTAL CAPÍTULO 005 ESTRUCTURA.....</b>									<b>18.595,95</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 006 SOLADOS Y PAVIMENTOS</b>									
ERSP15aba	m2 Pav brz33x33 med cir Pavimento realizado con baldosas de terrazo para uso normal, grano medio, de 33x33 cm., tonos claros, colocado sobre capa de arena de 2 cm. de espesor mínimo, formadas con mortero de cemento M-5, incluso rejuntado con lechada de cemento colorado con la misma tonalidad de las baldosas, eliminación de restos y limpieza, sin acabado según NTE/RSR-6. Distribuidor 1 Distribuidor 2 Dormitorio 1 Dormitorio 2 Dormitorio 3 Salón-comedor	1	1,47			1,47			
							1	2,64	2,64
							1	10,37	10,37
							1	10,48	10,48
							1	10,48	10,48
							1	27,75	27,75
							63,79	26,68	1.648,00
ERSA.3baa	m2 Gres 20x20 MC jnt min L Pavimento cerámico con junta mínima (1,5-3 mm) realizado con baldosa de gres esmaltado monocolor de 20x20 cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según NTE/RPA-3 y Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01106). Baño 1 Baño 2 Cocina	1	3,60			3,60			
							1	4,62	4,62
							1	12,06	12,06
							26,28	33,11	871,47
<b>TOTAL CAPÍTULO 006 SOLADOS Y PAVIMENTOS.....</b>									<b>2.319,47</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
<b>CAPÍTULO 007 CERRAMIENTOS Y DIVISIONES</b>										
TW	m2 Tabique Thermic-Wall Tabique de dos hojas de Thermal-wall de 6,4 cm de espesor, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero megaplus en el interior y mortero aco-revoque, colocadas de forma machihembrada, revestidas con mortero eco-revoque y pintura, incluso replanteo, nivelación y aplomado, mermas y roturas, limpieza de las piezas, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero. Tabiquero TW	1	69,94			69,94				
								69,94	18,90	1.302,97
TRTW	m2 Trajesado Thermic-Wall Ceramizado de dos hojas de Thermal-wall de 3 cm de espesor, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero megaplus en el interior y mortero aco-revoque, colocadas de forma machihembrada, y pintura, incluso replanteo, nivelación y aplomado, mermas y roturas, limpieza de las piezas, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero. a deducir	1	105,49			105,49				
							1	69,86	69,86	
							175,35	18,90	3.314,12	
<b>TOTAL CAPÍTULO 007 CERRAMIENTOS Y DIVISIONES.....</b>									<b>4.617,09</b>	

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 008 REVESTIMIENTOS</b>									
ERPR.2a	m2 Revc proy mdo bl pinto vert Revoque proyectado sobre paramentos verticales, con mortero de cemento blanco de dosificación 1:4, a base de una primera capa aplicado con fratas de espesor no inferior a 3 mm, capa de reparación y capa de acabado más finas y aplicadas con escobilla, con un espesor total de acabado de 7 mm, incluso limpieza, según NTE/ERPR-8. Muro carga a deducir	1	137,82			137,82			
							1	-3,26	-3,26
							1	-13,51	-13,51
							1	-6,78	-6,78
							112,37	15,29	1.718,14
ERPA.1daa	m2 Alic 20x20 MC jnt min L Aliculado con junta mínima (1,5-3 mm) realizado con alicata blanca de 20x20 cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con lechada de cemento (L), incluso cortes y limpieza, según NTE/RPA-3 y Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01106). muro cocina 1 muro cocina 2 baño 1 baño 2	1	12,68			12,68			
							1	7,78	7,78
							1	8,93	20,20
							1	7,78	17,62
							58,28	27,12	1.580,55
<b>TOTAL CAPÍTULO 008 REVESTIMIENTOS.....</b>									<b>3.298,69</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 009 FALSOS TECHOS</b>									
ERTC.1aa	m2 Falso techo escy lisa 100x60 Falso techo realizado con placas de escayola lisa de 100x60 cm, sustentado con esparto y pasta de escayola, según NTE/RTC-95. Distribuidor 1 Distribuidor 2	1	1,47			1,47			
							1	2,64	2,64
							4,11	10,21	41,96
ERTC.2aab	m2 Falso techo y-12.5 c/var Falso techo continuo formado con placa de yeso laminado de 12,5 mm, de borde afinado, sobre estructura longitudinal de madera de 60x27 mm y perfil perimetral de 30x30 mm, anclaje con varilla cuadrada, incluso parte proporcional de piezas de cuelgue, nivelación y tratamiento de juntas, fijo por pintura. Baño 1 Baño 2	1	3,60			3,60			
							1	4,62	4,62
							8,22	27,27	224,16
<b>TOTAL CAPÍTULO 009 FALSOS TECHOS.....</b>									<b>266,12</b>



CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 010 CUBIERTA E IMPERMEABILIZACIONES</b>									
010.1	m <sup>2</sup> Estructura metálica ligera autoportante Estructura metálica ligera autoportante, sobre espacio habitable para cubierta inclinada sobre espacio habitable, formada por perfiles de acero laminados en caliente, conformados en frío y galvanizados, de secciones tipo omega C y omega U, incluso p/p de elementos de anclaje.								
	cubierta	1	118,29			118,29		29,42	3.480,00
CUB_TP.FC.TW	m <sup>2</sup> Cub teq cer pla rj sfp fo onda gr Cubierta inclinada ventilada con tejado inclinado formado por tejado de teja cerámica plana de 43x26 cm, rja con encajes frontal y lateral, recibida con mortero (sostido de cemento y cal hidráulica) sobre chapa ondulada de fibrocemento fijada al soporte sobre rastrelos de madera dispuestos en el sentido normal al de la máxima pendiente clavados al soporte resistente mediante listones cada 50 cm.								
			118,29			118,29		28,49	3.370,08
<b>TOTAL CAPÍTULO 010 CUBIERTA E IMPERMEABILIZACIONES</b>									<b>6.850,17</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 011 CARPINTERIA INTERIOR</b>									
EFTM.1pbae	u Puerta ab ch melia 1 h-72.5 Puerta de peso abatible chapada en pino meliá barnizada, de 1 hoja ciega lisa de 203x72.5x3.5cm, con proceso de pino de 100x45mm, carco de 100x30mm, tapajuntas de 70x12mm, parrillas laterales de 60mm y cerradura con pino, incluso recibida y aploado del cerco, ajustado de la hoja, fijación de los herrajes, nivelado, pequeño material y ajuste final, según NTE/PPM-8.								
	Puerta paso	6				6,00		298,73	1.792,38
EFTM03aaa	u Fren lis 2226x2440-0h 5b pint Frente de armario formada por fibras para pintar de superficie lisa y de dimensiones 2226x2440mm, formado por cinco hojas abatibles de altura 2200mm, anchura 480mm y grosor 19mm, incluido carco de 70x22mm en aglomerado revestido de melamina, topajuntas a una cara en aglomerado rechapado en madera, bisagras, tirador por hoja, juego de tornillos y barnizado de la madera, colocación, nivelado y ajuste final.								
	Armarios habitaciones	3				3,00		350,39	1.051,17
<b>TOTAL CAPÍTULO 011 CARPINTERIA INTERIOR</b>									<b>2.803,55</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 012 CARPINTERIA EXTERIOR Y CERRAJERIA</b>									
EFTA.9db	u Puerta 1h a galv 90x205cm cilrej Puerta de paso de una hoja abatible de 90x205cm, formada por dos planchas de acero galvanizado ensambladas entre sí y relleno de espuma de poliestireno, con rejillas inferiores y superiores, marco de plancha de acero galvanizado de 1,2mm de espesor, bisagras y cerradura embudada con manivela, incluso aploado, colocación y eliminación de restos.								
	Puerta entre ppal	1				1,00		141,45	141,45
EFTL.16fa	u Vent ab 1h 90x120 Ventana de una hoja abatible, realizada con perfiles de aluminio anodizado de 15 micras con sello de calidad Ewaal-Euris con canal europeo, junta de estanqueidad interior, sellante en esquinas del cerco y accesorios que garanticen su correcto funcionamiento, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 33mm, recibida directamente en un hueco de obra de 90x120cm mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50cm y a menos de 25cm de las esquinas tomadas con morteros de cemento, incluso replanteo, colocación, aploado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral mediante silicona y limpieza, según NTE-FCL.								
	V2	2				2,00		190,17	380,34
EFTL.16ba	u Vent ab 1h 60x60 Ventana de una hoja abatible, realizada con perfiles de aluminio anodizado de 15 micras con sello de calidad Ewaal-Euris con canal europeo, junta de estanqueidad interior, sellante en esquinas del cerco y accesorios que garanticen su correcto funcionamiento, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 33mm, recibida directamente en un hueco de obra de 60x60cm mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50cm y a menos de 25cm de las esquinas tomadas con morteros de cemento, incluso replanteo, colocación, aploado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral mediante silicona y limpieza, según NTE-FCL.								
	V5	1				1,00		102,35	102,35

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
EFTL.16ja	u Vent ab 1h 45x180 Ventana de una hoja abatible, realizada con perfiles de aluminio anodizado de 15 micras con sello de calidad Ewaal-Euris con canal europeo, junta de estanqueidad interior, sellante en esquinas del cerco y accesorios que garanticen su correcto funcionamiento, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 33mm, recibida directamente en un hueco de obra de 45x180cm mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50cm y a menos de 25cm de las esquinas tomadas con morteros de cemento, incluso replanteo, colocación, aploado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral mediante silicona y limpieza, según NTE-FCL.								
	V6p	1				1,00		161,04	161,04
EFTL.16ja	u Vent ab 1h 75x180 Ventana de una hoja abatible, realizada con perfiles de aluminio anodizado de 15 micras con sello de calidad Ewaal-Euris con canal europeo, junta de estanqueidad interior, sellante en esquinas del cerco y accesorios que garanticen su correcto funcionamiento, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 33mm, recibida directamente en un hueco de obra de 75x180cm mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50cm y a menos de 25cm de las esquinas tomadas con morteros de cemento, incluso replanteo, colocación, aploado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral mediante silicona y limpieza, según NTE-FCL.								
	V6q	1				1,00		175,81	175,81
EFTL.16nna	u Vent cna 2h 240x255 (j sup 40 Ventana de dos hojas correderas con un peño superior fijo de 40cm de alto, realizada con perfiles de aluminio anodizado de 15 micras con sello de calidad Ewaal-Euris con canal europeo, junta de estanqueidad interior, sellante en esquinas del cerco y accesorios que garanticen su correcto funcionamiento, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 18mm, recibida directamente en un hueco de obra de 240x255cm mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50cm y a menos de 25cm de las esquinas tomadas con morteros de cemento, incluso replanteo, colocación, aploado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral mediante silicona y limpieza, según NTE-FCL.								
	V3	1				1,00		260,48	260,48
	V1	1				1,00		240,48	240,48
EFTL.16ca	u Puerta ab 1h 75x210 Puerta balconera de una hoja abatible, realizada con perfiles de aluminio anodizado de 15 micras con sello de calidad Ewaal-Euris con canal europeo, junta de estanqueidad interior, sellante en esquinas del cerco y accesorios que garanticen su correcto funcionamiento, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 33mm, recibida directamente en un hueco de obra de 75x210cm mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50cm y a menos de 25cm de las esquinas tomadas con morteros de cemento, incluso replanteo, colocación, aploado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral mediante silicona y limpieza, según NTE-FCL.								
	V4	1				1,00		219,03	219,03
EFA0.1aaa	m <sup>2</sup> Acris 40x40/4 Acristalamiento realizado con doble vidrio asiente, compuesto por vidrio incoloro 4 mm, en el interior, cámara de aire deshidratado de 6 mm., sellado perimetralmente, y vidrio incoloro 4 mm, en el exterior, con doble sellado de butilo y poliisocianuro, incluso perfiles de recopero y colocación de junquillos.								
	a detector	1				3,20		3,20	3,20
		1				13,01		13,01	13,01
		1				8,78		8,78	8,78
<b>TOTAL CAPÍTULO 012 CARPINTERIA EXTERIOR Y CERRAJERIA</b>									<b>2.627,99</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 013 INSTALACIONES DE SANEAMIENTO Y VENTILACION</b>									
EISC16ab	m Colect entre PEAD DN125mm 30%aoc Colector enterrado, realizado con tubo para saneamiento de polietileno de alta densidad (PEAD) de diámetro exterior 160 mm, con incremento del precio del tubo del 30% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, colocado en zanja de ancho 500+160 mm sobre lecho de arena / grava de espesor 100+160 10 mm, sin incluir excavación, relleno de la zanja ni compactación final.								
		1	4,03			4,03		16,11	64,92
EISA.7boc	u Arg cua PP p 40x40cm tap rej Arqueta prefabricada de peso de polipropileno, cuadrada, registrable, de medidas 40x40 cm, con conexiones laterales adaptables a tubos de diámetro de 75 a 250 mm, con tapa rejilla y marco, fabricados por inyección de polipropileno, totalmente instalada.								
		1,00				80,25		80,25	80,25
EISC13aaa	m Colect colg PVC 110mm peg Colector colgado, realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 110 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 14014.								
		1	13,21			13,21		19,62	251,25
<b>TOTAL CAPÍTULO 013 INSTALACIONES DE SANEAMIENTO Y VENTILACION</b>									<b>406,42</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 014 INSTALACIONES FONTANERIA</b>									
EIFE.9a	u Termo eléctrico 95 l Termo eléctrico para acumulación y producción de agua caliente sanitaria, en acero esmaltado con recubrimiento de espuma de poliestireno de alta densidad, 95 l de capacidad, 1500 W de potencia eléctrica, 230 V, 50 Hz, montaje en posición vertical y protegido contra la corrosión mediante ánodo de magnesio, con regulación automática, termostato y válvula de seguridad, grupo de conexión y alimentación con filtro incorporado, válvula de seguridad y manómetro con un diámetro de conexión de 3/4", válvula de corte (salida), latiguillos, fijaciones y soportes, totalmente instalado, conexionado y en correcto estado de funcionamiento, incluso pruebas.								
		1				1,00		292,52	292,52
EIFT.9cbb	u Ins coc 1b PP desq ø40mm Instalación de fontanería para una cocina, dotada con tomas para fregadero, lavadora, lavavajillas, realizada con tuberías de polipropileno para las redes de agua fría y caliente y con tuberías de PVC de diámetro 40 mm para la red de desagües, preparada para sifón individual en cada aparato, incluso con p.p. de bajante de PVC de 150 mm, sin grifería, aparatos electrodomésticos ni ayudas de albañilería, las tomas de agua cerradas con llaves de escuadro o tapones (según proceda) y los desagües con tapones, totalmente acabada.								
		1,00				292,52		292,52	292,52
EIFT.9cb	u Ins bñ compl 1b PP desq ø40mm Instalación de fontanería para un baño completo dotado de lavabo, inodoro, bidé y bañera, realizada con tuberías de polipropileno para las redes de agua fría y caliente y con tuberías de PVC de diámetro 40 mm para la red de desagües, preparada para sifón individual en cada aparato, incluso con p.p. de bajante de PVC de 125 mm y manguito para enlace al inodoro, sin grifería, aparatos sanitarios ni ayudas de albañilería, las tomas de agua cerradas con llaves de escuadro o tapones (según proceda) y los desagües con tapones, totalmente acabada.								
		1,00				662,05		662,05	662,05
EIF5.4baaa	u Pl perc 70x70cm 12mm bl Plato de ducha de porcelana, de dimensiones 70x70 cm y 12 mm de espesor, en color blanco, con fondo antideslizante con marcado AENOR, según las Normas Básicas para las instalaciones interiores de Suministro de Agua.								
		2,00				96,28		192,56	192,56
EIF510aaa	u Lavabo 600x420mm mur bl Lavabo de 600x420 mm mural, sin pedestal, de porcelana vitrificada blanca, con juego de anclajes para fijación, incluso válvula desague de 1 1/2", sifón y tubo, colocado y con ayudas de albañilería.								
		2,00				109,41		218,82	218,82
EIF514aaa	u Tz tanq 1b bid coc asa+tap Taza inodoro para tanque bajo, de porcelana vitrificada blanca, con asiento y tapacodos y bisagras azules, calidad económica, juego de fijación, codo y anclaje de unión, colocado y con ayudas de albañilería.								
		2,00				110,19		220,38	220,38



CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
EFT.7bab	u Ins ag fric lb PP lav+trndu Instalación de fontanería para un aseo dotado de lavabo, inodoro y ducha, realizada con tuberías de polipropileno para las redes de agua fría y caliente, y con tuberías de PVC (diámetro 40 mm para la red de desagües, preparada para sifón individual en cada aparato, incluso con parte proporcional de bajante de PVC de 110 mm y con manguito para enlace al inodoro, sin grifería, aparatos sanitarios ni ayudas de alfilería, las tomas de agua cerradas con llaves de escuadro o tapones (según proceda) y los desagües con tapones, totalmente acabada.						1,00	474,91	474,91
EFG.2baa	u Mez mnb1 conve eco rps Mezclador monobloque para lavabo, convencional, calidad económica, de repisa, acabado cromado, con aérateur, desagüe automático y enlaces de alimentación flexibles, totalmente instalado y comprobado.						2,00	60,71	121,42
EFG.1bab	u Mez conve eco ext du 1,50m Mezclador monobloque para ducha, convencional, calidad económica, acabado cromado, mezclador exterior, con ducha térmica flexible de 1,50 m de longitud y soporte articulado, totalmente instalado y comprobado.						2,00	59,49	118,98
EFG.4ab	u Mez conve eco rps frag Mezclador para fregadero, convencional, calidad económica, de repisa, acabado cromado, caño alto giratorio con aérateur y enlaces de alimentación flexibles, totalmente instalado y comprobado.						1,00	52,14	52,14
EFA.1dba	u Acometida <15e Ø32mm Acometida en conducciones generales de PE, 75 mm de diámetro, compuesta por collarín machón doble, llave de esfera, manguito de rosca macho, quince metros de tubo de polietileno bajo densidad de 32 mm de diámetro y 10 atmósferas de presión y llave de entrada acometida individual, incluso anillo de registro de 40x40 cm de ladrillo perforado de 24x11,5x9 cm, solera de 5 cm de HM-20 con orificio sumidero, excavación de zanja y derechos y permisos para la conexión, sin reposición de pavimento, totalmente instalada, conectada y en perfecto estado de funcionamiento.						1,00	425,61	425,61
<b>TOTAL CAPÍTULO 014 INSTALACIONES FONTANERÍA.....</b>									<b>3.578,69</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
<b>CAPÍTULO 015 INSTALACIONES ELECTRICAS</b>										
EET.2abbb	u Ins viv EB 3dorm Instalación eléctrica completa en vivienda de 3 dormitorios y 2 baños, con una electrificación básica de 5750 W, compuesta por cuadro general de distribución con dispositivos de mando, inactiva y protección general mediante 1 PIA 2x25 A y 1 interruptor diferencial 2x25A/30 mA para 5 circuitos (1 para iluminación, 1 para tomas generales y frigorífico, 1 para tomas de corriente en baños y auxiliares de cocina, 1 para lavadora, lavavajillas y termo y 1 para cocina y horno); 1 timbre zumbador, 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados y 1 base de 16 A en el vestíbulo; 2 puntos de luz con 4 encendidos conmutados y 5 bases de 16 A en salón-comedor de hasta 30 m2; 2 puntos de luz con 6 encendidos, 4 conmutados y 2 cruzamientos y 3 bases de 16 A en dormitorio principal de hasta 18 m2; 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados y 2 bases de 16 A en dormitorios de hasta 12 m2; 1 punto de luz con 1 encendido simple y 1 base de 16 A en baños; 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados y 1 base de 16 A en el pasillo; 1 punto de luz con 2 encendidos conmutados, 1 base de 25 A para cocina/horno y 6 bases de 16 A para extractor, frigorífico, lavadora, lavavajillas, termo y auxiliares en cocina de hasta 10 m2 y 1 punto de luz con 1 encendido simple en terraza; realizada con mecanismos de calidad media y con cable de cobre unipolar de diferentes secciones colocado bajo tubo flexible corrugado de doble capa de PVC de distintos diámetros, totalmente instalada, conectada y en correcto estado de funcionamiento, según NTE-EV/89 y el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 2002.							1,00	2.068,19	2.068,19
<b>TOTAL CAPÍTULO 015 INSTALACIONES ELECTRICAS.....</b>									<b>2.068,19</b>	

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 016 INSTALACIONES AUDIOVISUALES</b>									
EIAR.2ab	u Grupo ant pñsa indv UHF+VHF+FM Instalación de grupo de antenas de recepción de TV, UHF+VHF+FM sobre mástil anclado con un sistema de mezcla basado en un amplificador de ruido y un cable coaxial (ríscico de bajada hasta la vivienda, conexión in situ, embudo de los cables y fijación del andaje para que aguarde una velocidad del viento de 150 Km/h), totalmente instalado, comprobado y en correcto estado de funcionamiento, según la normativa vigente para Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, Real Decreto 401/2003.						1,00	457,20	457,20
EIAT.4a	u Toma telefónica Instalación de toma telefónica RJ-11 para caja universal, totalmente instalado, conectado, comprobado y en correcto estado de funcionamiento, según la normativa vigente para Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, Real Decreto 401/2003.						1,00	7,99	7,99
<b>TOTAL CAPÍTULO 016 INSTALACIONES AUDIOVISUALES.....</b>									<b>465,19</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 017 EQUIPAMIENTOS Y VARIOS</b>									
ESMR31a	u Mue base frag limd plus 90 Mueble de cocina base fregadero para colocar bancada superior continua de 70x90x60 cm, con dos puertas, acabado en laminado plástico con cantos redondeados, cierre por bisagras de resorte, cuerpo en tablero melamínico color blanco de 16 mm, de espesor, zócalo en bañón a juego con el acabado de las puertas, sin balda interior, incluso herrajes.						1,00	162,81	162,81
ESMR32a	u Mue base limd plus 60 1psta Mueble de cocina base para colocar bancada superior continua de 70x90x60 cm, con una puerta, cierre por bisagras de resorte, acabado en laminado plástico con cantos redondeados, cuerpo en tablero melamínico color blanco de 16 mm, de espesor, zócalo en bañón a juego con el acabado y balda interior graduable, incluso herrajes.						8,00	110,67	884,02
ESMR38bana	m Escor met cr surf cielo e 2 Encimera de mármol creta marfil de dimensiones 60x2 cm, para longitudes mayores de 1,5 m, con canto pulido, tornada con mortero de cemento 1:5 (M-40a) incluso colocación, rejuntado con lechada de cemento blanco, eliminación de restos y limpieza.						42,00	42,25	1.774,50
ES_SOL	m2 Sotera físcn Pavimento continuo realizado con hormigón HA 15 de consistencia fluida y tamaño máximo del árido 20 mm, de 10 cm, de espesor, con malla electrosoldada ME 15x15 diámetro 5-5 B 500 S, extendido, nivelado y alisado, parte proporcional de juntas de retención (módulos de 20 m2), realizadas con medios mecánicos, según NTE/RS/C-6.						1	53,83	53,83
							1	5,31	5,31
VP	m MALLA GALV. ST 50/14 DE 1,00 M. Cercado con enrejado metálico galvanizado en caliente de malla simple tensión, traza 50/14 de 1,00 m de altura y postes de tubo de acero galvanizado por inmersión, de 48 mm, de diámetro y tornapuntas de tubo de acero galvanizado de 32 mm, de diámetro, totalmente montada, livrada con mortero de cemento y arena de río 1:4, tasones, grúppas y accesorios.						58,14	29,67	1.754,88
	vallado ext.						1	12,28	12,28
							1	9,78	9,78
							1	1,75	1,75
							1	3,40	3,40
							1	6,72	6,72
<b>TOTAL CAPÍTULO 017 EQUIPAMIENTOS Y VARIOS.....</b>									<b>4.657,65</b>
<b>TOTAL.....</b>									<b>91.779,84</b>



*Imagen terremoto L'Áquila, 2009*



**CONCLUSIONES**



## CONCLUSIONES

Las conclusiones extraídas tras el desarrollo del proyecto *“Estudio y análisis de los sistemas de consolidación y protección sísmica. Los efectos del terremoto de 2009 en el centro histórico de L’Aquila, Italia”* no sólo se centran en un ámbito arquitectónico, constructivo o material de lo que supone un seísmo, sino que extienden al plano más emotivo tras conocer de primera mano la situación actual de L’Aquila.

Durante el estudio previo, uno de los hechos que más nos ha sorprendido a lo largo de todo el proceso de elaboración del PFG ha sido la escasa información acerca de la situación de los damnificados tras estos eventos. Sabíamos que este tipo de noticia suele ser fácilmente olvidada, pero nunca pensamos que fuera tan complicado obtener información incluso de organizaciones humanitarias. Debido al gran número de afectados a lo largo de la historia por las catástrofes naturales y más concretamente tras los recientes terremotos en Lorca, Módena o Haití, esperábamos encontrar gran cantidad de información y precedentes relacionados con la temática central.

El estudio del prototipo de vivienda sismorresistente, nos obligo a investigar sobre los sistemas sismorresistente y su aplicación, ayudándonos a comprender mejor el comportamiento de las estructuras durante un fenómeno sísmico.

Nuestra visita a la ciudad supuso un punto de inflexión en cualquiera de las elucubraciones que pudiésemos tener sobre la situación actual que atraviesa. El tiempo se detuvo el 9 de abril de 2009 y pese a lo que cualquiera pueda imaginar, todavía sigue interrumpido. Las cifras de los daños personales de la catástrofe natural se pueden resumir en 309 muertos y 20.000 desalojados, aunque si queremos ceñirnos a la realidad habrá que incluir al total de los 73.000 habitantes que vivían en esta región del centro de Italia y también sufrieron el seísmo.

Hoy la prensa apenas recuerda lo sucedido, las cámaras de televisión ya no recorren L’Aquila pese a que la noticia sigue estando en sus calles: el tiempo sigue detenido para miles de personas.

Con nuestro proyecto final de carrera hemos querido trasladar la perspectiva real de L’Aquila, los contrastes de la ciudad que fue y la que es, la realidad cotidiana de algunas personas que viven allí y de lo mucho que todavía queda por hacer para que los que allí quedan y los que se tuvieron que ir, regresen a la vida normal.

Entre los datos que recoge la prensa en la última efeméride del seísmo se pueden destacar por ejemplo que el 95% de los escombros que a día de hoy sigue repartido por las calles de L’Aquila sin un lugar concreto para depositarlos. Que cualquiera de los edificios apuntalados espera una rehabilitación no prevista. Que los habitantes de L’Aquila residen desde hace tres años en la periferia de esa ciudad, en construcciones temporales, que con los meses van adquiriendo el carácter definitivo que los trámites de la burocracia les imponen. Que no se puede pasar página si una foto de L’Aquila en julio de 2012 es la misma que la del día siguiente al terremoto. Hartos de esperar, en su día los ciudadanos colgaron las llaves de sus casas en las vallas de los perímetros acotados y en algunos rincones los mensajes de ánimo empapan las paredes agrietadas.

Tras la realización de este proyecto, nos preguntamos cuál será la realidad de los miles de damnificados por esta causa alrededor del mundo, en países pobres en los que la vida ya era de por sí mucho más dura antes del terremoto.

Los habitantes de L’Aquila quieren volver a que la ciudad se conozca por sus edificaciones centenarias que invitaban a conocerla o por el perfil bullicioso que cualquier universidad como la de L’Aquila, concede al lugar donde se ubica.

Los objetivos están claros, las ruinas y escombros deben dejar paso a la vida y la burocracia debería facilitarlos, pero los ciudadanos no lo sienten así, e intentan aprovisionarse de las dosis de paciencia y esperanza que parece les hará falta durante algún tiempo más.

La entrega de este trabajo no significa la culminación del mismo. Lo que allí vimos y escuchamos de sus habitantes nos obligaría a volver, no sabemos en cuanto tiempo, a esas mismas calles en las que en el 2012 estaban repletas de edificios agrietados y ojalá volver a verlos en todo ese esplendor que en su día tuvieron.



L’Aquila, mayo 2012. David Couto, Elisa Valía, Alejandro García y Prof. Ing. Romolo Continenza.





# BIBLIOGRAFÍA

*Imagen terremoto L'Áquila, 2009*



## PAGINAS WEB

### EL SISMO Y SUS EFECTOS SOBRE LAS EDIFICACIONES

<http://www.thk.com/es/products/class/seismicisolation/index.html>  
[http://www.elpais.com/graficos/sociedad/produce/terremoto/elpgrasoc/20030122elpepusoc\\_2/Ges/](http://www.elpais.com/graficos/sociedad/produce/terremoto/elpgrasoc/20030122elpepusoc_2/Ges/)  
[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/millones\\_jj/cap2.PDF](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/millones_jj/cap2.PDF)  
<http://www.earthquakecountry.info/roots-es/resources.html>  
<http://ingcivilperu.blogspot.com/2011/02/nociones-de-sismologia-guia-de-estudio.html>  
<http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/terremotos-tsunamis-y-fallas-geologicas/>  
<http://www.eqclearinghouse.org/20100227-chile/wp-content/uploads/2010/04/Informe-de-Intensidades-M.-Astroza-y-otros.pdf>  
<http://140geek.com/monitor-de-actividad-sismica-online/944/>  
<http://es.scribd.com/doc/22621695/34/Riesgo-sismico>  
<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/chile/gshap.php>  
<http://ingenieriasismicaylaconstruccioncivil.blogspot.com/2010/02/terremotos-y-sus-efectos-en-la.html>  
<http://www.uta.cl/sismologia/>  
[http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG\\_CASTELLANO/ORGANOS\\_COLEGIADOS/CPNS/NORMATIVA/](http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CPNS/NORMATIVA/)  
<http://ainara-manrique.suite101.net/edificios-contra-terremotos-a43850>  
[http://www.maurersoehne.es/sistemas\\_de\\_proteccion\\_estructural/descargas/informacion\\_sobre\\_productos/](http://www.maurersoehne.es/sistemas_de_proteccion_estructural/descargas/informacion_sobre_productos/)  
<http://www.taylordevices.com/>  
[http://ltpc.dpa-etsam.com/wp-content/uploads/2009/09/dos\\_referencias2.pdf](http://ltpc.dpa-etsam.com/wp-content/uploads/2009/09/dos_referencias2.pdf)  
<http://www.kobori-takken.co.jp/>  
<http://strutturisti.wordpress.com/2009/06/07/tipologie-di-difesa-dalle-azioni-sismiche-controllo-attivo-semi-attivo-passivo-ibrido/>  
<http://es.scribd.com/doc/52389413/muros-cortantes>  
[http://apta.com.es/index.php?option=com\\_content&task=view&id=42&Itemid=26](http://apta.com.es/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=26)  
<http://www.protezionecivile.it/>  
<http://www.iesgrancapitan.org/blog08/?p=938>  
<http://www.comune.laquila.gov.it/>  
<http://internacional.universia.net/europa/ciudades/italia/laquila/index.htm>  
<http://www.rtve.es/noticias/20090415/reconstruir-centro-italia-asolado-por-terremoto-costara-12000-millones-euros/264787.shtml>  
<http://www.elmundo.es/elmundo/2009/04/28/internacional/1240945736.html>

<http://www.migeo.pe/2009/04/fuerte-sismo-en-laquila-italia.html>

<http://spazioinwind.libero.it/sismica/index.html>

<http://www.provincia.laquila.it/>

<http://www.cred.be/publications>

<http://www.famresri.org/Espa%C3%B1ol/ViviendaApoyoTransicional/tabid/208/Default.aspx>

<http://www.earthquakecountry.info/roots-es/basics.html>

---

### VIVIENDAS DE EMERGENCIA

<http://www.experimenta.es/noticias/industrial/shigeru-ban-japon-refugio-terremoto-tsunami-artuitectura-2827>

[http://www.hectorscerbo.com.ar/blog/index.php?option=com\\_content&view=article&id=537:reconstruccion-de-la-aquila&catid=36:arquitectura-en-madera](http://www.hectorscerbo.com.ar/blog/index.php?option=com_content&view=article&id=537:reconstruccion-de-la-aquila&catid=36:arquitectura-en-madera)

<http://www.publico.es/internacional/285145/los-peores-terremotos-de-los-ultimos-20-anos>

<http://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2012-05-14/deficit-de-vivienda-en-america-latina-y-el-caribe,9978.html>

---

### TERREMOTO CHILE

<http://www.miamidiario.com/sucesos/latinoamerica/chile/gobierno/dos-anos/victimas/damnificados/campamentos/albergues/terremoto-chile/212803>

[http://internacional.elpais.com/internacional/2010/02/28/actualidad/1267311601\\_850215.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2010/02/28/actualidad/1267311601_850215.html)

<http://ciperchile.cl/2011/05/12/el-primer-ano-de-la-reconstruccion-no-se-financio/>

<http://noticias.terra.es/fotos/actualidad/fichafoto.aspx?itemurl=/2012/sucesos/0217/fotos-media/chile-terremoto-el-molino-hogar-de-damnificados-del-sismo-de-chile-02>

<http://solo-noticias.info/nacionales/a-dos-anos-del-terremoto-la-reconstruccion-todavia-esta-pendiente-en-chile/>

<http://noticias.terra.es/fotos/actualidad/fichafoto.aspx?itemurl=/2012/sucesos/0228/fotos-media/chilenos-recuerdan-terremoto-de-2010-mientras-gobierno-y-oposicion-debaten-04>

### TERREMOTO HAITI

<http://www.observatorionegociosyliderazgo.cl/index.php/iqustasando-menu-superior-104/26-novedades/5460-inician-reubicacion-de-refugiados-de-haiti-por-terremoto-de-2010>

<http://www.intereconomia.com/noticias-gaceta/iglesia/iglesia/situacion-lamentable-los-campos-refugiados-por-terremoto-haiti-20110>



<http://noticiasdeabajo.wordpress.com/2011/01/12/haiti-un-ano-despues-millones-de-personas-sin-hogar-o-siguen-desplazadas/>

<http://www.ifrc.org/es/publicaciones/publicaciones-claves/>

<http://blogs.elpais.com/3500-millones/2012/01/haiti-dos-anos-despues.html>

<http://www.lne.es/opinion/2012/02/07/haiti-anos-despues/1195516.html>

[http://www.cincodias.com/articulo/economia/haiti-anos-despues-terremoto/20120112cdscdseco\\_12/](http://www.cincodias.com/articulo/economia/haiti-anos-despues-terremoto/20120112cdscdseco_12/)

<http://www.lanacion.com.ar/1439626-haiti-aniversario-terremoto>

[http://miradaglobal.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2016%3Ahaiti-a-dos-anos-del-terremoto-del-duelo-a-la-inconformidad&catid=30%3Asociedad&Itemid=34&lang=es](http://miradaglobal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2016%3Ahaiti-a-dos-anos-del-terremoto-del-duelo-a-la-inconformidad&catid=30%3Asociedad&Itemid=34&lang=es)

[https://www.cruzroja.es/portal/page?\\_pageid=619,12283552&\\_dad=portal30&\\_schema=PORTAL30&P\\_Codigo=11423](https://www.cruzroja.es/portal/page?_pageid=619,12283552&_dad=portal30&_schema=PORTAL30&P_Codigo=11423)

<http://www.es.amnesty.org/noticias/noticias/articulo/las-autoridades-empujan-a-los-damnificados-del-terremoto-a-vivir-en-la-calle/>

[http://cultura.elpais.com/cultura/2012/02/03/album/1328286607\\_188332.html#1328286607\\_188332\\_1328287273](http://cultura.elpais.com/cultura/2012/02/03/album/1328286607_188332.html#1328286607_188332_1328287273)

#### TERREMOTO LORCA

<http://www.vanguardia.com.mx/haymildamnificadosenlorca;permanecenencampamentos-725721.html>

[http://translate.google.es/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.simplynetworking.es/news-9030-31-torrecilla\\_refugee\\_camp\\_closed\\_almost\\_6\\_months\\_after.html](http://translate.google.es/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.simplynetworking.es/news-9030-31-torrecilla_refugee_camp_closed_almost_6_months_after.html)

[https://www.cruzroja.es/portal/page?\\_pageid=619,12283552&\\_dad=portal30&\\_schema=PORTAL30&P\\_Codigo=10622](http://www.cruzroja.es/portal/page?_pageid=619,12283552&_dad=portal30&_schema=PORTAL30&P_Codigo=10622)

<http://www.bottup.com/201203148240/Ciudadania/los-vecinos-afectados-por-el-terremoto-de-lorca-se-manifestaran-contra-el-gobierno-regional.html#axzz1q7V46oT0>

<http://www.lorcadigital.com/?p=8311>

<http://www.elconfidencial.com/espana/2012/03/22/los-vecinos-de-lorca-claman-contra-el-gobierno-regional-por-retener-las-ayudas-94774/>

<http://www.mariagonzalezveracruz.com/?p=2339 ¿??? NO SE SI METERLO EN LA BIBLIOGRAFIA>

[http://elpais.com/elpais/2011/05/11/actualidad/1305101854\\_850215.html](http://elpais.com/elpais/2011/05/11/actualidad/1305101854_850215.html)

<http://www.hechosdehoy.com/edificios-destruidos-en-lorca-por-8385.htm>

<http://www.lavanguardia.com/sucesos/20110513/54154001357/el-terremoto-de-lorca-deja-cerca-de-40-000-afectados-que-podrian-estar-meses-fuera-de-su-casa.html>

<http://www.lavanguardia.com/sucesos/20110513/54154001357/el-terremoto-de-lorca-deja-cerca-de-40-000-afectados-que-podrian-estar-meses-fuera-de-su-casa.html>

<http://www.lavanguardia.com/sucesos/20110513/54154001357/el-terremoto-de-lorca-deja-cerca-de-40-000-afectados-que-podrian-estar-meses-fuera-de-su-casa.html>

<http://jaumesatorra.wordpress.com/2011/05/14/lorca-cifra-en-40-000-el-numero-de-vecinos-afectados-por-el-terremoto/>

<http://www.publico.es/espana/406467/ningun-edificio-de-lorca-ha-sido-aun-reconstruido>

<http://portal.ajintem.com/noticias-espana/54-noticias-nacionales/53098--lorca-unos-2000-damnificados-extranjeros-aun-en-campamentos-.html>

#### TERREMOTO SUMATRA2009

<http://www.msf.es/multimedia/foto-galerias/2009/indonesia-un-mes-despues-del-terremoto>

<http://www.eluniverso.com/2009/09/30/1/1361/terremoto-grados-sacude-sumatra.html>

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/us2009mebz.php#tsunami>

[http://www.cooperativa.cl/indonesia-prolongo-la-fase-de-emergencia-en-sumatra-por-terremoto/prontus\\_not/2009-10-16/061314.html](http://www.cooperativa.cl/indonesia-prolongo-la-fase-de-emergencia-en-sumatra-por-terremoto/prontus_not/2009-10-16/061314.html)

[http://internacional.elpais.com/internacional/2010/04/14/actualidad/1271196006\\_850215.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2010/04/14/actualidad/1271196006_850215.html)

<http://www.eluniverso.com/2009/10/02/1/1361/indonesia-pide-ayuda-mundo-tras-terremoto.html>

<http://eleconomista.com.mx/notas-online/internacional/2009/10/01/se-elevan-770-victimas-sismo-sumatra>

<http://www.noticias24.com/actualidad/noticia/93936/mas-de-529-muertos-tras-terremoto-en-sumatra-y-temen-que-la-cifra-aumente/>

<http://www.eluniversal.com.mx/notas/630010.html>

<http://notifamainter.blogspot.com.es/2009/10/temen-cuatro-mil-sepultados-tras-sismo.html>

[http://www.hispanosnet.com/noticias/2009/octubre/01/nuevo\\_templor\\_sumatra.html](http://www.hispanosnet.com/noticias/2009/octubre/01/nuevo_templor_sumatra.html)

#### TERREMOTO L'AQUILA

<http://www.rtve.es/noticias/20090904/comienzo-desalojo-los-campamentos-refugiados-por-terremoto-laquila/291063.shtml>

<http://es.euronews.com/2010/04/06/l-aquila-recuerda-a-las-victimas-del-terremoto-de-hace-un-ano/>

<http://www.elmundo.es/elmundo/2011/04/06/internacional/1302079439.html>

#### TERREMOTO CHINA

<http://www.emol.com/mundografico/fotonoticias/602077/vista-campamento-refugiados-levantado-montana-amenaza-desbordamiento.html>

[http://translate.google.es/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.msnbc.msn.com/id/24818544/ns/world\\_news-asia\\_pacific/t/quake-refugees-living-uninhabitable-city/](http://translate.google.es/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://www.msnbc.msn.com/id/24818544/ns/world_news-asia_pacific/t/quake-refugees-living-uninhabitable-city/)

[http://spanish.news.cn/china/2011-11/02/c\\_131226197.htm](http://spanish.news.cn/china/2011-11/02/c_131226197.htm)

<http://mx2.mofcom.gov.cn/aarticle/chinanews/200807/20080705637419.html>



<http://listas.20minutos.es/lista/los-terremotos-mas-devastadores-de-la-historia-179838/>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto\\_de\\_Sichuan\\_de\\_2008](http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_Sichuan_de_2008)

<http://spanish.peopledaily.com.cn/31621/6417870.html>

<http://www.laestrella.com.pa/online/al-minuto/2012/02/24/al-min-finalizada-reconstruccion-despues-del-terremoto-de-2008-en-suroeste-china.asp>

<http://www.lacuarta.com/noticias/vuelta-al-mundo/2012/02/66-129291-9-acabo-reconstruccion-del-terremoto-pero-en-china.shtml>

#### TERREMOTO PERU 2007

<http://noticias.aollatino.com/2012/01/30/terremoto-pisco-ayuda-habitantes-cuatro-anos-despues/>

<http://actualidadperumundo.blogspot.com.es/2011/09/ica-4-anos-despues-del-terremoto.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=BKwJ91zMu9A>

<http://noticias.terra.es/2011/sucesos/0812/actualidad/continua-la-reconstruccion-tras-el-terremoto-de-2007-en-peru-con-ayuda-andaluza.aspx>

<http://mx.noticias.yahoo.com/investigacion/C3%A1-per/C3%BA-demora-reconstruccion/C3%B3n-sismo-2007-225500181.html>

<http://elcomercio.pe/peru/1025232/noticia-terremoto-pisco-cuatro-anos-48-mil-familias-siguen-viviendo-esteras>

<http://peru21.pe/noticia/620275/tres-anos-despues-sismo-sur-se-ha-hecho-poco>

<http://www.slideshare.net/coeeci/vivienda-para-el-sector-rural-en-el-per>

#### JAPON TSUNAMI

<http://www.ft.com/cms/s/2/ef2bb5be-3689-11e1-a3fa-00144feabdc0.html#axzz1p729Qfpk>

[http://www.world-architects.com/en/projects/project-review-detail/33663\\_designing\\_the\\_reconstruction](http://www.world-architects.com/en/projects/project-review-detail/33663_designing_the_reconstruction)

<http://larevista.aqpsoluciones.com/2012/03/11/japon-hace-un-ano-terromoto-y-tsunami-dejaron-mas-de-15-mil-muertos/>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto\\_y\\_tsunami\\_de\\_Jap%C3%B3n\\_de\\_2011](http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_y_tsunami_de_Jap%C3%B3n_de_2011)

<http://elcomercio.pe/mundo/725868/noticia-cuales-fueron-zonas-japon-mas-afectadas-terremoto>

<http://www.culturizando.com/2012/03/en-imagenes-asombrosa-reconstruccion-de.html>

<http://www.eltiempo.com/Multimedia/especiales/tsunami-en-japon/>

<http://www.telesurtv.net/articulos/estiman-que-japon-tardara-mucho-para-reconstruirse-a-un-ano-del-terremoto>

[http://internacional.elpais.com/internacional/2011/04/09/actualidad/1302300010\\_850215.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2011/04/09/actualidad/1302300010_850215.html)

<http://www.culturizando.com/2012/03/japon-un-ano-despues-de-la-tragedia.html>

<http://translate.google.es/translate?hl=es&langpair=en|es&u=http://articles.latimes.com/2011/apr/14/world/la-fg-japan-quake-housing-20110414>

<http://earthquake-report.com/es/2011/10/02/japan-tohoku-earthquake-and-tsunami-catdat-41-report-october-2-2011/>

<http://www.laopiniondezamora.es/portada/2012/03/10/evacuados-vilo-ano-despues-tsunami-japon/586122.html>

<http://www.20minutos.es/noticia/1331726/1/terremoto-japon/fukushima/ano-despues-aniversario/>

<http://www.plataformaarquitectura.cl/2011/09/30/en-construccion-noticias-viviendas-de-emergencia-de-shigeru-ban-post-desastre-en-japon/>

<http://www.nacion.com/2012-03-11/Mundo/Pueblos-japoneses-tardaran-anos-en-ser-reconstruidos.aspx>

#### L'ÁQUILA

<http://www.comune.laquila.gov.it/>

<http://www.provincia.laquila.it/Inside.aspx?PageID=62>

[http://www.comune.laquila.gov.it/index.php?id\\_oggetto=11&id\\_cat=0&id\\_doc=1&id\\_sez\\_ori=0&template\\_ori=5&&gtp=1](http://www.comune.laquila.gov.it/index.php?id_oggetto=11&id_cat=0&id_doc=1&id_sez_ori=0&template_ori=5&&gtp=1)

[http://www.comune.laquila.gov.it/index.php?id\\_oggetto=11&id\\_cat=0&id\\_doc=11&id\\_sez\\_ori=0&template\\_ori=5&&gtp=1](http://www.comune.laquila.gov.it/index.php?id_oggetto=11&id_cat=0&id_doc=11&id_sez_ori=0&template_ori=5&&gtp=1)

[http://www.comune.laquila.gov.it/index.php?id\\_oggetto=11&id\\_cat=0&id\\_doc=6&id\\_sez\\_ori=0&template\\_ori=5&&gtp=1](http://www.comune.laquila.gov.it/index.php?id_oggetto=11&id_cat=0&id_doc=6&id_sez_ori=0&template_ori=5&&gtp=1)

[http://www.comune.laquila.gov.it/pagina82\\_normativa-e-documenti.html](http://www.comune.laquila.gov.it/pagina82_normativa-e-documenti.html)

[http://www.comune.laquila.gov.it/pagina199\\_il-piano-di-ricostruzione.html](http://www.comune.laquila.gov.it/pagina199_il-piano-di-ricostruzione.html)

[http://www.comune.laquila.gov.it/pagina202\\_centri-storici-delle-frazioni.html](http://www.comune.laquila.gov.it/pagina202_centri-storici-delle-frazioni.html)

[http://www.comune.laquila.gov.it/pagina201\\_centro-storico-dellaquila.html](http://www.comune.laquila.gov.it/pagina201_centro-storico-dellaquila.html)

[http://www.comune.laquila.gov.it/pagina52\\_zona-rossa-della-citta.html](http://www.comune.laquila.gov.it/pagina52_zona-rossa-della-citta.html)

[http://it.wikipedia.org/wiki/Chiesa\\_di\\_San\\_Silvestro\\_%28L%27Aquila%29](http://it.wikipedia.org/wiki/Chiesa_di_San_Silvestro_%28L%27Aquila%29)

<http://www.telegraph.co.uk/news/picturegalleries/worldnews/5118920/Earthquake-in-Italy-LAquila-before-and-after-the-quake.html?image=9>

[http://it.wikipedia.org/wiki/Chiesa\\_di\\_Santa\\_Maria\\_Paganica](http://it.wikipedia.org/wiki/Chiesa_di_Santa_Maria_Paganica)

[http://it.wikipedia.org/wiki/Chiesa\\_di\\_Santa\\_Maria\\_del\\_Suffragio\\_%28L%27Aquila%29](http://it.wikipedia.org/wiki/Chiesa_di_Santa_Maria_del_Suffragio_%28L%27Aquila%29)

[http://it.wikipedia.org/wiki/File:Aquila\\_duomo.jpg](http://it.wikipedia.org/wiki/File:Aquila_duomo.jpg)

Estudio del ingeniero Romolo Continenza (no se como ponerle esto)

<http://www.lorca.es/ficheros/file/planDirectorRecuperacionPatrimonio/7.%20Programa%20de%20intervenci%C3%B3n%20final%20PARTE%20-1.pdf>



<http://www.lorca.es/ficheros/File/contratacion/index.asp?id=1547>

<http://www.lorca.es/ficheros/file/planDirectorRecuperacionPatrimonio/7.%20Programa%20de%20intervenci%C3%B3n%20final%20PARTE-4.pdf>

<http://forums.n4g.com/tm.aspx?high=&m=763011&mpage=1#763035>

[http://www.boston.com/bigpicture/2009/04/the\\_laquila\\_earthquake.html](http://www.boston.com/bigpicture/2009/04/the_laquila_earthquake.html)

<http://es.wikipedia.org/wiki/L%27Aquila>

<http://www.rtve.es/noticias/20120406/laquila-tres-anos-despues-solo-ciudad-fantasma/514078.shtml>

<http://www.rtve.es/noticias/20090406/laquila-ciudad-fantasma-todo-son-cascotes-reina-silencio/260677.shtml>

#### PROYECTO C.A.S.E.

[www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)

#### INSTALACIONES SISMORRESISTENTES

<http://es.scribd.com/doc/33254570/Reduccion-del-dano-sismico-%E2%80%93-Guia-para-las-empresas-de-agua>

[http://pvcdemonterrey.com/?page\\_id=139](http://pvcdemonterrey.com/?page_id=139)

<http://spanish.alibaba.com/products/flexible-plastic-elbows.html>

<http://www.usgs.gov/>

#### UBICACIÓN DE LAS VIVIENDAS

<http://www.minvu.cl/default.aspx?link=OpsComplemento>

#### LIBROS

- Ugalde, Arantza : *Terremotos: cuando la tierra tiembla..* CSIC.

- Bruce A. Bolt : *Terremotos*. Edit. Reverté.

- Bozzo, Luis M. Barbat, Alex H: *Diseño sismorresistente de edificios: técnicas convencionales y avanzadas..* Edit. Reverté.

- Villa García, Luis Manuel: *Diseño y análisis sismorresistentes de estructuras de edificación*. Madrid 2004, Edit. Bellisco

-NORMA E.060CONCRETO ARMADO. Lima-Perú 2009 Publicación Oficial.

- Bozzo Chirichigno, Miguel y Bozzo Rotondo, Luis M. : *Losas reticulares mixtas: proyecto, análisis y dimensionamiento*.

Barcelona, 2003. Edit.Reverte

-Lopez Collado, Gabriel: *Ruinas en construcciones antiguas. Causas, consolidaciones y traslados*. Madrid, 1976. Ministerio de la vivienda. Servicio central de publicaciones.

-Levy, Matthys y Salvadori, Mario: *Why buildings fall down*. New York, 1994.Edit. Norton

- Torrealva Dávila, Daniel: *Caracterización de daños en construcciones de adobe*, Perú,2003 Pontificia Universidad Católica del Perú Departamento de Ingeniería Sección Ingeniería Civil

- Hajané, Lluís Barbat, Alex H: *Estructuras de edificación con aislamiento antisísmico*. 1992. Edit. Universidad Politécnica de Valencia.

#### PUBLICACIONES

- Análisis de Edificios de Hormigón Armado en Base a Pórticos Planos Acoplados a Muros de Altura Parcial. Tesis de Pablo David Meneses Arcos. Universidad Austral de Chile.Facultad de Ciencias de la Ingeniería .Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles.

- Revista .EIA.Esc.Ing.Antioq n.11 Envigado ene./jun. 2009

- Revista Arketipo, Anno 4, suplemento 6/2009

-Hábitat para la humanidad: *Informe de vivienda 2012*.

-Revista Arketipo, Anno 4, suplemento 6/2009).

- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja: *Haití. De sostener vidas a soluciones sostenibles –El reto del saneamiento. Informe especial a seis meses del terremoto*. Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, Ginebra, 2010

-Tapia Zarricueta, Ricardo: *Vivienda y emergencia ante desastres naturales producidos por sismos*. Boletín del instituto de la vivienda año 2003. Universidad de Santiago de Chile, Chile.

- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja :*Informe Mundial sobre Desastres 2010*. . Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, Ginebra, 2010

-Feriche Fernandez- Castanys, Mercedes: *Daños producidos por terremotos*. Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos.

- Murphy Corella, Patrick. *Terremoto de Lorca 12 mayo 2011. Mayo 2011.Granada. 4ACNIS*.

-Maximiliano Astroza I., Francisco Cabezas M., María Ofelia Moroni Y, Leonardo Massone S., Sergio Ruiz T., Elizabeth Parra, Felipe Cordero O., Anna Mottadelli S.:*Intensidades sísmicas en el área de dañosdel terremoto del 27 de febrero de 2010. Santiago, Chile 2010. Departamento de Ingeniería Civil Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile*.

-*Mercado del suelo urbano*. Boletín nº61. 4 trimestres 2004.

-*Reducción del daño sísmico: Guía para las empresas de agua*.Organización Panamericana de la Salud. Area de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Socorro en Casos de Desastre; CEPIS; American Water Works Association. Lima, 2003