

03327

profesor guía:

OCTAVIO PEREZ L.

alumnos:

CECILIA VIDAL B.

ENRIQUE CALDERONS.

1966

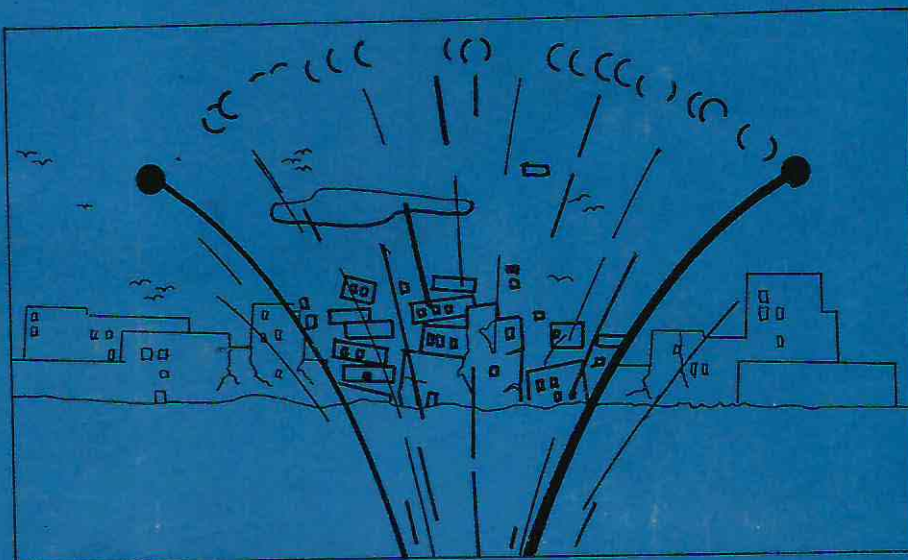
S
Algo

V648B

1966

C.2

dibujo orig. archit. y constr. 7



LA ACCION SISMICA seminario de estabilidad 6º año 1966
Y SU ACCION EN LOS EDIFICIOS DE ALBAÑILERIA S
REFORZADAS REFERIDA AL TERREMOTO DE MARZO DE 1965

SUMARIO

PROLOGO : Nuestras palabras primeras.

CAPITULO I HISTORIA DE LOS TERREMOTOS EN VALPARAISO.

- Terremoto del 13 de Mayo de 1647.
- Terremoto y maremoto del 25 de Mayo de 1751.
- Terremoto y maremoto del 19 de Noviembre de 1822.
- Terremoto del 16 de Agosto de 1906.
- El terremoto de Valparaíso de 1906 bajo su aspecto reconstructivo.
- Terremoto del 28 de Marzo de 1965.-

CAPITULO II GEOMORFOLOGIA.

- Origen del Universo.
- Hipótesis nebular.
- Hipótesis planetesimal.
- Geología histórica del Globo.
- Cuadro geológico.
- Geología histórica de Chile.
- Valparaíso.
- Hidrografía.
- Clima - vientos - lluvias etc.
- Estructura geológica.
- Suelo de fundación.
- Ordenanza del Plan Intercomunal de Valparaíso.
- Clases y límites de zonas geotécnicas.

CAPITULO III MOVIMIENTO SISMICO Y SU ACCION SOBRE LAS ESTRUCTURAS.

- Concepto de movimiento sísmico.
- Origen o naturaleza de los movimientos sísmicos.
- Formación de fallas.
- Fenómenos volcánicos.
- Deslizamiento de tierra.
- Hundimiento de techos que forman las grutas.
- La onda sísmica.
- Origen y propagación.
- Clasificación.
- Medición del movimiento sísmico.
- Escala de Mercalli.
- Escala del Instituto Central de Japón.
- Movimiento vibratorio.
- Distinta forma de vibrar de un cuerpo.
- Periodo propio de una estructura.
- Resonancia.

- Estructuras rígidas.
- Estructuras flexibles o elásticas.
- Estructuras semirígidas.
- Comportamiento de las estructuras frente a los esfuerzos sísmicos.
- Muros placas - longitudinales - entrepisos rígidos.
- Distintas formas de perecer de un edificio.
- Compresión, tracción.
- Volcamiento, asentamiento.
- Torsión en plantas.
- Esfuerzo de corte o cizalle.

CAPITULO IV ALBAÑILERIA.

- Historia de las albañilerías.
- Definición.
- Clasificación : Naturales
Artificiales.

Albañilería de Piedra.

Albañilería de Bloque.

Albañilería de Ladrillos.

- Definición.
- El ladrillo y el mortero.
- Formas de ruptura.

Cargas centradas : Falla local.

Aplastamiento del ladrillo.

Aplastamiento del mortero.

Pandeo o flexión lateral.

Torsión.

Carga uniforme descentradas

Flexión.

Cargas no uniformes : Esfuerzo de corte.

Desgarramiento.

Vuelco.

Punzonamiento.

- Albañilería reforzada.
- Definición.
- Materiales.
- Hormigón armado. Principales características.
- Fallas.

CAPITULO V ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS DE ALBANILERIA REFORZADA CON PILARES Y CADENAS DE HORMIGON ARMADO EN EL SISMO DE 28 DE MARZO DE 1965.-

- Tipos de grietas.

° Previstas.

° Imprevistas : Fallas de terreno.

Falla constructiva.

Fallas de diseño estructural.

- Análisis caso 1 : Fallas constructivas.

° Descripción en el aspecto planimétrico.

ubicación.

estructural.

° Comportamiento frente al sismo.

° Conclusiones.

- Análisis caso 2

° Descripción en el aspecto planimétrico.

ubicación.

estructural.

° Comportamiento frente al sismo.

° Análisis de cálculo sísmico.

° Conclusiones.

Nuestras palabras últimas.

Prólogo. Nuestras palabras primeras.

Es la Era del Espacio que el hombre afana en conquistar, la ciencia avanza, la Técnica construye. Se pretende conocer y dominar el más allá mientras nuestro propio mundo se desconoce, permanece en hipótesis, y la naturaleza, incontrolada en su acción hostil, descarga su fuerza destructora en algunas de sus manifestaciones.

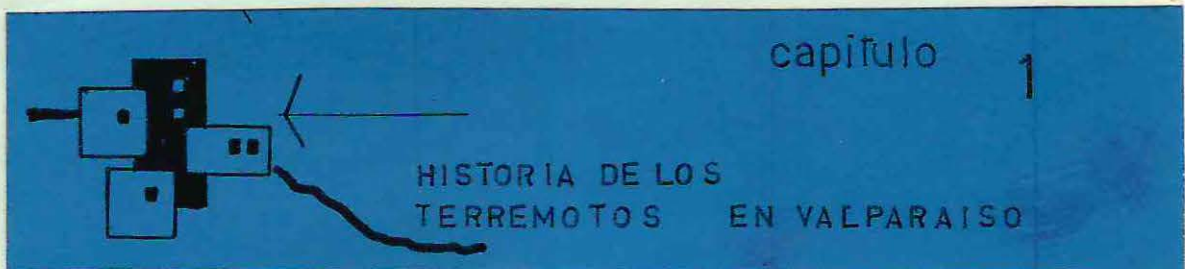
Nuevos materiales ven la luz de las posibilidades ante los ojos de la creación arquitectónica; el hormigón armado esgrimido como vanguardia de renovación va quedando en el tiempo para servir de base a las nuevas técnicas del pretensado, postensado, ~~fierro~~ cemento etc., y obras de grandes magnitudes van surcando el espacio como siderales cohetes mientras en rededor la miseria destruye hogares ausentes de lugares para habitar.

Y ¿qué sabemos de aquellos seres de arcilla, piedra y cemento, animados de tiempo y espacio, que nacen, viven y mueren con la proliferalidad de los humildes?. Ignoramos a éstos, como aquellos son ignorados. Son los materiales cotidianamente usados, y los desconocemos por conocer los otros.

En el presente Seminario hemos querido detener nuestra vista y nuestra inquietud también lanzada en alas del futuro; hacer un alto en el camino recorrido para aprehender el pasado y observar el presente, para formar, como la duda Descartesiana, la base cierta de nuestras investigaciones futuras.

Un hecho nos hace tornar la cabeza; más que un hecho, una vivencia, el terremoto del 28 de Marzo de 1965; y el lugar de ella, nuestra región: Valparaíso, con sus casas respirando cielo y alumbrándose de estrellas, bajan por los cerros, resbalándose hacia el mar, extendiéndose hacia los puntos cardinales; nos presenta la incógnita de su suelo y las pasadas experiencias ante las mismas eventualidades.

Vemos masas de ladrillos, piedra, cemento destruidas, fierros retorcidos; ¿son incontrolables e incontenibles los esfuerzos destructores de la naturaleza? ¿que hace débil e insignificante al fuerte y al poderoso? ¿Cual es nuestra culpa y cual nuestro papel? Son incógnitas preguntas que brotan a nuestros labios y ¿sus respuestas? : NUESTRO ESTUDIO.-



capítulo 1

HISTORIA DE LOS
TERREMOTOS EN VALPARAISO

HISTORIA DE LOS TERREMOTOS DE VALPARAISO

El desarrollo desde el humilde caserío de indios changos denominado valle de Quintil hasta convertirse en el Valparaíso primer Puerto de Chile, ha sido marcado con fechas trágicas que señala la destrucción de las fuerzas de la naturaleza y las fuerzas de la ambición humana, terremotos, maremotos, saqueros, incendios y bombardeos la sumían en la desolación y ruinas y sobre ella el espíritu pujante del chileno que se ha templado en la lucha contra la naturaleza, que le es adversa, le han hecho levantar sus cimientos sobre la destrucción.

El origen de Valparaíso, ocurrido en los albores mismos de la Conquista Española está desfigurado por el tiempo y sólo hasta nosotros han llegado crónicas que nos permite tomar partido por una de ellas, siendo la más probable aquella que señala que Juan de Saavedra, acompañó a Diego de Almagro, fué comisionado por éste para ir al encuentro de un bergantín al ancla en la Bahía de Quintil. Al llegar de entre los cerros adyacentes tuvo la visión del valle su amplia ensenada y su mar que lo hizo recordar al Valparaíso natal que quiere decir "valle delicioso digno de figurar en el paraíso bíblico."

Tomó posición del territorio en conformidad a las leyes del Descubrimiento y Conquista de América.

Su nacimiento ante la Historia tuvo lugar a través del Acta de Fundación que declaraba a Valparaíso Puerto de Santiago y a Juan Bautista Pastene, ler. Gobernador de Valparaíso y ler. Almirante del Pacífico Sur, en Septiembre de 1536.

"Era un paisaje hermoso, clima tibio y tranquilidad fascinante. Entre los cerros existía un plácido valle, marcado por algunos riachuelos, habitados por unos laboriosos y pacíficos indios pescadores los changos." (V. Mackenna)

"La comarca que rodea la ensenada se extiende entre la punta de Concón y la punta llamada antes Valparaíso y conocida como Aliamapu o Alumnapu por los primitivos." (V. Mackenna).

Valparaíso está situado a los 33° 2' lat. 0° 59' 7" long.

Existe un personaje según la tradición presente desde los días de su fundación:

" El Cristo de la Matriz ha sido testigo de todas las desgracias que afligieron a Valparaíso. Así ha debido recibir las plegarias que sus habitantes han elevado a lo alto en los terremotos del 13 de Mayo de 1647; 8 de Julio de 1730; 19 de Noviembre de 1822 y el 16 de Agosto de 1906." (V. Mackenna)

El primer conocimiento sobre movimientos terrestres data del mes de Mayo de 1647, cuyas características, magnitud y consecuencias se ignoran casi, debido principalmente a la poca importancia que Valparaíso tenía.

Entre las escasas narraciones que las crónicas nos han dejado, cuentan que Valparaíso era en ese entonces "un mísero hacinamiento de ranchos y pajizos graneros". De las tres barracas existentes en el Almendral, una fue derribada por el movimiento y la otra perdió su techumbre. Igualmente la única casa del lugar fue destruída.

El 8 de Julio de 1730 tuvo lugar el segundo terremoto de que se tiene conocimiento, acompañado esta vez de salida de mar que produjo más daño que el terremoto mismo y fue un retroceso para el floreciente progreso del caserío, destruyendo hogares y repartiendo a sus moradores a lugares vecinos.

Se produjeron tres fuertes sacudimientos de tierra a la 1 A.M., 4,45 A.M. y 12 P.M. respectivamente, ignorándose en cual de estos se produjo el maremoto.

El barrio más afectado fue al igual que en el terremoto anterior, el del Almendral.

Un historiador dice refiriéndose al suceso:
" Arrancó aquí el mar como sobre un lecho abierto que le era
" familiar e inundó la mayor parte del terreno llano y arrastró hasta sus cimientos el nuevo templo de la Merced, único
" edificio civil de importancia en esa época, forzó las puertas fronterizas a la playa, derribó sus altares y sólo vino a declinar su ímpetu en las gradas del altar mayor."

En el barrio del puerto los daños fueron menores en la invasión del mar pues el caserío estaba en la pendiente de los cerros.

Según Francisco Solano, en su "Diccionario Geográfico", echó por tierra una centena de casas que conformaban el caserío más las cuatro iglesias existentes y de-
terioro las fortificaciones, la casa del Gobernador. Las ca-
sas eran en su gran mayoría de madera. Con la destrucción del
Sector Almendral los habitantes agruparon sus viviendas en
las colinas circundantes, dejando el espacio anteriormente o-
cupado que era sólo destrucción, y ruinas.

En los 15 años posteriores Valparaíso se le-
vantaba de sus ruinas, el templo de la Merced era reconstruí-
do, gracias a la caridad y fervor popular. El caserío del Al-
mendral se había desarrollado y en su crecimiento daba la vi-
sión de una villa.

Pero una nueva catastrofe sepultó nuevamente
el progreso y postró su desarrollo comercial, fué el terremoto
y maremoto del 25 de Mayo de 1751, un cuarto de siglo des-
pués del de la noche de Julio de 1730.

Al igual que los anteriores sólo queda lo
que algunas crónicas y la tradición han transmitido. Hubo un
fuerte "temblor de tierra" que causó derrumbe de galpones y
la nueva destrucción del Templo de la Merced.

Una narración de la época dice: "El día 25
de Mayo de 1751 a la 1½ de la mañana sobrevino un terremoto
tan largo que duró 6 minutos." " Destruyó además Penco, y
los fuertes de Chillán, Villa Talca y Tutuberi. "

" Algunos viajeros que cruzaron por esos
tiempos el Pacífico al ver a los habitantes de Valparaíso em-
peñados en construir viviendas en altos y pesados muros, a
raíz de la catastrofe del 51, contaban que aquellas pobres
gentes estaban levantando sus tumbas. " (Relato de la época.)

La energía de los habitantes de Valparaíso se
levantó una vez más de sus ruinas. En 1795 habían 4500 habitan-
tes en Valparaíso y 4 Castillos: el de la Concepción, San An-
tonio, San José y Barón. Se levantaban la iglesia La Matriz o
Parroquial, Convento Santo Domingo, San Francisco, San Agus-
tín y el nuevo Templo de la Merced, el Hospital San Juan de
Dios y Edificio de Aduanas.

El 9 de Mayo de 1802 Valparaíso recibió por
real cédula el título de "Muy noble y leal ciudad de Nuestra
Señora de las Mercedes de Puerto Claro".

En 1820 la población alcanzaba a 6000 habitantes agrupados la mayor parte en el sector puerto " cuyo " suelo firme y rocoso se buscó de preferencia para las nuevas construcciones". La Independencia dió a Valparaíso la calidad de puerta de entrada a la inmigración extranjera y al comercio exterior.

Comenzaba el resurgimiento cuando aconteció el terremoto del 19 de Noviembre de 1822 que a las 10,30 P.M. se hizo sentir con fuerza sobre el territorio chileno y que en Valparaíso tuvo una duración aproximada de 2 ó 3 minutos, aunque sólo algunos segundos con violencia.

En el sacudimiento fueron cayendo las casas, las iglesias y los campanarios "produciendo espesas nubes de " polvo, que aumentaban la oscuridad de la noche".

El mar agitado se retiraba y volvía con violencia sobre su ribera. Esa noche se contaron 36 temblores.

CONCLUSIONES SOBRE TERREMOTO DEL AÑO 1822

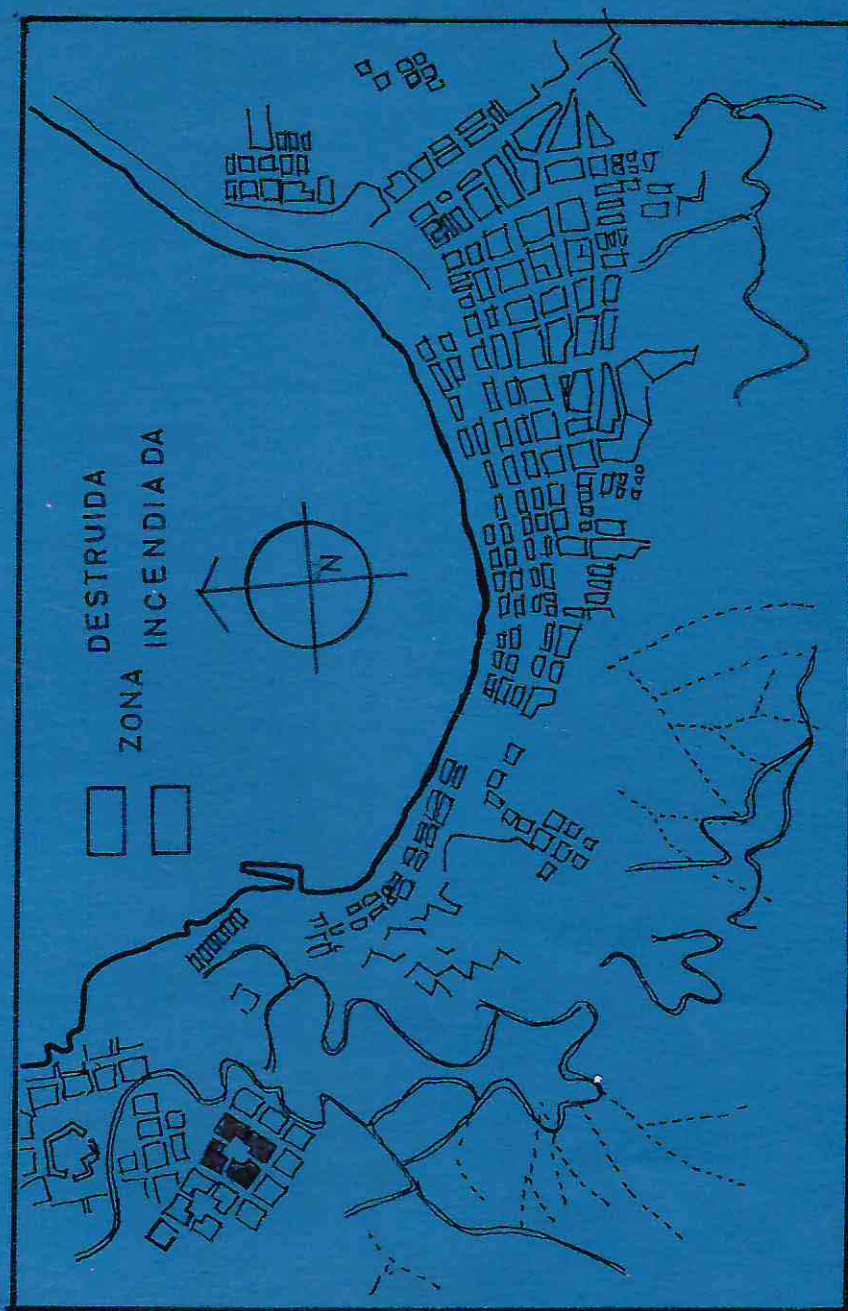
- Las edificaciones sobre terreno firme no experimentaron daños y las de madera salvaron sin daño.

- Las construcciones que sufrieron los daños fueron las de ladrillo y cal, especialmente las de más altura; los que estaban aislados y los construídos en terrenos movedizos. El barrio Almendral sufrió casi todos los estragos. En el suelo podía apreciarse grietas longitudinales variables.

- El mar se retiró 8 ó 10 pies de la línea que frecuentemente bañaba sus riberas.

" Gran parte de esta costa se había elevado " 3 pies a lo menos sobre su antiguo nivel, accidente geológico importante que observaciones posteriores han confirmado, estableciendo el hecho del solevantamiento gradual de la costa de Chile."

Casablanca, Quillota, La Ligua, Illapel y otros caseríos experimentaron también los estragos de este movimiento terrestre.



PLANO DE VALPARAISO

TERREMOTO 1906

Terremoto de 1906.- A las 7,55 P.M. del día 16 de Agosto de 1906 con un ruido subterráneo precursor, se dió comienzo al más grande terremoto experimentado por la ciudad de Valparaíso, tanto por su intensidad y duración como por los daños materiales y víctimas que el dejó, cuando el auge de la ciudad y del puerto era notable. El Barrio Almendral ya no era el humilde poblado de changos pescadores del Valparaíso de los albores, sino un populoso e importante barrio. El comercio florecía, principalmente calles Condell y Esmeralda que eran sitios tradicionales. La Plaza de la Victoria, límite teórico de los barrios Almendral y Puerto era el sitio de reunión y paseo de la población.

A continuación del ruido subterráneo precursor citado comenzó el movimiento de tierra cuya intensidad fue en aumento con duración de 45 segundos seguido de 30 segundos de declinación para incrementarse nuevamente en 90 interminables segundos ; 165 segundos en 2 períodos !.-

"El suelo subía y bajaba, giraba en seguida en círculo, batía de un lado a otro y volvía nuevamente al horizontal. Todos los edificios aleteaban en el espacio, débiles y sólidos, con ruido atronador, rechinaban los revestimientos de zinc de los edificios, crujían las murallas al abrirse en enormes grietas, derrumbándose muros y techos, en las calles levantábanse nubes de polvo. Todo esto en medio de gritos y lamentos" son las impresiones de Valparaíso que quedó en las tinieblas y a cada rato el cielo se abría en rojizos resplandores de luz para dar una fugaz visión infernal de sus edificios en ruinas y de sus calles convertidas en ríos de gente.

De los 90 últimos segundos amenguó por espacio de 30 segundos y luego fuertes movimientos de 60 segundos hasta declinar.

A las 8,30 P.M. sin los anuncios anteriores tuvo lugar un nuevo terremoto con consecuencias mayores que el anterior dadas las condiciones como quedaron las contrucciones durante el primer terremoto. Tuvo una mayor intensidad y duración, fueron dos movimientos de 1 minuto cada uno amenguando entre ambos movimientos algunos segundos.

Se produjeron durante las 24 horas siguientes 50 sacudimientos.

Daños en el Almendral, barrio comprendido entre Plaza Victoria y el Cerro Barón.- La edificación sobre terrenos arenosos o de sedimentos fueron los más afectados de este Barrio que durante todos los terremotos anteriores fue blanco implacable de la destrucción.

No sólo el terremoto produjo daños sino también los numerosos incendios que estallaron en la ciudad.

Al Norte de la Plaza de la Victoria estaba el Teatro de la Victoria del ingeniero Eduardo Fehrinas, que en su aparente solidez fue aquella noche uno de los primeros en derrumbarse, justamente una hora antes de la representación lírica que allí sería presentada.

La Iglesia del Espíritu Santo sufrió daños en su torre y fachada. Desde la Plaza hasta calle Rodríguez, 3 cuadras no quedaron sino 2 casas. Igual panorama se advertía entre calle Rodríguez y calle Jaime (Av. Francia) siendo uno de los puntos más afectados del sector el Puente Jaime "donde grandes edificios de sólida y elevada Arquitectura de 5 pisos cayeron como castillo de naipes".

El resto de las calles entre Independencia y el Cerro (Colon) estaban totalmente destruidas.

Entre los edificios afectados de este sector estaban el Hospital del Niño Jesús, Asilo Providencia, Hospital San Juan de Dios, Liceo de Valparaíso, Museo y Laboratorio Municipal, Liceo de Niñas y Mercados resultaron entre los edificios públicos en ruinas. Otro de los puntos afectados de este sector fue el Cerro la Cruz.

La Iglesia de los Sagrados Corazones, con su gótica arquitectura, sus refuerzos y amarras de fierro cedió al peso de la fuerza destructora.

La Iglesia que quedó intacta fue la de los Jesuitas que cierra la calle Maipú (Pedro Montt) "debido indudablemente a su armazón de fierro y buena calidad del suelo".

Los daños en el sector Puerto, sector eminentemente comercial, comprendido entre la Plaza de la Victoria y Playa Ancha, son bastante inferiores a los producidos en el Almendral.

Calles enteras como Prat y Esmeralda, Condell, Cochrane y gran parte de Blanco situadas a los pies del cerro, en terreno firme, no sufrieron sino pequeños perjuicios.

En los Cerros Bellavista, Yungay, San Juan de Dios no hubo daños mayores, sólo el Cerro Panteón; los cementerios 1 y 2 resultaron dañados y los ataúdes quedaron macabramente diseminados en los techos y patios de casas vecinas e inferiores.

La Calle del Teatro (Salvador Donoso) fue una de las calles de este sector más afectada por el terremoto,

practicamente no se salvó un solo edificio. La Avenida Brasil sirvió de refugio, al igual que la Plaza de la Victoria y el hoy Parque Italia del sector Almendral, a la gente que luego de los terremotos vivió en las calles.

Las construcciones de la acera sur de Avenida Brasil sufrieron serios perjuicios ayudada por el fuego para su destrucción.

Las construcciones entre Errázuriz y Melgarejo quedaron convertidas en escombros. Desde Plaza Sotomayor hasta Aduana los perjuicios se manifiestan en grandes proporciones en los edificios de calle Serrano, Cochrane y especialmente los que rodean a la Plaza Echaurren.

En Cerro Toro y San Francisco las humildes casas de la gente trabajadora, probablemente por la calidad de las construcciones quedaron convertidas en escombros.

Cerro Concepción y Alegre residencia de gente acomodada, salvaron en buenas condiciones. Cerro Playa Ancha salvó igualmente en iguales condiciones debido a la calidad y firmeza de su suelo.

El edificio de la Gobernación Marítima en este sector, junto al Teatro de la Victoria en el límite y Templo de la Merced ; destruido en todos los terremotos de Valparaíso ; fueron los más afectados.

El Número de víctimas fue prácticamente incalculable ya que muchos desaparecieron sepultados por la tierra o por el mar y otros carbonizados por los múltiples incendios que se produjeron en distintos sitios simultáneamente y a continuación del movimiento de tierra. Siendo su número aproximadamente de 3.000 el saldo de los dos violentos terremotos producidos con una diferencia no superior a 10 minutos.

El terremoto en Viña y en otras localidades.— Viña ciudad residencial e industrial se componía de poniente a oriente de 3 barrios: Miramar colindante con Cerro Recreo; Población Vergara extendiéndose hacia el Norte, construida sobre el lecho del Estero, lugar donde la destrucción fue completa; y el barrio de Chorrillos colindante con estación el Salto donde igualmente se produjeron grandes perjuicios.

Las construcciones de cal y ladrillo se derrumbaron casi sin excepción, en cambio las de madera aún en Población Vergara se mantuvieron en pie. En calle Limache al igual que en otras calles se abrió una profunda grieta por donde salía el agua a borbotones.

En Casablanca, en ese entonces importante centro agrícola de 1.300 habitantes, de todas las construcciones del pueblo, sólo 3 quedaron a salvo.

Quillota, a pesar de la destrucción, fue de 4 departamentos que se componía la Provincia de Valparaíso, el menos afectado. Tenía la ciudad a la sazón 14.000 habitantes y 60.000 el departamento.

Los primeros edificios en destruirse fueron las Iglesias Santo Domingo, San Agustín, San Francisco, La Merced, Teatro Municipal, Municipalidad, Hospital, etc. En la ribera Norte del Aconcagua, lugar denominado Boco fue el punto donde se sintió con más violencia en el departamento.

En Calera, el edificio correo, estación ferrocarril, Iglesia Parroquial de cal y ladrillo fueron los edificios públicos más afectados, la comuna de Llay Llay, ramal de gran importancia a la Provincia de Aconcagua y a Argentina, fue indudablemente la más perjudicada con el terremoto. Siete mil habitantes tenía la comuna y 5.000 la ciudad misma.

Limache fue el otro departamento que sufrió perjuicios de gran magnitud; tenía 25.000 habitantes y un carácter eminentemente agrícola.

EL TERREMOTO DE VALPARAISO DESDE SU ASPECTO RECONSTRUCTIVO del Ingeniero Hormidas Henriquez, artículo publicado en el Libro "EL TERREMOTO DE VALPARAISO DE 1906".-

Valparaíso está dividido en 4 zonas.-

- 1° Zona Rocosa.- Gran parte de los cerros y particularmente plano adyacente a ella.
- 2° Fondo de Valles rellenos por arrastre de aguas sedimentarias.
- 3° Relleno artificial por el avance del malecón.
- 4° Terreno arenoso cercano a playas (Viña del Mar y Población Vergara).

Los edificios sobre rocas han resistido bien.

Se ve una línea muy marcada de separación que parte desde el mar, pasa a la altura del principio de Gran Avenida (Avenida Argentina) alcanzando calles paralelas para cortar diagonalmente la Plaza de la Victoria hasta el cerro.

Se ve en este paseo que la línea pasa entre dos edificios casi análogos, el Teatro de la Victoria y un

edificio en construcción en la esquina sur poniente de la plaza.

Siendo el primero con 25 años de edad destruido y el otro sufriendo sólo desperfectos.

El terreno que más ha sufrido fue el de relleno artificial, pudiendo decirse que en general las construcciones menos afectadas han sido las construídas sobre roca, sea en la superficie o cercana a ella.

En cuanto al carácter de los edificios que más han sufrido son los de albañilería. El desastre de la albañilería ha sido completo, no quedando ladrillo sobre ladrillo.

Ejemplo: el Teatro de la Victoria, derrumbándose con sus inmensos bloques de albañilería. Ahí no cedió ni el ladrillo ni la mezcla, sino la mole.

La Avenida Brasil era un vasto cementerio que el terremoto y el fuego habían diezmado.

La Intendencia, Juzgado, Club Central, Iglesia de los Sagrados Corazones, la Merced, San José, Doce Apóstoles, Mercado Central, Cardonal, Teatro de la Victoria, Liceos, Colegio Sagrados Corazones, Instituto Comercial, etc. demuestra que la albañilería es poco apta para soportar esta clase de esfuerzos.

Fue algo similar a lo acontecido con San Francisco, Estados Unidos donde el 99% de la albañilería resultó destruída.

Un defecto general ha sido la falta de amarra, en otras partes las amarras eran débiles o mal acondicionadas. Las esquinas han demostrado sus puntos bastantes débiles que conviene reforzar. Las esquinas curvas no han dado mejores resultados.

Otras de las principales causas de caída de las murallas exteriores, ha sido la costumbre de hacer murallas divisorias con un material que no guarda la homogeneidad con el resto de la obra.

Las construcciones en que sólo se usó una clase de material en sus murallas interiores y exteriores, resistieron bien.

Pero el tabique o entramado es combustible (1) y los destrozos son mil veces más temible que los temblores en la albañilería.

Las grietas producidas por los temblores afectan una forma característica en X o en forma derivada de esta.

Las grietas en X pueden provenir de oscilaciones de igual amplitud e intensidad, y sentido contrario, uno produce grietas en sentido diagonal de la X y la otra en el otro sentido.

Las grietas horizontales se pueden explicar haciendo obrar un esfuerzo u oscilación de amplitud e intensidad dada, seguida de una rápida y enérgica, la grieta sigue la línea de la menor resistencia.

Ejemplo: grietas horizontales del Palacio Edwards. Puede asimilarse a una viga empotrada en un extremo y libre en el otro, cuyo momento de flexión máximo se produce cerca del apoyo.

El arco, uno de los principales elementos de construcción no han sido bien tratados. No siempre se ha usado mortero de cemento, hay muchos con mezcla de cal y los hay aún de barro (Iglesia Matriz).

Los arcos de diferente luz, cuando no se han tomado precauciones en la base de apoyo, han destruido las pilastras a causa de las diferencias de presiones transmitida por cada arco.

En Avenida Brasil, esquina sur-oriente, con General Cruz, se ve que las pilastras que recibieron arcos de igual luz poco o nada han sufrido, en cambio arcos desiguales han sufrido bastante.

En la Iglesia de los Sagrados Corazones, albañilería muy bien hecha, se nota que los arcos de norte a sur han sufrido poco, pero de oriente a poniente han sufrido bastante.

Las cornisas con enorme vuelo han acusado serio perjuicio. Una de las causas principales de la destrucción del Teatro de la Victoria es debida seguramente a grandes cornisas que cayeron sobre el resto de la construcción.

Las chimeneas, todas ellas se convirtieron en mortíferos proyectiles que atravezaban los techos sembrando la destrucción y ruina.

De las torres de las Iglesias muchas cayeron. La de los Sagrados Corazones que había sufrido algo con los temblores del año 1896 y que habían sido amarradas por medio de redondos en cruz y que remataban por fuera en forma de V ($\frac{90 \times 3,60}{15}$) mm. y 2 metros de largo para tomar mayor superficie, se derrumbó el cajón superior causando serios peligros en el resto de la Iglesia.

Esta torre había cedido a su enorme peso, había ahí materiales demás que sólo servían para perjudicarles.

"Una esquina permanecía solitaria a manera de atalaya como para anunciar, perfilando su silueta allá en el espacio la destrucción que afligía a todo un pueblo".

(1) Nota: el concepto tabiquería abarcaba en esa época a estructuras de madera rellena con adobe.

EL TERREMOTO DE MARZO DE 1965 ("El Mercurio de 30 de Marzo de 1965)

El sismo registrado el domingo 28 de Marzo de 1965 en la zona comprendida entre Copiapó y el norte de la ciudad de Valdivia, tuvo su epicentro en un punto ubicado en las proximidades de la Ligua y Cabildo, con intensidad 10 a 11 de la Escala de Mercalli.

La Estación Sismológica de Peldehue lo detectó a las 12 horas, 33 minutos y 33,1 segundos, calculándose el epicentro a 99 kilómetros al noroeste de ese sitio. La de Santa Lucía, de Santiago, a las 12.33,37 horas, y a 127 kilómetros al noroeste, y la de Concepción, a las 12,34,21 horas, a 488 kilómetros hacia el norte.

La duración del sismo en Santiago, según el Instituto de Geofísica y Sismología de la Universidad de Chile, fue de un minuto, ateniéndose a la sensibilidad del hombre, pero los aparatos registraron ondas por espacio de una hora.

El hecho de que Peldehue anunciara antes que nadie la recepción de la primera onda, permitió establecer, dado la fuerza del movimiento, que su epicentro estaba relativamente cercano a esa Estación, y en un sitio al norte, en la provincia de Aconcagua.

Además, el estudio de los antecedentes del temblor del 23 del presente, registrado a las 18.57 horas en Valparaíso y Santiago, indicaba que en la zona adyacente a la Ligua y Cabildo se había producido una falla en la corteza terrestre al desencadenar un movimiento de intensidad, pero de magnitud menor que el del domingo. Por lo tanto, fue más fácil circunscribir el área y epicentro sísmico. Por el momento, todo permite deducir, con bastante seguridad, que ambos

temblores tuvieron como causa la misma debilidad, ruptura o resquebrajamiento de la corteza terrestre. En la actualidad se realizan los estudios para establecer la efectividad de esta aseveración preliminar.

En general la mayoría de este tipo de fallas viene desde muchísimo tiempo atrás, según las comprobaciones geológicas. De esta manera, los dos sismos de tanta fuerza corresponden a reactivación de estas fallas antiguas e indican zonas activas y, a la vez, de debilitamiento de la corteza terrestre, estando ligadas en su origen a la formación de la cordillera de los Andes y de la cordillera de la Costa.

MAGNITUD E INTENSIDAD DEL SISMO.— La magnitud del movimiento en Valparaíso fue aproximadamente en grado 8 de la Escala de Richter. Esto quiere decir que ésa fue la energía liberada en el epicentro mismo y, comparativamente, equivalió a la fuerza destructora de unas treinta bombas atómicas, como las lanzadas en Hiroshima. Pero en este aspecto del fenómeno, nada tienen que ver la distancia ni la profundidad en el interior de la tierra donde se produce el sismo.

De acuerdo a los registros sismográficos, el movimiento alcanzó las siguientes intensidades en el país: Copiapó y Valdivia , grado 2; Lebu, Angol y Temuco, grado 3; Cauquenes de Maule, grado 4; Curicó y Concepción, grado 5; Rancagua de 5 a 6; Las Melosas, grado 6; Santiago, grado 7; Valparaíso, grado 8; La Serena, grado 8; Illapel, grado 9; Llay Llay, grado 10 y la Ligua, Cabildo, grado 10 a 11. Al Norte de Antofagasta y en Punta Arenas no se sintió.

La distancia entre Santiago y el epicentro hizo que allí el movimiento no adquiriera el carácter de terremoto. Sin embargo, dado el perfeccionamiento de los sismógrafos modernos que registran estos fenómenos en cualquier punto del planeta, siempre que sobrepasen una intensidad de 4,5 grados, hizo posible la detección del temblor en todas las Estaciones de importancia del mundo.

Cuando se habla de intensidad, debe entenderse la apreciación que las personas tienen de los efectos del movimiento por los daños que causa en las viviendas y objetos, lo cual depende de la distancia del epicentro, condiciones del suelo, tipos de construcción, etc. La escala oficial en Chile para el registro de estos fenómenos consulta doce grados. El primero se caracteriza por el hecho de que sólo contadísimas personas de sensibilidad muy fina pueden detectar

el movimiento. El grado 12 significa destrucción o daño casi total con desplazamiento de grandes masas de roca, los objetos saltan por el aire y nada queda en pie.

EFFECTOS DEL SISMO EN EL MAR.- El Instituto Sismológico de la Universidad de Chile, había recibido antecedentes de que en el Pacífico sólo los mareógrafos de Valparaíso comprobaron mareas anormales a las 13.10 horas. Estos datos fueron transmitidos al Centro de Maremotos de Honolulu, desde donde se dió aviso a todos los países que tienen costas en dicho océano.

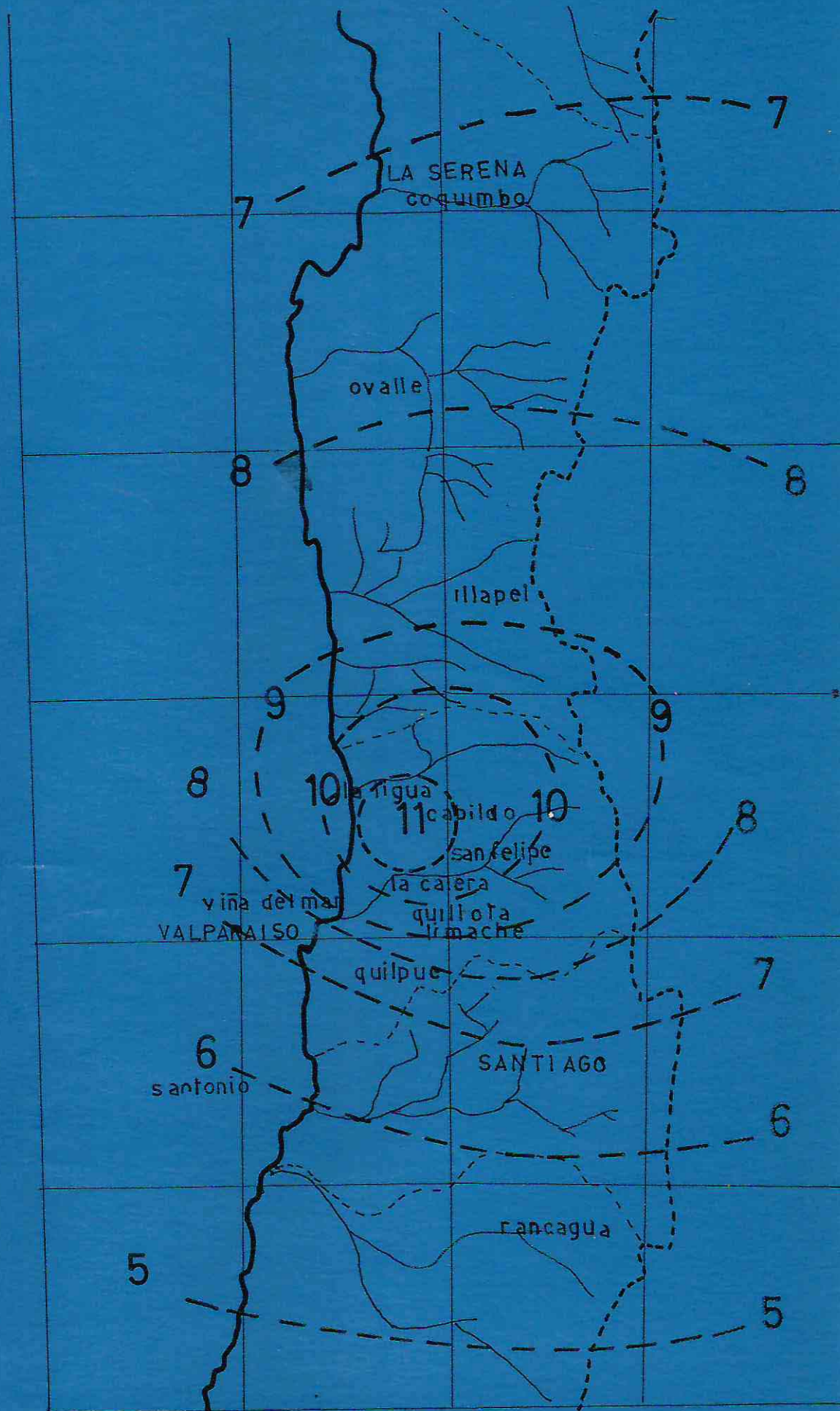
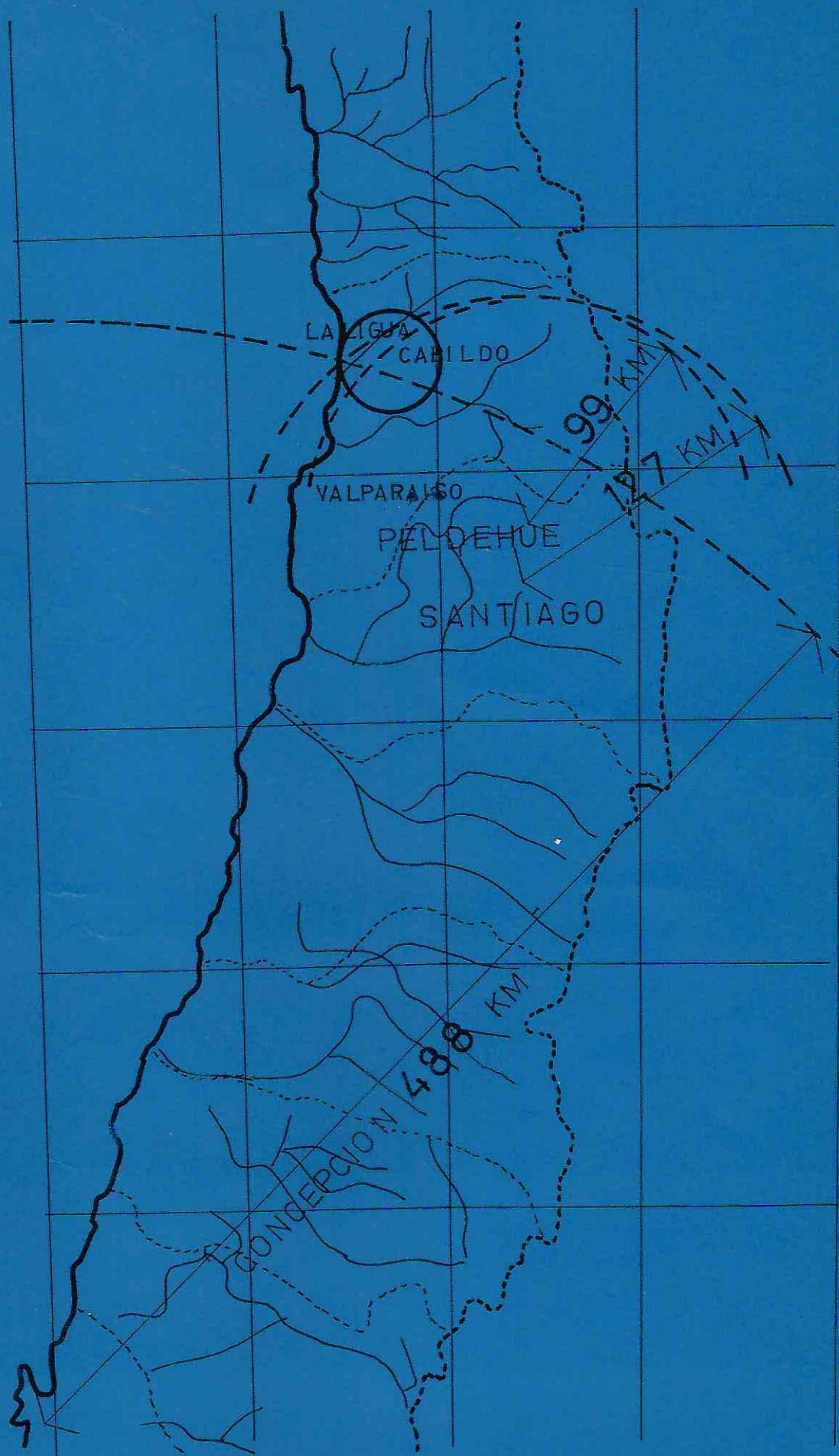
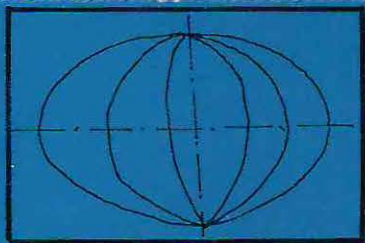


GRÁFICO DE INTENSIDAD 1965
DEL MOVIMIENTO SISMICO



EPICENTRO TERREMOTO 1965



capítulo 2

GEOMORFOLOGIA

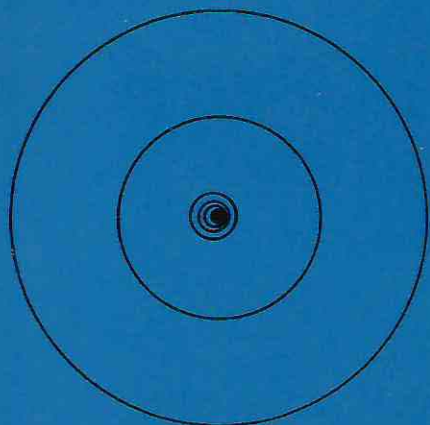
EL ORIGEN DEL UNIVERSO

Desde épocas primitivas el hombre ha venido observando la superficie de la tierra con sus planicies, lomas y cerros, creía que todo había estado ahí desde siempre, pero poco a poco fué dándose cuenta que existían cambios a su alrededor y quiso saber el porqué.

Para esto empezó a observar el Universo y formularse hipótesis sobre su origen, las que hasta nuestros días continúan como tal por no haber alcanzado el grado de certeza que requieren las teorías. Fueron muchas las hipótesis que han formulado siendo las más importantes: la hipótesis Nebular, la hipótesis Planetesimal, hipótesis de la Marea Gaseosa-Yeans y Jeffrier, hipótesis de la Estrella Doble-Russel y Ryttletón, hipótesis de la Masa Nebular-Weizsacher; hipótesis de la Nova Hoyle etc. De todas estas sólo hablaremos de las dos primeras. La hipótesis Nebular.- Laplace.

Esta hipótesis supone que el "Sistema solar se originó a partir de una nebulosa". Mediante estudios posteriores se llegó a la conclusión de que el actual sistema solar era una masa esférica de gases a elevada temperatura animada de un movimiento de rotación, poco a poco fué aumentando su velocidad de giro y reduciendo su tamaño hasta provocar la separación de

neptuno



la nebulosa madre disminuyendo tamaño, ya se han condensado los anillos de neptuno y plutón.

un anillo exterior de materia, mientras el resto seguía contrayéndose, de ésta manera llegaron a separarse sucesivamente hasta 9 anillos.

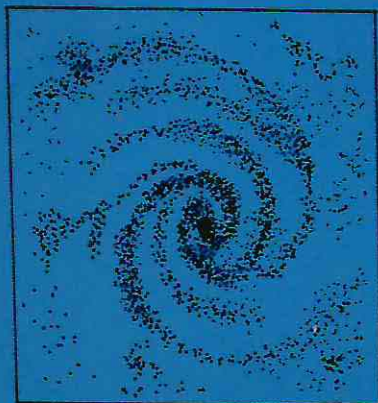
Más tarde cada uno de ellos se partió y su materia se concentró en una esfera, la que siguió girando con la misma trayectoria del anillo base (su órbita actual). El resto de la esfera primitiva constituye el sol y los nueve anillos hoy convertidos en esferas son los planetas.-

La evolución de los planetas presenta las mismas fases típicas porque ha pasado el anillo terrestre primitivo. La hipótesis Planetesimal.- Chamberlin y Moutton.

Supone que el sistema solar pudo originarse a partir de una nebulosa, cuya parte central era relativamente densa de la que partían hacia ambos lados gruesos brazos espirales constituidos por fragmentos que variaban enormemente de tamaño. Cada uno de estos cuerpos se movía según una órbita que se cruzaba repetidas veces con las seguidas por los otros cuerpos.

Donde estas intersecciones se producían se formaban condiciones favorables para crear masa mayores (planetas) cuyas órbitas fueron tan semejantes a círculos, que fue imposible que se cruzaran entre sí.

Los satélites no fueron sino simples detalles en



fase de la evolución del sistema solar planetesimal

el proceso de esclarecimiento global y están tan cercano a los planetas que éstos pueden controlar sus movimientos pero como los satélites tienen una velocidad de giro, esta les impide caer sobre los planetas.

De todos modos cualquiera que sea la Hipótesis la Historia Geológica de nuestro globo no varía en su esencia.

GEOLOGIA HISTORICA DEL GLOBO

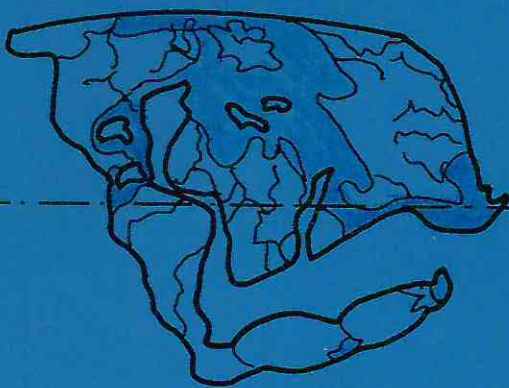
Es la sucesión de procesos porque ha atravesado nuestro planeta, se construye aplicando los hechos y leyes conocidas mediante el estudio de la química y física terrestre a los testimonios que han dejado los acontecimientos pasados.

Para mayor comprensión los geólogos la han dividido en cinco etapas o Eras, las que a su vez se subdividen en Períodos.

Las Eras estan separadas por grandes cambios en la vida vegetal y animal y por soluciones de continuidad en los acontecimientos geológicos. Cada una de ellas termina con un extenso levantamiento de tierra y por un movimiento orogénico.



S G WEGENER A FINAL
EPOCA PALEOZOICA



ERA CENOZOICA

Eras	Períodos	Acontecimientos físicos
Cenozoico	Cuaternario	-Glaciarismo -Montañas Rocosas y otras del Plegamiento Andino
	Terciario	-Grandes mantos de lava
	Cretácico	-Montañas Rocosas
Mesozoica	Jurásico	-Montañas de sierra Nevada
	Triásico	-Aridas, Volcanismo
	Pérmico	-Glaciarismo -Montes apalaches -Aridas
Paleozoica	Pensilvánico	-
	Misisípico	-
	Devónico	-
	Silúrico	-
	Ordovícico	-
	Cámbrico	-
Proterozoica		-Glaciarismo -Volcanismo
Arqueozoica		-Volcanismo

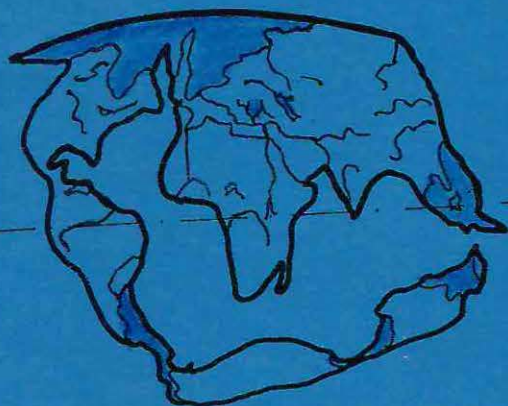
Las Eras Arqueozoica y Proterozoica. - Se reúnen bajo el nombre de Arcaica o Precámbrica por abarcar los grados anteriores al primer período.

A través de todas estas etapas o eras fué desarrollándose la tierra.

En la era Paleozoica los continentes formaban un solo bloque con algunos indicios de fragmentación, pero a principios de la Era Cenozoica se abre la grieta del Atlántico y se separan de Africa las tierras Australes (permaneciendo aún Australia y América conectadas con la Antártica). Y en el Pleistoceno llegan a su actual distribución dando origen al Continente Americano y por lo tanto a esta larga y angosta faja de tierra llamada Chile.

GEOLOGIA HISTORICA DE CHILE

Hasta el Cretaceo medio toda la región de la Cordillera desde el Pacífico hasta el borde de las actuales



PLEISTOCENO

pampas Argentinas estaba cubierto por el mar. Al mismo tiempo había una extraordinaria actividad volcánica por las cuales se formaron las lavas, tobas, areniscas, etc. que componen la mayor parte de los cerros de la cordillera. Este volcanismo no tiene nada que ver con las actuales volcanes.

En el Cretacio medio se plegaron las capas depositadas dando origen a la Cordillera de los Andes y de la Costa que formaban una sola.

A fines del Terciario y en el Cuaternario inferior siguieron las erupciones volcánicas formándose los grandes conos de Andasitz y Basaltos de la Puna de Atacama y de la Cordillera de Chile Central. Este volcanismo que continúa en actividad hasta hoy día, estaba acompañado de grandes trastornos en la corteza terrestre que fueron produciendo largas fajas separadas por fallas de rumbo N.S. Las fajas correspondientes a la Cordillera de los Andes y a la Cordillera de la Costa subieron y al medio de ambas se hundieron las fosas del Valle Longitudinal, el que a su vez se encuentra di-

vidido en tres zonas.

- a) Arica hasta el Valle de Atacama, meseta alta de 1.000 a 2.500 metros.
- b) Atacama hasta Aconcagua, serranías.
- c) Santiago a Chiloé, valle central.

Valparaíso.-

Región ubicada entre el mar y el término de la segunda zona del valle Longitudinal. Su ciudad principal es Valparaíso, puerto marítimo construido sobre terrazas de abrasión marina surcada por profundas y angostas quebradas dispuestas en forma radial. Es el Centro de atracción de otras ciudades satélites: Viña del Mar construida sobre la desembocadura del Estero Marga-Marga, Quilpué y Villa Alemana.

Hidrografía.- El mayor curso de agua es el río Aconcagua que fluye de este a oeste por un ancho valle. El Estero Reñaca formado por la confluencia de dos cursos de agua de dirección noroeste que nace en los cerros Molles y Buitre. Y el Estero Marga-Marga de dirección noroeste rectilíneo desde la confluencia con el Estero Quilpué, hasta los Molles su curso tiene forma de meandros y desde allí al Suroeste su curso es rectilíneo.

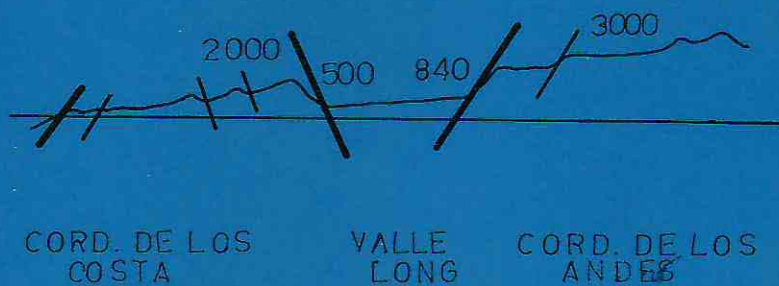
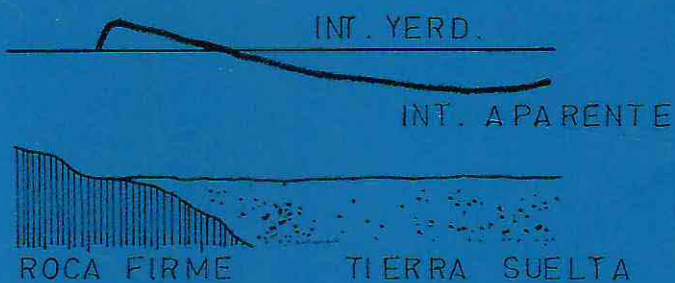
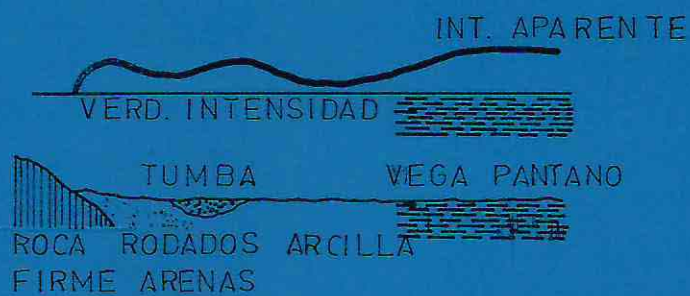
Clima.- Se puede clasificar como Semi-Arido templado. La precipitación media anual es de 461,4 mm. en Faro Punta Angeles Valparaíso y se concentra en los meses de Mayo a Agosto.

La temperatura media anual es de 14,8 C° siendo en verano de 17,7 C° y en invierno de 12,4 C°.

Los vientos dominantes durante la mayor parte del año son del suroeste, pero en invierno los vientos principales son del Norte y Noroeste.

Con frecuencia se desarrollan densas neblinas matinales las que se sitúan principalmente en el puerto de Valparaíso y Viña del Mar.

Estructura geológica.- Se compone principalmente de Rocas metamórficas de edad Precámbricas (que cubre el 25% aproximadamente) plegadas e instruidas por un cuerpo de edad Paleozoica superior que ha producido una aureola de neiss granítico en la parte occidental del área. En algunos lugares cerca de la costa y en los valles más grandes estas rocas se encuentran cubiertas por sedimentos marinos fluviales, estuariales y eólicos que varían desde el Terciario hasta la época reciente.



te.

Estas rocas se encuentran también afectadas por un importante sistema de fallas de desplazamiento horizontal, con una pequeña componente vertical.

Las mas importantes son: la falla Marga-Marga que se encuentra coincidiendo con el valle del Estero Marga-Marga. El bloque Norte ha sufrido un desplazamiento horizontal de una distancia aproximada de 4 kilómetros y el bloque Sur un desplazamiento vertical de mas o menos unos 100 metros.

Los Cerros Recreo, Placeres, y Barón se encuentran separados por fallas paralelas a éstas y en Quebrada Verde existen dos sistemas de dirección N-60°-E y N-60°-W que controlan la topografía.

Además existen numerosas fracturas de dirección norte.

Si hacemos un corte en dirección E-O a la altura de Valparaíso encontramos con que existen 3 fallas principales. Una en la Costa misma y las otras dos a ambos lados del valle longitudinal.

Suelo de fundación.— Se entiende por suelo de fundación aquel suelo destinado a resistir la carga de una estructura. De lo que se deduce una estrecha interrelación entre estructura y suelo de fundación. Es un hecho comprobado que la calidad del suelo influye en las destrucciones causadas por un terremoto. En el terremoto de Valparaíso de 1906 se destruyeron casas situadas en la parte plana, mientras que las casas situadas en los cerros sufrieron solamente daños pequeños.

Esto se debe a que las ondas sísmicas que se propagan como oscilaciones primarias en las rocas duras de la corteza terrestre, dan origen a oscilaciones secundarias mucho más importantes dentro de la cubierta de arenas, rodados, arcillas y otras rocas sueltas de la superficie.

Por eso la base para una construcción adecuada considerando las características del suelo, especialmente en relación con los movimientos sísmicos, es el conocimiento de las condiciones naturales del terreno superficial y del de fundación. La presentación resumida de ésta forma la "Carta de suelo de fundación".—

En la zona de Valparaíso se han distinguido tres unidades de suelo de fundación:

a) Roca firme

meteorizada - arena

b) Roca suelta

sedimentosa - grava

c) Relleno artificial

Roca fresca.- Es óptima como suelo de fundación se encuentra en los acantilados de la Costa, pendientes y quebradas profundas.

Roca meteorizada.- Ocupa más o menos el 80% del área, es de calidad variable, dependiendo del grado de humedad que tenga, es compresible y con poca humedad se aproxima al límite líquido ofreciendo poca resistencia a la erosión y está sujeta a asentamiento. El material subyacente meteorizado hasta una profundidad de 30 metros se denomina maicillo, constituye generalmente un suelo firme de fundación, bajo el peso de grandes edificios no sufre asentamiento.

Arenas y gravas cementadas.- Son compactas por lo que son seguros de fundación, se encuentran detras de los estanques de la Shell, al Norte del Sporting y Miraflores hasta Quilpué y en Cerro Ramaditas.

Arenas no cementadas.- Bajo condiciones normales presentan seguridad para fundar, pero ante movimientos sísmicos y saturaciones de agua sufren asentamiento. Las encontramos ubicadas en la zona de la costa y Riberas del Estero Marga-Marga.

Relleno Artificial.- Si no es orgánico puede constituir un suelo de fundación aceptable si se compacta previamente, pero si contiene material orgánico es totalmente desfavorable. Se encuentra en la Costanera desde Torpederas hasta Viña del Mar y Plan de Valparaíso.

Ordenanza Plan Intercomunal de Valparaíso

CLASES Y LIMITES DE ZONAS GEO-TECNICAS

Zona A.- Zona sísmica peligrosa. No se recomienda ningún tipo de edificación, salvo estudios especiales.

Límite de la Zona A.- Corresponde a 1 cuadra (100) desde el borde del mar hacia el interior, en todas las partes costeras planas.

Zona B.- Zona mala para fundar, sólo se recomienda hasta 2 pisos de altura. Cualquier estructura de grandes dimensiones, deberá observar cuidadosamente en sus cálculos el problema de asentamientos.

Sobre dos pisos, la Dirección de Obras no dará permisos de edificación, sin un estudio de mecánica de suelos y el problema de asentamiento.

Límite de la Zona B.- Corresponde en Valparaíso desde el Poniente hacia Oriente la que se describirá, hasta límite interior de Zona A, Punta Duprat, Avenida Altamirano, Plaza Aduana, Calle Blanco, Avenida Brasil, por acera Norte, hasta Avenida Argentina, Avenida España acera Norte, hasta finalizar en Calle Philippi, perpendicular hacia el mar.

Zona C.- Zona restringida para fundar. Solamente se recomienda estructuras hasta 5 pisos de altura.

Cualquier estructura de grandes dimensiones deberá observar cuidadosamente en sus cálculos el problema de asentamientos.

Límite de la Zona C.- En Valparaíso, desde línea anteriormente descrita comenzando del Poniente a Oriente desde Plaza Aduana, Calle Serrano, acera Norte, Calle Prat, Calle Condell, Plaza Victoria, Calle Colón, Avenida Argentina, continuando línea paralela a dicha Avenida hasta pie del cerro, y terminando en Plazuela Barón.

En Viña del Mar, comenzando en boca del Estero, borde del cerro Castillo (por el Oriente de él), hasta tocar Línea férrea hacia el Oriente, hasta Fuente las Cucharas, retornando hacia Viña por borde Norte del Estero, hasta llegar a Puente El Olivar, siguiendo siempre por borde de los cerros colocados al Norte del Estero y entrando tres cuadras hacia Población Limonal y retornando nuevamente por borde cerros, y continuando en línea paralela a Avenida 1 Norte, 2 cuadras hacia el Norte, hasta llegar a Avenida Central en Miraflores sigue paralela a 1 Norte a 3 cuadras de Avenida 1 Norte y continuando por el borde Norte del Sporting Club, (en su parte alta), continuando por el pie del cerro hasta cruzar 7 Norte continuando por el pie de cerro, hasta cruzar Calle Quillota, continuando por pie de cerro, cruzando 15 Norte, continuando por pie de cerro por Regimiento Coraceros, girando hacia el Norte, pasando por establecimientos Navales siempre por pie de cerro, y finalizando en línea perpendicular al mar en las Salinas. En Concepción parte plana correspondiente al cauce del río Aconcagua.

Zona D.- De dunas se distinguen dos tipos:

- a) Dunas estacionarias (dunas viejas) buenas para fundar.
- b) Dunas activas; malas para fundar.

Límite de la Zona D.- Corresponde al borde ubicado entre las

Salinas y el Balneario Concón.

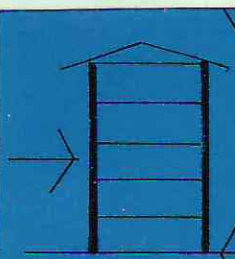
Zona E.- Zona buena para edificar. No hay límites de alturas. Para estructuras más altas que 5 pisos deberá efectuarse un estudio geo-técnico (mecánica de suelos, geología) que fundamente la estructura.

Límite Zona E.- En Valparaíso, corresponde entre la Zona C desde el Poniente, Plazuela Aduana, continuando por pie de cerro, y entrando frente a Plaza Echaurren por Cajilla 3 cuadras hacia el Cerro, después línea paralela, a Serrano hasta contar con San Francisco y volviendo al pie de cerro; después sube por lado Poniente de José Tomás Ramos, en una cuadra paralela, retornando por el costado Oriente de dicha Avenida, también en 1 cuadra. Siguiendo a continuación por pie de cerro, hasta llegar a Avenida Argentina y cerrando con Zona C, que pasa por dicho pie de cerro.

Zona F.- Zona muy buena para fundar. no hay límites de altura. Para estructuras más altas de 5 pisos deberá efectuarse un estudio geo-técnico (mecánica de suelos, geología) que fundamente la estructura.

Límite Zona F.- Corresponde al área restante de la superficie Metropolitana.

De todos los estudios de terrenos que se efectúe por los particulares, referente a mecánica de suelos, se deberá entregar copia de éstos a la Dirección de Obras Municipales respectiva, la que deberá llevar un plano de sondajes con su archivo correspondiente.



capítulo 3

EL MOVIMIENTO SÍSMICO
Y LA ACCIÓN SOBRE LAS ESTRUCTURAS

SISMOS O TERREMOTOS

Los sismos o terremotos son movimientos repentinos e intensos que sufre la corteza terrestre debido a que fuerzas internas reacomodan los materiales pétreos inyectando magma entre ellos y alterando la estructura de la roca compacta.

Los sismos se producen con frecuencia en las zonas de plegamiento y especialmente en los sistemas de origen reciente, lo que demuestra que las fuerzas desencadenadas en las rocas durante la formación de las montañas no han desaparecido totalmente, aunque también los sismos tienen lugar en las montañas viejas (Apalaches) y en los bordes continentales.

El 53% de los temblores sísmicos se producen en el cinturón formado por las cadenas montañosas jóvenes; Alpes y Cáucacos, Himalaya y el 41% a lo largo de los bordes continentales que circundan el Pacífico. El 6% restante se reparte por el Globo.

Origen o naturaleza de los sismos.— Los movimientos sísmicos se producen por causas diferentes que según su importancia son:

a) Formación de fallas.— Como punto de partida existe un pequeño empuje diferencial en el seno de la roca. Como consecuencia de este empuje se desarrolla una tensión interna en la partícula g , figura 3 - 1, que tiende a separarse en dos porciones: g' y g'' . Si esta tensión aumenta durante un período suficiente, la separación entre los centros de aplicación de las fuerzas alcanzará la distancia máxima Δ , y si la tensión se hace aún mayor, la partícula se separará en dos porciones.

La sacudida sísmica se inicia en el instante que se produce la ruptura. Las porciones g' y g'' continúan separándose más a lo largo del plano xy , y finalmente queda en reposo a una distancia Δ' probablemente inferior a Δ . La repentina ruptura, el subsiguiente movimiento de las dos porciones y el de las partículas adyacentes, son el origen de las vibraciones que constituyen el sismo. Encima de la falla y en la vecindad inmediata el sacudimiento es más fuerte y se notan como golpes verticales. Una vez producido el sismo las rocas contiguas a la falla, sufren un período de reajuste que dura un tiempo considerable, lo que da lugar a cierto número de sacudidas pequeñas.

b) Fenómenos volcánicos.— El movimiento de las magmas y ga-

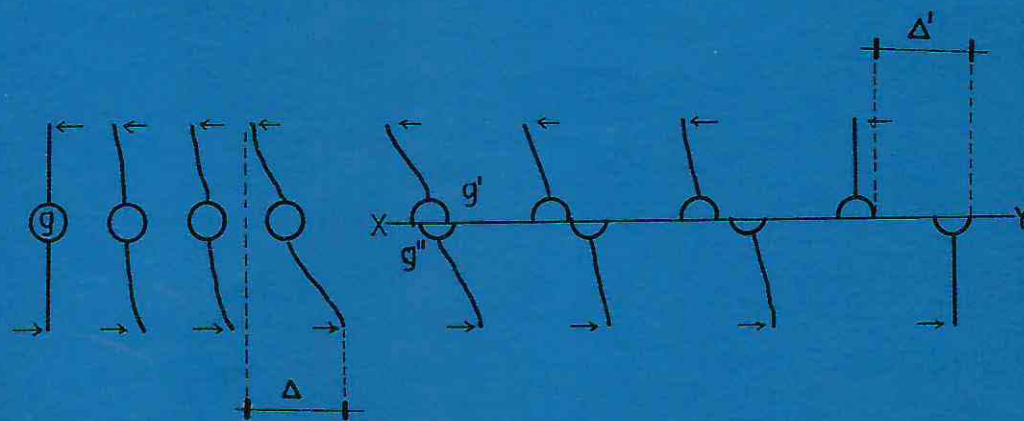


FIG. 3-1

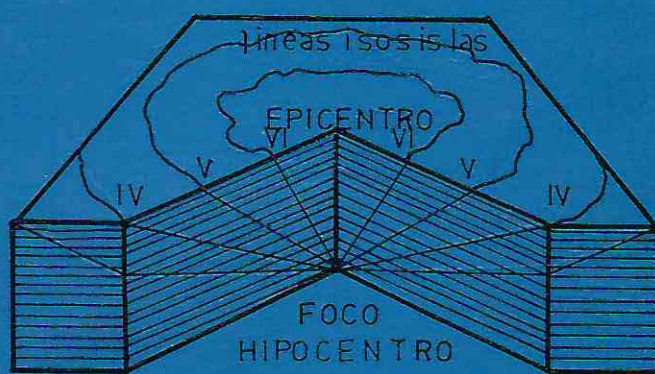


FIG. 3-2

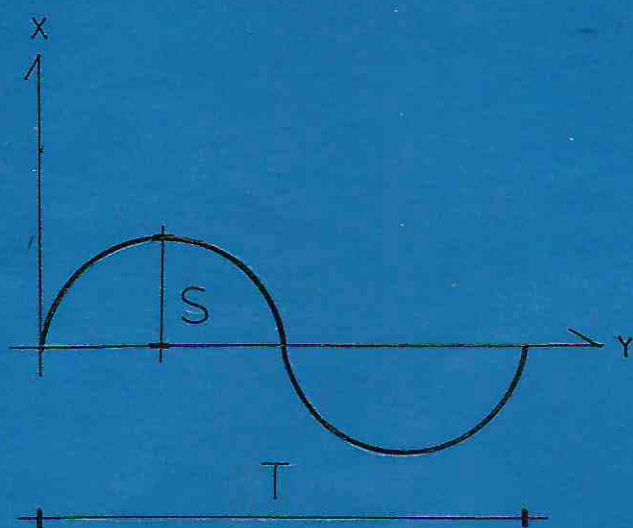


FIG. 3-3

ses en el interior de la corteza terrestre, son también capaces de desencadenar sismos, debido a reajustes que tienen lugar en el seno de las magmas y en las rocas que bajo la superficie terrestre los rodean.

Por regla general las sacudidas que acompañan a los fenómenos volcánicos son menos intensas y destructoras que las originadas por fenómenos tectónicos (sismos de fallas).

c) Deslizamientos de Tierras y Hundimientos de los Techos que forman las grutas.- Son movimientos locales y de escasa importancia, se originan por la disolución de capas solubles del subsuelo por la acción de las aguas, formando vacíos que causan el hundimiento de las capas terrestres.

La Onda Sísmica.- (figura 3 - 2). Cuando por cualquiera de las causas nombradas se origina un sismo o terremoto en una zona puntual o alargada en el interior de la tierra, este punto o línea se denomina Hipocentro o Foco y su punto más cercano en la superficie terrestre es el Epicentro.

El efecto de un sismo viaja a la superficie terrestre, mediante la "Onda sísmica" que se propaga de diferentes formas:

a) Ondas longitudinales.- Son las que llegan por el camino más corto a la superficie de la tierra, porque su dirección de propagación es la misma que la de vibración de las partículas, produciendo choques verticales de abajo hacia arriba en el epicentro y dando origen a los temblores preliminares, llevando velocidades hasta de 13 kilómetros por segundo (780 kilómetros por minuto).

b) Ondas transversales.- Son las que llegan a la superficie de la tierra bajo ángulos que son tanto más agudos, cuanto mayor es la distancia al epicentro. Las sacudidas en ellos pierden intensidad debido a la mayor distancia. Su velocidad es de 8,5 kilómetros por segundo.

c) Ondas superficiales.- Son las oscilaciones superficiales que provoca el movimiento sísmico en el epicentro, constituyendo las ondas principales del temblor. Estas oscilaciones se propagan mucho más lentamente, no pasando nunca más allá de una velocidad de 3,2 kilómetros por segundo (192 kilómetros por minuto) debido a la gran cantidad de grietas y fisuras que debe atravesar.

La dirección de propagación de la onda sísmica es radial, u elipsoidal, ya sea, si su origen ha sido un punto o una raya y la línea que une los puntos de igual intensi-

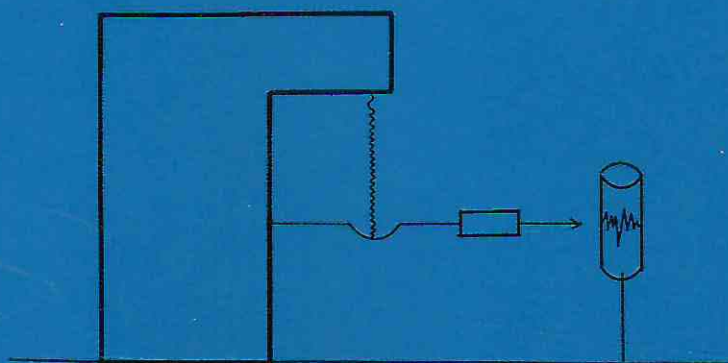


FIG. 3-4

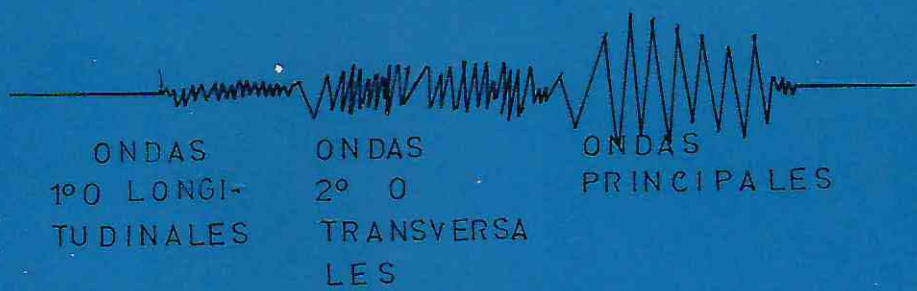


FIG. 3-5

dad se llama línea Isosista.

La Onda sísmica por lo tanto tiene una dirección, período y amplitud determinada y puede ser representada por una curva sinusoidal, que se propaga en la dirección xy ; en el tiempo t ; la amplitud es S y el tiempo de oscilación completa T , figura 3-3.

La sismetría se ha dedicado al estudio de la intensidad y características de los movimientos sísmicos (sismo=terremoto y metrón=medida); para ello ha inventado un instrumento de gran precisión capaz de registrar los movimientos más débiles, incluso los vientos fuertes. Dicho instrumento recibe el nombre de Sismógrafo, figura 3 - 4.

Consiste en un péndulo de gran masa que permanece en reposo, mientras el suelo se mueve bajo él. Una varilla larga y delgada va unida rígidamente al péndulo y sostiene una plunilla impregnada en tinta cuyo extremo roza la superficie de un papel ahumado, donde escribe la gráfica del sismo (sismograma). Este papel ahumado va arrollado a un cilindro cuyo eje va fijo al suelo.

Durante la sacudida sísmica el péndulo y la pluma permanecen en reposo, mientras que el cilindro y el papel se desplazan al tiempo que el suelo. El tambor gira mediante un apoyo de relojería por lo que a su vez registra su duración.

En los últimos modelos de sismógrafos, el registro de vibraciones se realiza por un procedimiento óptico (fotográfico) o magneto-óptico (magneto-gráfico), a fin de eliminar el rozamiento.

El movimiento sísmico puede descomponerse según tres ejes de coordenadas cartesianas rectangulares:

- a) Movimiento vibratorio vertical o radial.
- b) Dos movimientos horizontales o tangenciales perpendiculares entre si. ($A - S$) ($E - O$).

Son necesarios pues dos clases de sismógrafos:

- a) De componente vertical.
- b) De componente horizontal.

Conociendo el período y la amplitud máxima de un movimiento sísmico, puede deducirse su aceleración máxima, sobre la cual se basan actualmente las escalas de intensidad de los temblores.

La más usada es la de Mercalli que relaciona los grados de intensidad con la aceleración que adquieren las partículas en movimiento expresada en $mm. \times seg.^2$ y los efectos sobre las estructuras construidas por el hombre.

El período y la amplitud se registran en los sismogramas, pero desgraciadamente las agujas inscriptoras saltan de su sitio, o se echan a perder sus mecanismos de relojería, cuando se encuentran ubicadas dentro de la zona afectada por el terremoto.

El estudio de los sismogramas permite analizar los tres tipos de ondas. (figura 3 - 5):

Temblores de gran amplitud de onda y de un período largo, son menos peligrosos que los de amplitudes de pocos centímetros, pero de períodos inferiores a 2 segundos, que se traducen en aceleraciones rápidas.

ESCALA DE MERCALLI	I	1.0	Instrumental	- registrado sólo por sismógrafos.
	II	1.0	Muy débil	- solamente advertido por personas sensibles.
	III	2.5	Ligero	- sentido por las personas en reposo.
	IV	5.0	Moderado	- sentido por los habitantes en movimiento.
	V	100	Algo fuerte	- se despiertan las personas, los objetos inestables se mueven o se vuelcan.
	VI	250	Fuerte	- Ligeros desperfectos.
	VII	500	Muy fuerte	- Se producen daños en estructuras de albañilería, alarma general.
	VIII	1.000	Destruyivo	- Caen las chimeneas y murellas de albañilería.
	IX	2.500	Ruinoso	- Se produce pánico general, las estructuras de albañilería mal proyectadas o mal construídas se destruyen, las estructuras de albañilería bien construídas y proyectadas se dañan seriamente. Aparecen grietas en suelos resacos.
	X	5.000	Desastroso	- Se destruyen gran parte de las estructuras de albañilería.
	XI	7.500	Muy desastroso	- Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Se agrieta el suelo.

XII	9.800	Catastrófico	- El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de rocas. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.
-----	-------	--------------	---

En Chile también se emplea una escala de seis grados, que es la misma adoptada por el Instituto Central del Japón.

- I - sacudida observada por personas en reposo o atentas.
- II - Sentido por todo el mundo, ruido en ventanas y puertas.
- III - Se estremecen las casas, detención de péndulos, fuerte oscilación de las lámparas, provoca pánico en la población.
- IV - Caída de algunos objetos sueltos, suenan campanas, caída de algunos muros mal contruidos, pánico general, sin destrucción de edificios.
- V - Caída de algunas casas, destrucción parcial o total de construcciones, chimeneas, murallas.
- VI - Caída total de las casas, fallas en el terreno, en general desastre.

Acción del movimiento sísmico sobre las estructuras.

Los efectos de la acción sísmica sobre los edificios se puede analizar, en principio, comparando una estructura con una varilla colocada en posición vertical, empotrada en su base y libre en su otro extremo. Si a esta varilla le vamos concentrando masas a distintas alturas y le aplicamos una fuerza, veremos que vibra en diferentes formas.

a) Varilla con masa concentrada en su extremo libre (figura 3 - 6)..- Para darle movimiento aplicamos una fuerza instantánea e inmediatamente observamos que una fuerza en sentido contrario trata de volverla a su posición primitiva. Al pasar la varilla por 0 ambas fuerzas se han anulado, pero la velocidad ha alcanzado su máximo con las sucesivas aceleraciones que le ha comunicado la fuerza

El cuerpo no se detiene en virtud de la inercia y continúa moviéndose hasta A', pero su velocidad irá disminuyendo hasta cero, porque actúa nuevamente la fuerza de sentido contrario al movimiento, la que va aumentando con su distancia de 0 que es el centro de la oscilación.

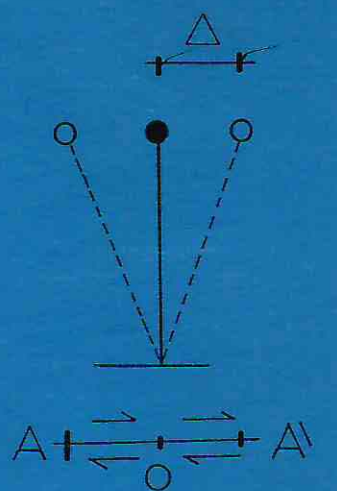


FIG. 3-6

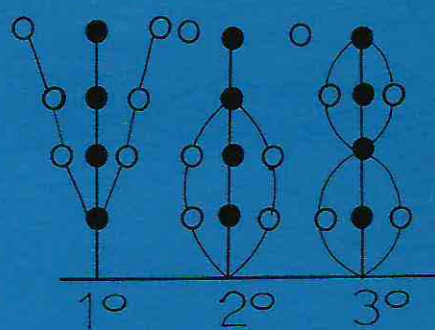


FIG. 3-7

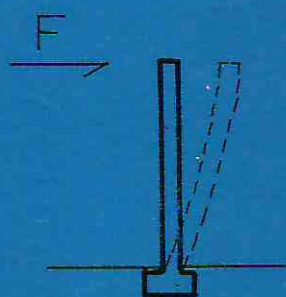


FIG. 3-8a

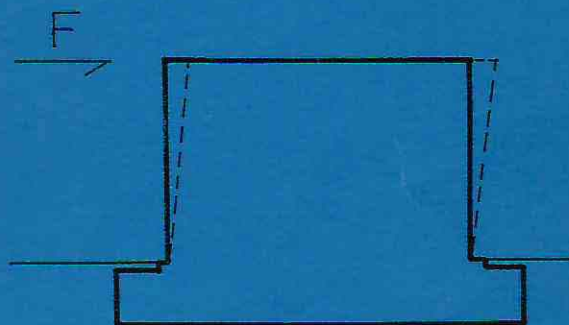


FIG. 3-8b

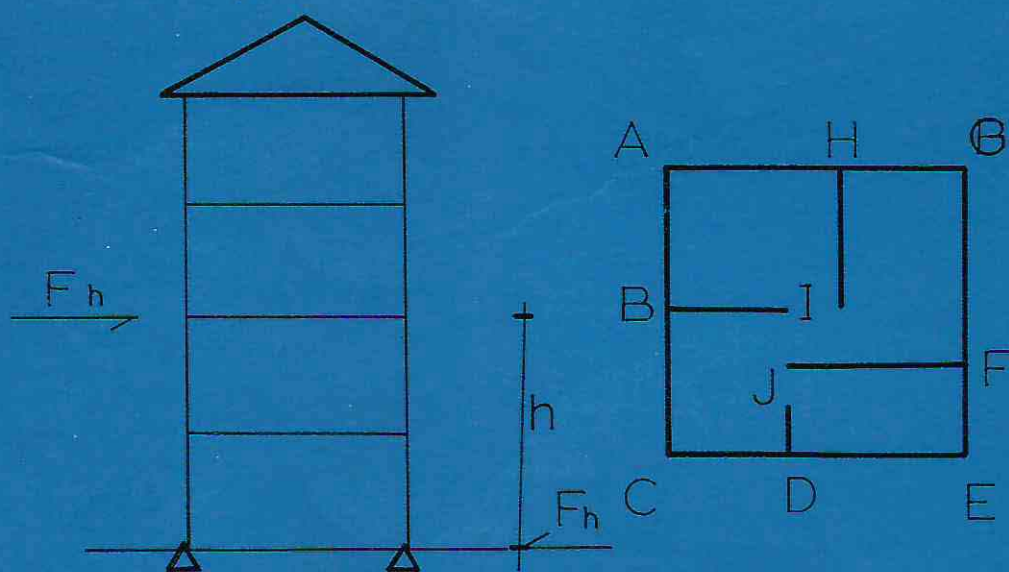


FIG. 3-9

El camino $A A'$ es una oscilación simple y el conjunto de dos oscilaciones simples es una oscilación completa.

Elongación se llama a la distancia que en cada instante tiene la varilla a su posición de equilibrio normal, y la elongación máxima $A O$ se llama Amplitud S (cms.).

El tiempo que emplea la varilla en una oscilación completa se llama Duración de la Oscilación o Período t segundos.

La Aceleración en A y A' es máxima a cm.x seg.

b) Varilla con masa concentrada a distintas alturas de la varilla (figura 3 - 7 a-b-c)..- En este caso se mantienen en la varilla puntos en reposo y puntos donde la amplitud es máxima. El número de puntos en reposo, nodos, indica los diferentes modos de vibrar.

c) Varilla con la masa uniformemente distribuida..- Existen infinitos modos de vibrar e infinitos períodos propios.

El caso a) tiene un sólo grado de libertad para vibrar y por lo tanto un sólo modo de vibrar y un sólo período propio. En la construcción lo encontramos en estanques elevados, puentes etc.

El caso b) tiene varios grados de libertad para vibrar, y por lo tanto varios modos de vibrar con sus correspondientes períodos y amplitudes, pero siempre es el primer modo el que produce mayor amplitud y período. Se presenta en edificios de varios pisos.

Caso c). En la construcción se encuentra en muros aislados, chimeneas etc.

La fuerza que saca al cuerpo del reposo viene a ser el movimiento sísmico y la fuerza en sentido contrario es la reacción de la inercia de la masa del edificio, que denominamos F_h .

$$F_h = m$$

siendo m = masa = peso propio más sobrecarga.

$$\text{como } m = \frac{P}{g}$$

g = aceleración.

$$F_h = \frac{g}{g} \times P$$

P = peso.

$$\text{peso} = P, \frac{g}{g} = c$$

g = aceleración de gravedad.

c = coeficiente sísmico.

$$F_h = c \times P$$

El valor del coeficiente sísmico está en función del suelo de fundación y modo de fundar, varía en:

- a) Edificios rígidos 0,08 ----- 0,12
- b) Edificios semirígidos 0,05 ----- 0,15
(ver ordenanzas)

El estudio de la Asismicidad se inicia después del terremoto de San Francisco, Abril de 1906. En ese entonces se creía que un edificio apto para resistir la acción de un viento de 150 kg. por m.² era asísmico. Sin embargo experiencias posteriores han demostrado que la acción sísmica actúa en cualquier dirección y es un movimiento de vaivén, en cambio el viento tiene una acción dominante y sólo vá.

Período propio de una estructura..- Como hemos visto toda construcción tiene lo que se llama un período propio de vibración, que es el de sus oscilaciones una vez que ha dejado de actuar la fuerza instantánea (movimiento sísmico).

$$t = \sqrt{0,2 \Delta}$$

Δ = deformación.

siendo

$$\Delta = \frac{Ph^3}{3EJ}$$

P = fuerza horizontal.

h = altura.

Cuando el período propio de un edificio coincide con el del temblor se produce lo que se designa con el nombre de Resonancia.

Al producirse este fenómeno y mientras se mantengan la coincidencia, las deformaciones de la construcción van creciendo rápidamente, pues se suman y puede llegar un momento en que si el temblor es lo suficientemente largo e intenso, sobrepasen las deformaciones elásticas de los elementos de la estructura y sobrevenga la destrucción o ruptura de las mismas.

La experiencia ha demostrado que la fase más destructora de los terremotos se deben a ondas de un período comprendido entre 0,5 y 1,5 segundo. En base a esto la Ordenanza General de Construcciones clasifica a las estructuras en:

a) Estructuras rígidas..- (figura 3 - 8-a). Si la razón $T_e/T_{t1} < 0,4$ siendo T_e período propio de la estructura y T_{t1} período de 1 segundo del temblor Y.

Si la razón T_e/T_{t1} es $\geq 0,4$ y $< 0,75$. En ambos casos la estructura sigue casi exactamente las oscilaciones horizontales del suelo y permanece sin deformaciones apreciables.

b) Estructuras flexibles o elásticas..- (figura 3 - 8-b). La razón $T_e/T_{t1} \geq 2$, la estructura no se mueve o se mueve muy poco, en cambio se flexiona tanto como el camino recorrido por el suelo, o sea, como la amplitud de su movimiento, por lo tan

to no aparece la reacción de inercia y su deformación es grande.

c) Estructuras semirígidas.- T_e/T_{t1} es mayor que 0,75 y T_e/T_{t1} , es menor que 1,5. Las estructuras cuyo período produce un cociente comprendido entre estos límites, deben evitarse porque se produce la resonancia, ya que se aproximan a 1 el valor T_e/T_{t1} .

Comportamiento de las estructuras frente a los Esfuerzos Sísmicos.-

Como ya hemos visto el esfuerzo sísmico se descompone en dos clases de movimiento:

- a) Uno de componente vertical que es absorbido por la masa del edificio.
- b) Dos de componente horizontal, que origina en las construcciones solicitaciones perpendicular a la de las cargas a que están sometidas normalmente.

Producen en los elementos verticales de la estructura (muros y pilares) tensiones de corte, tracción y compresión debidas a flexión y momento de volcamiento debido a que la componente horizontal y la reacción del edificio forman un par de fuerzas, (figura 3 - 9), haciéndolo comportarse como una consola.

$$M = F_h \times h$$

Los elementos que forman un edificio actúan de diferentes formas frente a la acción sísmica según sean sus orientaciones frente a él:

- a) Muros placas o tabiques placas normales al F_h , no resistentes al sismo, son deformables, destructibles.

Ejemplo ABC --- KD --- IJ --- HGF

- b) Muros, pórticos, tabiques longitudinales paralelos a F_h , son rígidos activos y resistentes.

Ejemplo I H --- BJ --- KG --- CDF

- c) Entrepisos rígidos, vehículos transmisores de la acción sísmica.

Ejemplos A B C D E F G H.

En toda construcción corriente de dos pisos, correctamente proyectadas para soportar cargas estáticas su estructura posee suficiente fuerza resistencia para soportar las fuerzas sísmicas horizontales.

En los edificios de varios pisos se supone F_h , horizontal y actuando al nivel de cada piso, considerándolos

infinitamente rígidos y transmitiéndolos por su parte a elementos verticales soportantes, muros y pilares.

Si se considera la manera como se deforma la estructura, los pilares se deforman manteniendo todos sus extremos superiores al mismo nivel, ya que son despreciables las deformaciones causadas por diferencia de fuerzas verticales en las columnas.

Los pisos se mantienen horizontales, salvo las pequeñas ondulaciones debidas a que las vigas no son infinitamente rígidas respecto a los pilares, con los cuales se supone que forman ángulos invariables. Se llega a la conclusión, que la construcción se deforma por el deslizamiento de los pisos, de uno respecto a otro, manteniéndose horizontales.

En los efectos de la acción sísmica sobre un edificio tienen importancia:

- a) El material de que está construido.
- b) La calidad del terreno de fundación.
- c) El tipo de fundación.

Distintas formas de perecer de una estructura.

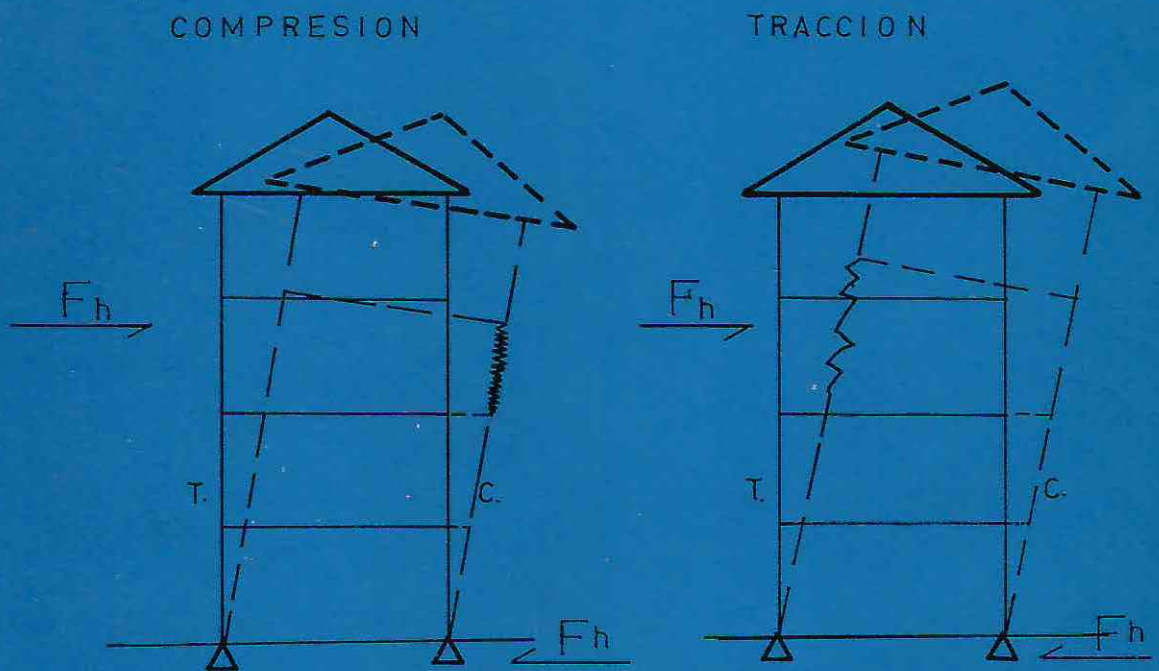
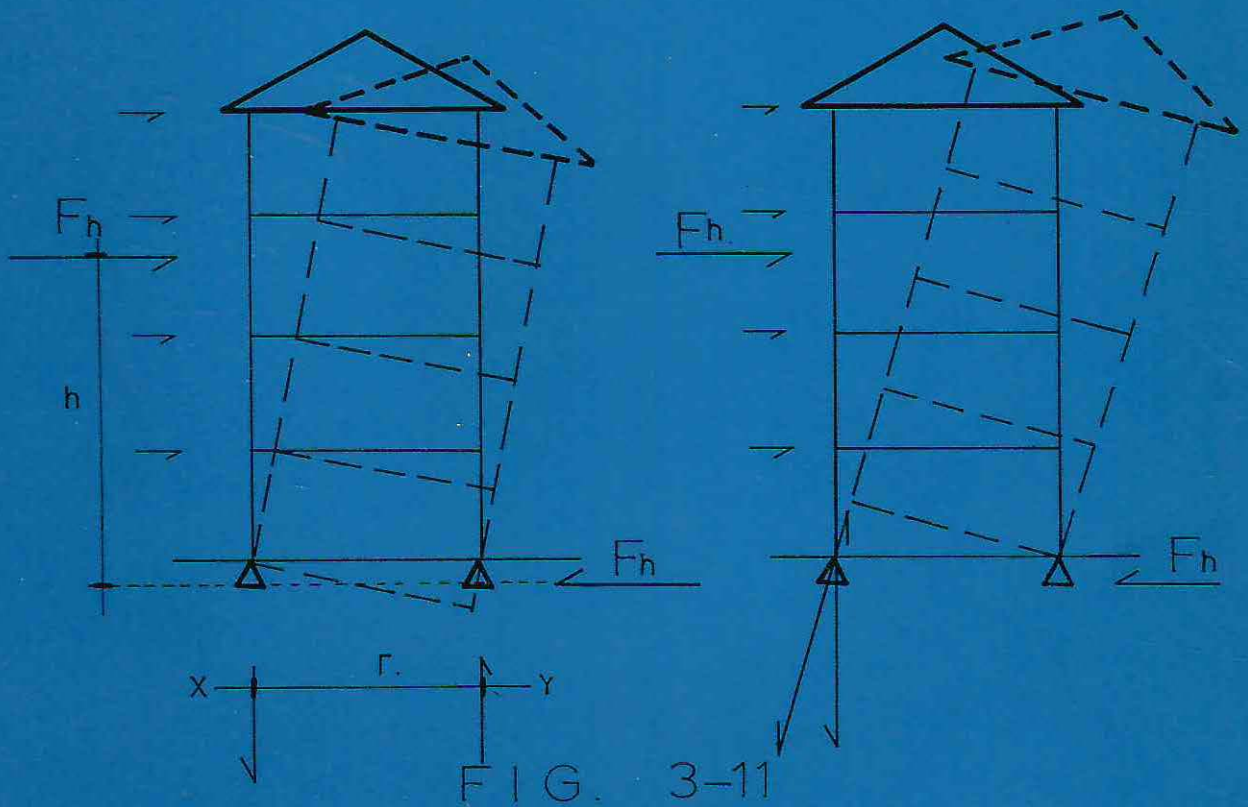


FIG. 3-10

1). Tracción - compresión.- (figura 3 - 10). El edificio frente a la acción sísmica sufre los esfuerzos de tracción y compresión; y puede llegar a una ruptura parcial por aplastamiento cuando es la zona de compresión que ha fallado u estiramiento si ha sido su cara traccionada.

ASENTAMIENTO

TRACCION



2) Volcamiento.- (figura 3 - 11). La destrucción por volcamiento puede ser por tracción o por asentamiento. El esfuerzo de tracción puede ser mayor que el compresor o viceversa.

El peligro es mayor a mayor esbeltez del edificio, ya que disminuye el brazo r'' .

$$M_v = F_h \cdot h + x \cdot r$$

x = tracción.

$$x = \frac{F_h \cdot h}{r}$$

y = compresión.

El volcamiento se produce por : desconocimiento del terreno de fundación, o cálculo no adecuado de la estructura.

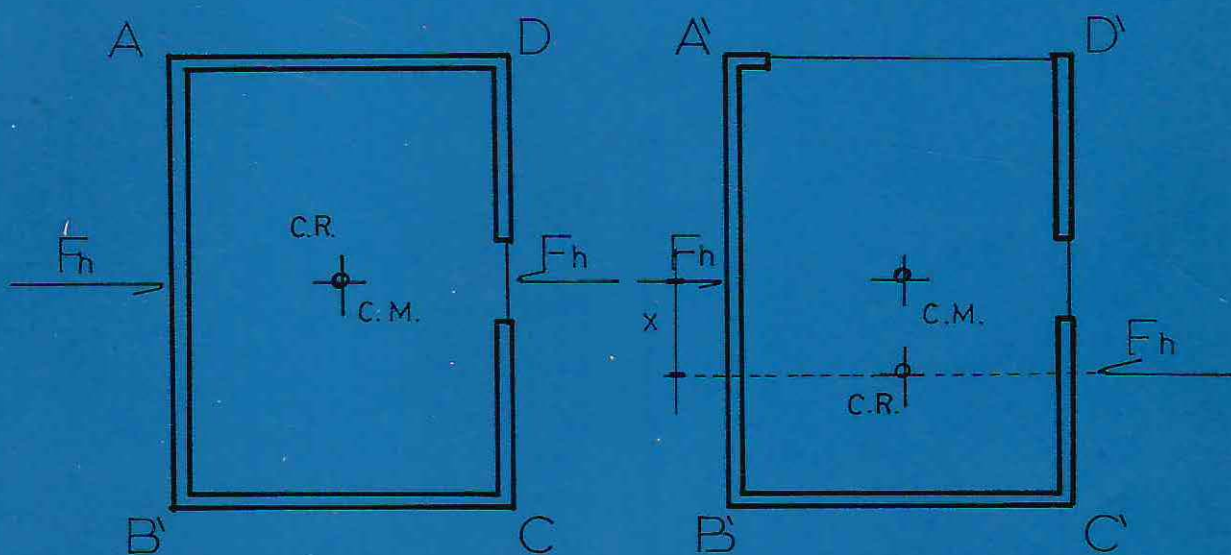


FIG. 3-12

3) Torsión en planta.- (figura 3 - 12). Cuando el centro de masas con el centro de rigidez (respuesta del edificio al sismo) no coinciden se forma un par de fuerzas que producen giro.

$$M_t = F_h \cdot x$$

La acción sísmica se concentra en A'B' que es el muro fuerte, pero por efectos de la torsión, F_h disminuye; en cambio C'D' que recibe muy poca acción sísmica, por efecto de la torsión F_h aumenta, produciendo su destrucción.

Para evitarlo se recomienda: simetría en la estructura; equilibrio de materiales; centro de rigidez cerca del centro de la masa.

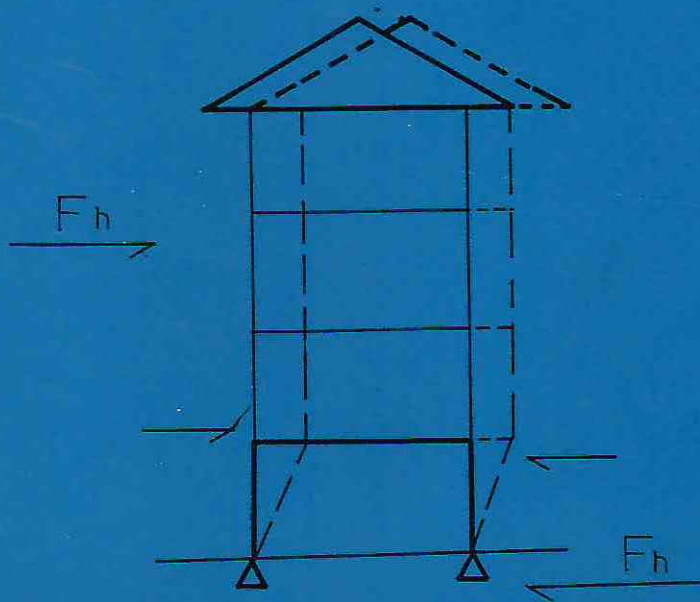


FIG. 3-13

4.-ESFUERZO DE CORTE O CIZALLE

capítulo 4



LAS ALBAÑILERIAS

L A S A L B A Ñ I L E R I A S

En su forma primaria la Albañilería se remonta a la época del hombre primitivo. Los Dolmenes, menhires, cromlechs de piedras y el modelado incipiente del cual se derivaría el ladrillo, son sus manifestaciones elementales. En el umbral de las civilizaciones orientales, donde se produce el uso racional de la piedra y el ladrillo: Pirámides y Templos Egipcios son ejemplos de ello. En Siria, excavaciones demuestran la existencia y uso del barro cocido, baldosas y ladrillos de arcilla cocida.

En Nínive combinan la piedra y el ladrillo en el castillo de Kijorsabad. Donde no hay piedras, los asirios construyeron con ladrillos de arcilla cocidos al sol.

Las murallas de Micenas, de grandes bloques de piedras llamadas muros ciclópeos, son ejemplos de este tipo de construcciones realizadas al rededor del Mar Egeo.

Otros monumentos famosos de albañilería de esos tiempos son el Templo de Salomón en Palestina con sus muros de piedra y la Torre de Babel en Babilonia. La muralla china con base de granito, paredes de ladrillo y, relleno interior de tierra y grava, de 8 m. de altura, 5 m de ancho, construida en el siglo II A.C. como medida defensiva.

Como aglomerante de sus construcciones los egipcios empleaban argamasa, y en otros, mediante el perfecto trabado entre los elementos constructivos.

Pero es en Grecia en el año 500 A.C. y en Italia donde al arte de construir alcanza su perfección, en una expresión formal pura, equilibrada, armónica, con el estudio de la proporción y de los materiales adicionado a una técnica nacional.

En Grecia los grandes monumentos son de mármol en bloques, tallados y acoplados mediante grapas de fierro, siendo la columna y el dintel de piedra sus elementos estructurales característicos.

En los romanos una acabada artesanía, una técnica perfeccionada, el uso de los materiales ofrecen mayor variedad. Recibieron influencias etrusca, principalmente la técnica de la bóveda. Utilizan la piedra tallada y aparejada, en seco o con aglomerante; el mampuesto y el ladrillo. Hacen gran uso de los aglomerantes, desarrollando para éste una técnica especial : " el cemento romano " mortero de cal grasa al cual se le agregaba puzolana del Vesubio o trozos de Tejas a la que conferían cualidades hidráulicas.

En España uno de los monumentos más famosos de albañilería es el Acueducto de Segovia.

En el arte bizantino se perfeccionan procedimientos conocidos o variación de ellos, como el de la bóveda, pero no aporta nada fundamentalmente nuevo en el desarrollo de la albañilería (siglo XIV - X)

Un nuevo impulso recibo con el estilo románico, caracterizado por la búsqueda del equilibrio entre lo masivo y los vanos, entre las masas de piedra y los arcos e introducción a la cúpula.

El hombre llega a convertirse en dueño de los esfuerzos en una construcción, los distribuye mediante sabia organización de la estructura en el cual todo permanece en equilibrio (pilares, arcos, contra-fuerzas).

Durante el renacimiento se busca el retorno a las proporciones CLASICAS y orientado hacia un afán decorativo, pero no señalando novedades en el aspecto constructivo (siglos XVII - XVIII)

A partir del siglo XIX se desarrollaron nuevas técnicas constructivas basadas en el dominio de las leyes fundamentales de la estática, empleadas con intuición y sensibilidad que permitió exteriorizar su arte: equilibrio entre arte y técnica.

Ante el maquinismo, el arte de la construcción resolvió estos nuevos problemas planteados, especialmente el ferrocarril. Ejemplo: los puentes que debían resistir esfuerzos dinámicos bajo efecto de las pesadas máquinas.

El uso del hormigón olvidado desde los romanos reaparece y el hormigón armado comienza a desarrollarse hasta nuestros días.

El arte de la construcción de albañilerías cuenta en la actualidad con medios superiores a los de antaño. Pero éstas no se realizan en nuestra época siguiendo las reglas del arte de la construcción, como en el pasado, ello se debe a la necesidad apresurada de viviendas, mano de obra insuficientemente preparada o por carencia de amor al trabajo realizado.

DEFINICION DE ALBAÑILERIA.

Se puede definir albañilería como el sistema constructivo resultante de la sobreposición de materiales sólidos, ligados o no entre sí, formando un conjunto estable, de formas y dimensiones determinadas.

Según el origen del elemento sólido de una albañilería, éstas se clasifican en Naturales y Artificiales.

- 1) Los elementos de origen natural comprenden rocas utilizadas de la misma manera como son encontradas en el terreno, ej: mampuestos, arena, etc.; o bien, que para su utilización han debido ser sometidas a un tratamiento mecánico de trituración, tallado, etc. Ejemplo Piedra Tallada, piedra triturada, grava cribada, grava lavada.

- 2) Los elementos de origen artificial son aquellas resultantes de la transformación activada de elementos naturales o de la combinación de ellos. Ejemplo: el ladrillo y la teja de la cocción de la arcilla; el vidrio resultado de la fusión de sosa, cal y potasa.

Sea la Albañilería de origen natural o artificial, los materiales pueden ser sobrepuestos en seco, al estilo de los antiguos muros ciclópeos, sin la concurrencia de liga, acomodados en función de su forma y peso. Pero lo más usual es la intervención de un aglomerante que liga los materiales entre sí, permitiendo también llenar las irregularidades por ellos presentadas y lograr un tratamiento ornamental de dichas juntas haciéndolos impermeables al paso del agua y del aire.

Clasificación de las rocas. Definido con este concepto a los materiales naturales utilizados en albañilería en forma sólida (piedra), pulverulenta (arena) o plástica (arcilla).

1 - Según su formación geológica:

Los elementos cristalinos constituyentes de la corteza sólida de la tierra se disgregarían en sedimentarias que bajo fuertes empujes y elevadas temperaturas constituirían las metamórficas:

Rocas cristalinas: granito; sienita: granito sin cuarzo; diorita: feldespato y anfíbol; pegmatita: arcilla pura; pórfido basalto

Rocas sedimentarias: elástica o detríticas: viene de rocas eruptivas; provenientes de residuos químicos (precipitación) y provenientes de restos orgánicos (vegetal o animal).

Rocas metamórficas: originadas por modificación de rocas preexistentes por compresión o por temperaturas elevadas. Por compresión su estructura es laminar y se denomina Roca laminada. Ej. caliza convertida en mármol; arena en gres, etc.

El calor la transforma en masa fundida y compacta. Las rocas cristalofílicas o esquistos cristalinos son variedades de rocas metamórficas.

2 - Según los caracteres mineralógicos:

- a) Minerales 1er grupo: elementos ligeros a base de sílice, componentes originarios de la corteza de la tierra: granitos, porfidos
- b) Minerales 2o grupo: originados por disolución de los anteriores: ácidos no metálicos, aluminatos, nitratos, sulfatos, etc.
- c) Minerales 3er grupo: formados por elementos metálicos provenientes de las profundidades del terreno: mineralizadores y minerales
- d) minerales 4o grupo: provenientes de organismos vivos de origen vegetal: combustibles minerales y derivados del carbono: (diamantes, antracita, hulla, betunes, petróleo, asfalto).

3)- Según la disposición de los granos o textura de una roca:

- a) Granítica : originada por lento enfriamiento de la roca : granito y sienita
- b) Porfídica: originada por rápido enfriamiento de la roca : pórfido y basalto.
- e) Vitrea: originada por violentos enfriamiento de la roca : piedra pómez.

Albañilería de Piedra.

Su empleo no es corriente, su técnica es difícil y especializada. Atendiendo al grado de preparación del material al ser puesto en obra, las Albañilerías de Piedra pueden clasificarse en :

- 1.- Mampostería ordinaria de bolones. Mampostería es una obra realizada con piedras sin labrar, de tamaño que permita su fácil manejo. Los bolones son piedras grandes de dimensiones oscilantes entre 15 y 30 cm de diámetro. Tienen forma redondeada e irregular.
- 2 - Mampostería concertada o careada es aquella que está formada por piedras de caras poligonales que van confrontadas y conservando la irregularidad de su forma.
- 3 - Mampostería de piedra labrada o canteada, es la albañilería de piedra cuyas cuatro caras, llamadas plomo, asiento y costados, son trabajadas o labradas.
- 4 - Sillerías de Piedra: es la obra construida con piedras escuadradas que reciben el nombre de sillares, su trabajo requiere precisión con el objeto de lograr el perfecto ajuste entre ellas. Tiene juntas horizontales y verticales.
Para aglomerar las piedras entre si, se usa mortero de cemento cuya dosificación varía según la dureza de la piedra y según la forma de ella. Su principal finalidad es transmitir uniformemente las presiones sobre las caras de la piedra.

Albañilería de Bloques -

Son obras de fábrica constituidas por bloques, elementos generalmente con huecos para disminuir su peso. Sus dimensiones varían generalmente entre 10, 15, 20 y 40 cm de largo y 20 cm. de alto. Las características de una albañilería de bloques es muy similar a la albañilería de ladrillos, que se tratará en detalle, en cuanto a mortero, ejecución etc.

Se aprovecha generalmente la disposición de los huecos como moldes del pilar de hormigón, cuya dimensión mínima puede ser 14 cm. por 14 cm. Como molde de cadena puede igualmente utilizarse un tipo de bloque de forma a canalada. Su utilización en viviendas económicas reduce los costos de moldaje y estucos.

La resistencia del bloque varía en función directa a la dosificación del cemento del mortero del bloque.

Albañilería de ladrillo.

Se denomina albañilería de ladrillo la obra constituida en base a hiladas de elementos de cerámica de dimensiones regulares y forma de paralelepípedo recto llamados ladrillos.

A. - El ladrillo:

1. Forma: paralelepípedo recto compacto o con huecos.

2. Dimensiones y clases:

Ladrillos hechos a máquina a) 25 x 12 x 5.5 cm.

b) 23 x 11 x 5 cm.

Ladrillos hechos a mano a) ladrillos comunes o de muralla
41 x 20 x 6,5 cm.

b) ladrillos fiscales 31 x 15 x 7 cm.

Ladrillos huecos a) de 2 hoyos 25 x 12 x 6 cm.

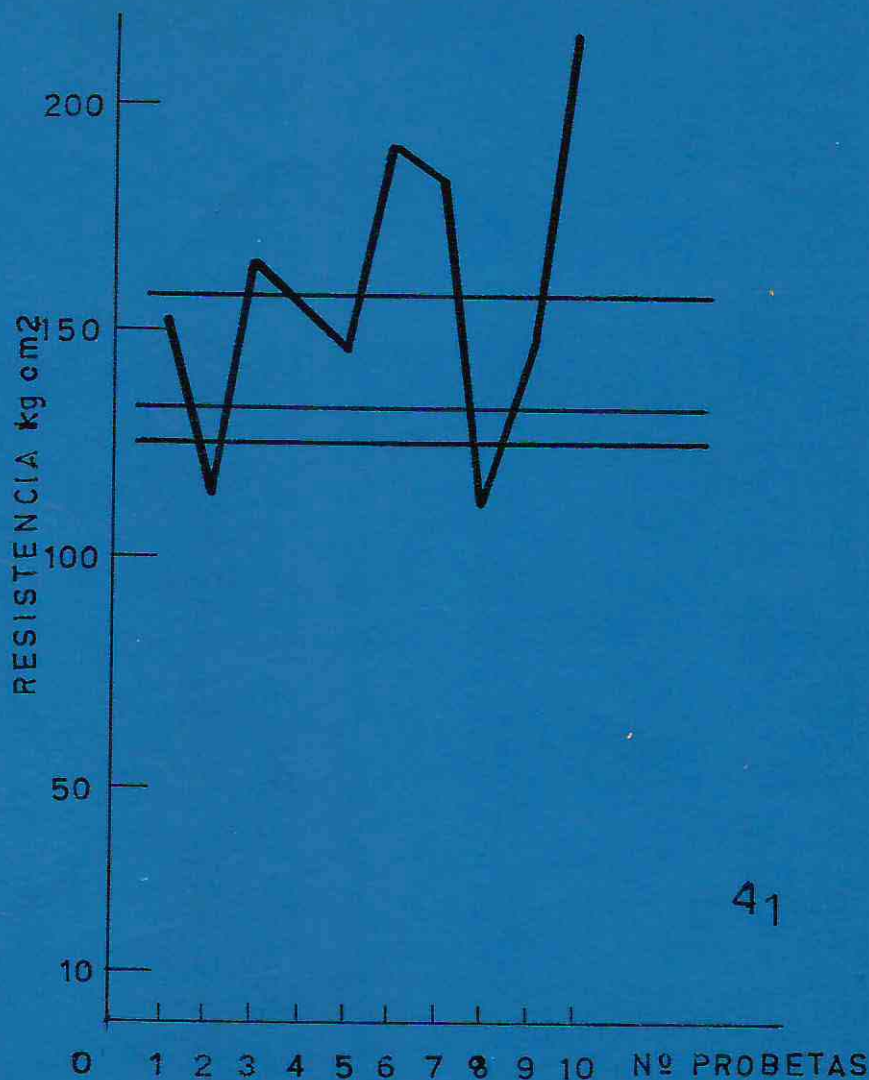
b) de 6 hoyos 31 x 15 x 9 cm.

En general la norma práctica de relación largo-ancho es que el largo sea igual a dos veces el ancho más 1 / $l = 2 a + 1$ / , que hace posible la diferente disposición de los ladrillos en un muro, tomando 1 cm de junta vertical.

3 - Resistencia. La determinación de la resistencia del ladrillo se logra a través de ensayos en laboratorio, mediante el procedimiento denominado de probeta-ladrillo, para lo cual se parten por la mitad 5 de ellos y son sometidos a cargas de compresión. Se obtienen 10 valores de Resistencia diferentes. Existen dos clases de resistencia:

a) Resistencia Media del ladrillo, es la media aritmética entre los 10 valores obtenidos en el ensayo de 10 probetas-ladrillo.

b) Resistencia característica del ladrillo es la media aritmética de los valores más bajos de la mitad de las 10 probetas ensayadas.



Este último concepto de Resistencia es el criterio aceptado para el cálculo de la Resistencia del ladrillo Ver figura 4 - 1

4.- **Succión y adherencia del ladrillo:** Los ladrillos succionan agua de los morteros por capilaridad, por lo cual este último se consolida y se produce la adherencia mortero-ladrillo, siendo ésta la causa por la cual es difícil despegar el mortero de un ladrillo una vez que aquel está fraguado y endurecido.

Pero si el ladrillo absorbe demasiada agua, el mortero no sólo se reseca sino que pierde sus cualidades de adherencia.

Las tensiones causadas por la succión del agua produce deformaciones en el mortero en su estado inicial fresco. Una vez que éste está endurecido y el muro ejecutado, la resistencia a la acción de una carga centrada se reduce visiblemente, porque la abertura de las juntas favorecen la flexión lateral.

Los muros destinados a recibir grandes cargas deben construirse con ladrillos poco absorbentes.

Los muros de ladrillo están formados por hiladas horizontales unidas por mortero que recibe el nombre de tendel. Llagas son las juntas verticales entre ladrillo y ladrillo.

Aparejo es la disposición que toman los ladrillos en las hiladas con el fin de asegurar una buena trabazón. Ejemplo: Aparejo flamenco, inglés, en cruz, etc

B.- El Mortero - En una albañilería de ladrillo, el mortero que los une cumple un papel importante en ella. El mortero seco hace difícil el trabajo de albañil; fluído, resbala. En el fraguado un ladrillo seco succiona el agua.

La trabajabilidad del mortero determinada prácticamente, asigna a éste la cantidad necesaria de agua para obtener asentamientos de 15 a 20 cm. y escurrimientos de 110 a 129 según cono de Abrams y mesa de sacudida

El tipo de mortero empleado influye en la resistencia de un muro por su plasticidad en la trabajabilidad del material, por su poder adherente, por su velocidad de fraguado, por su deformabilidad longitudinal y transversal.

El investigador del I.E. TORROJA, Fernando Cassinello define como MORTERO IDONEO al que cumple con las siguientes condiciones:

- 1.- Resistencia Característica igual o superior a la mitad de la resistencia característica del ladrillo empleado.
- 2.- Plasticidad tal, que produzca 12 ± 2 cm. de asentamiento en cono de Abrams.
- 3.- Que ofrezca garantía de adherencia al ladrillo, en función a su capacidad de succión. Para lo cual el mortero debe tener cierta capacidad de retención de agua y la succión del ladrillo no ofrezca valores superiores a $0,25 \text{ g/cm}^2 \text{ min.}$ por lo que cuando sea necesario será mojado.
- 4.- Que la arena no sea monogranular y que tenga una granulometría correcta, con arena fina y de hasta un diámetro superior a la 3a. parte del espesor de las juntas.

CUADRO RESISTENCIA DEL MORTERO A LOS 28 DIAS

TIPO DE ARENA	DOSIFICACION	RESISTENCIA CARACTERISTICA RM en Kg/cm^2 a los 28 días
ARENA DEL RIO	1 : 3	272
	1 : 4	197
	1 : 5	109
	1 : 6	71
ARENA DEL MINA	1 : 5	99
	1 : 6	57
	1 : 7	29
	1 : 10	17
ARENA DE MICA	1 : 6	60
	1 : 8	24
	1 : 10	19
	1 : 12	4

Ensayando 5 tipos diferentes de ladrillos se determinó la tabla siguiente que indica la relación entre la sección y la Resistencia del ladrillo:

Tipo de ladrillo	Succión g/cm ² min	Deformaciones kg/cm ²		R muro con carga		Relación m = 1
		longitud%	flecha mm	centrada M = 0	excentr. M = 1	
A	40	0.102	7.84	39.5	6.0	0.152
B	40	0.085	4.69	59.8	6.2	0.104
C	33	0.059	1.60	65.0	15.2	0.243
D	12	0.028	0.60	82.8	34.8	0.420
F	15	0.022	0.33	107.2	58.0	0.521

Para una carga centrada de 5 Kg/cm² el muro se deforma variablemente en función a su succión de 0.022 o 0.102 % (5a. parte). Es mucho mayor la deformación con carga excéntrica, de 0.33 a 7,84 mm.

La Resistencia de un muro sometido a carga centrada se reduce según crece el valor de la succión. La disminución por acción de carga eléctrica es alarmante.

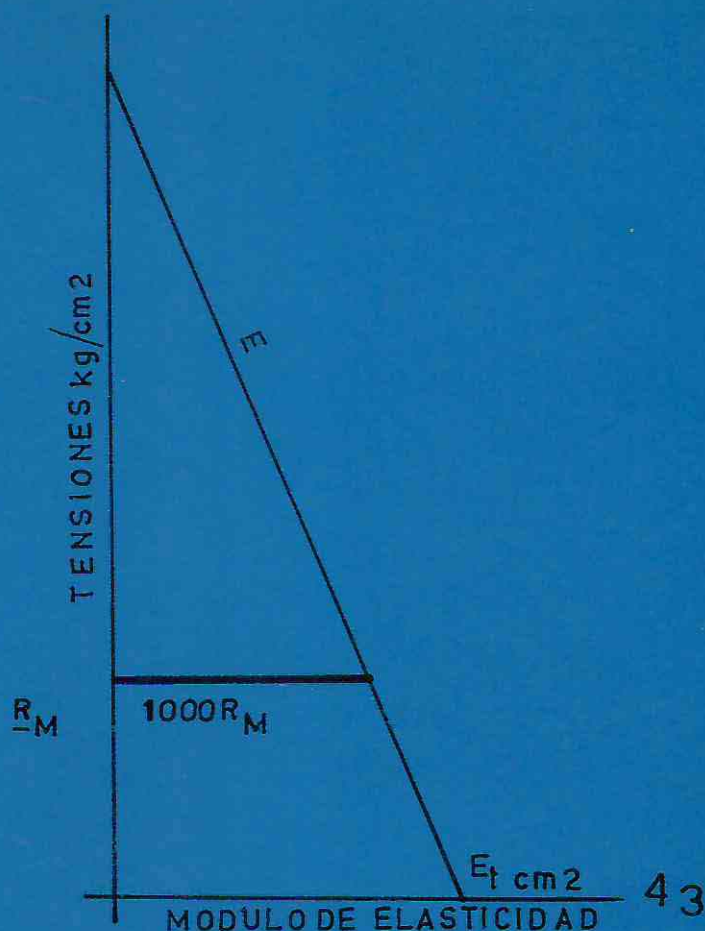
La influencia de la succión en la resistencia de un muro de albañilería se experimentará comparando dos muros ejecutados, uno con ladrillos secos, el otro con ladrillos introducidos en agua durante 2 días; y se traduce en la tabla siguiente:

ESTADO DEL LADRILLO	RESISTENCIA MURO CON CARGAS		RELACION
	Centrada M=0	Excéntrica M=1	M = 1 M = 0
SECO	51	39	0.076
HUMEDECIDO 2 DIAS	60.4	23.2	0.385
	85 %	17 %	

En caso de carga centrada la disminución es sólo del orden del 15 % Con cargas excéntricas se obtienen cargas críticas de pandeo 83 % menor Para asegurar la adherencia mortero-ladrillo en la ejecución de la albañilería, será necesario enlucir el ladrillo con mortero en cada superficie de junta, asegurando el contacto entre los materiales y la continuidad de las juntas. Deberá rechazarse todo ladrillo roto o en malas condiciones, debe procurarse uniformidad en la partida de materiales en dimensiones, grado de cocimiento, resistencia, etc.

5 - Posiciones de un ladrillo en un muro.

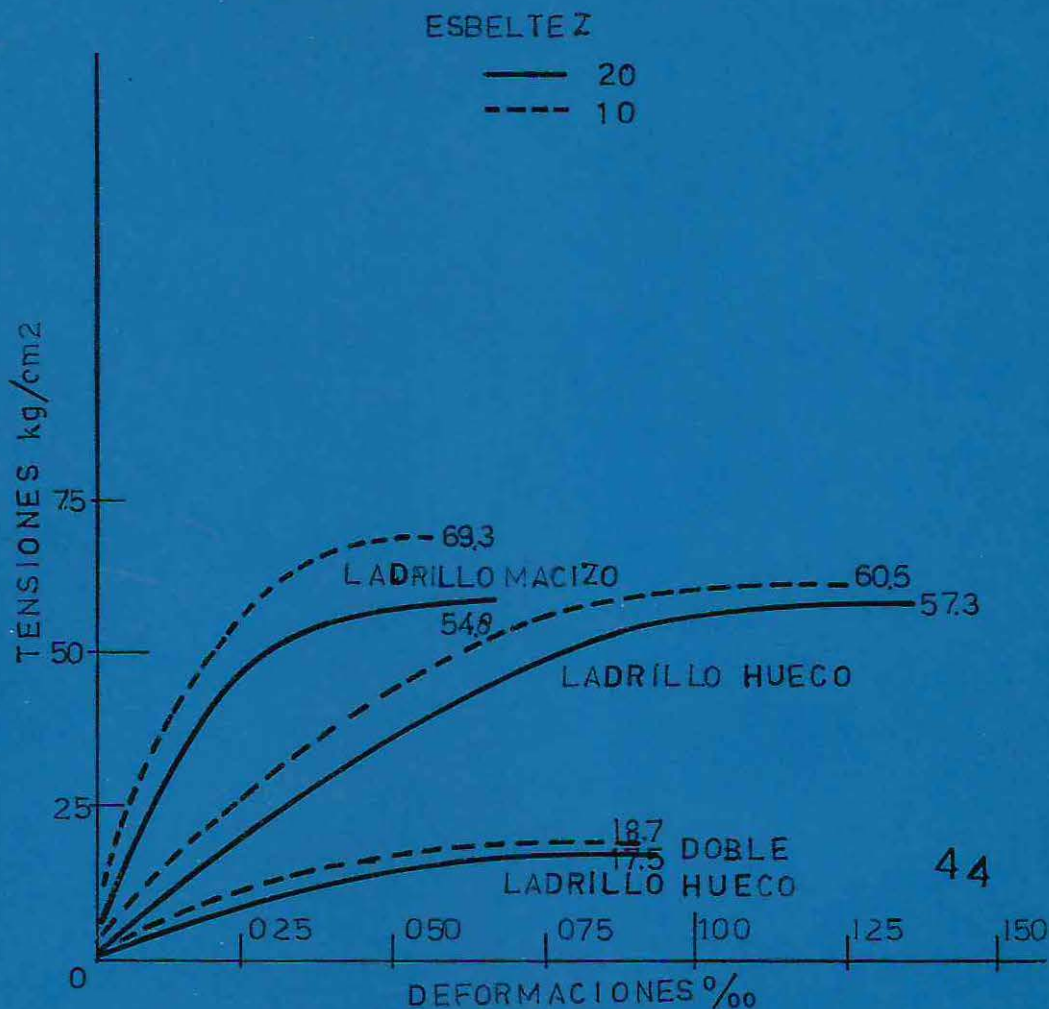
- soga: los ladrillos tienen la dirección del muro.
- Cabeza: los ladrillos están atravesados.
- Pandereta: están colocados de canto a lo largo del muro.
- Sardinel: están colocados de canto y perpendicular al muro.



Además del tipo de ladrillo adoptado tipo de mortero y dosificación influyen también en la ejecución:

- 1 - Anaqueo correcto para que el muro se comporte como una unidad constructiva
- 2 - Juntas no superiores a 1.5 cm (depende de la estabilidad dimensional del ladrillo) Sus líneas deben estar aplomadas y niveladas
- 3 - Los paramentos planos y verticales

La resistencia de un muro depende también de su esbeltez. Para determinar experimentalmente su relación se sometieron muros a compresión centrada hasta la ruptura se midió su deformación con flexímetros (figura 4.3)



Las curvas de tensión - deformación permiten fijar con gran aproximación el valor del módulo de elasticidad cuya variabilidad sigue en función de la tensión aplicada, una ley lineal (figura 4 - 4)

FORMAS DE ROTURA

Los ensayos anteriores complementados con otros han comprobado roturas de diversas formas aun al estar sometida a las mismas sollicitaciones

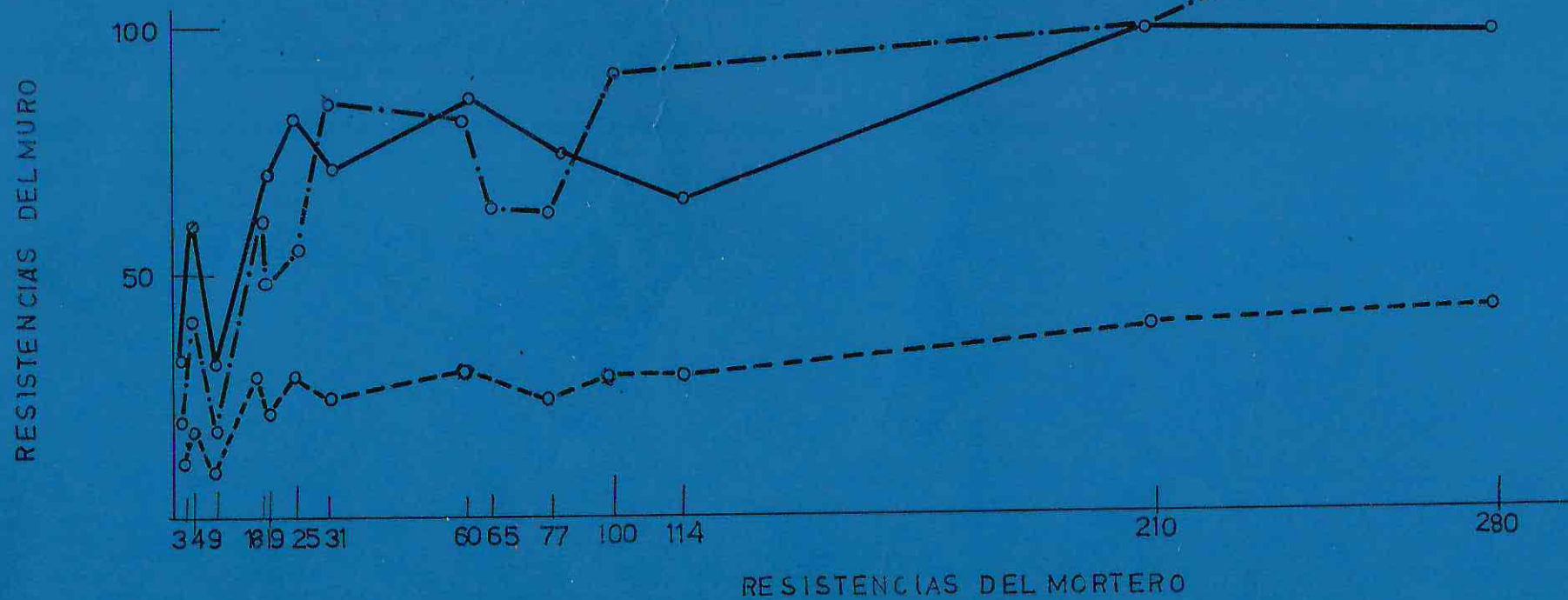
A CARGA CONCENTRADA Y UNIFORME

- 1) Por falla local (figura 4-5) clasica forma de rotura en muros mal ejecutados con diferentes calidades y resistencia desuniforme. El falla local se produce por ruptura en el punto más débil del muro el que cae por giro respecto a ella producido en su propio plano.

Ante esta falla debe cuidarse:

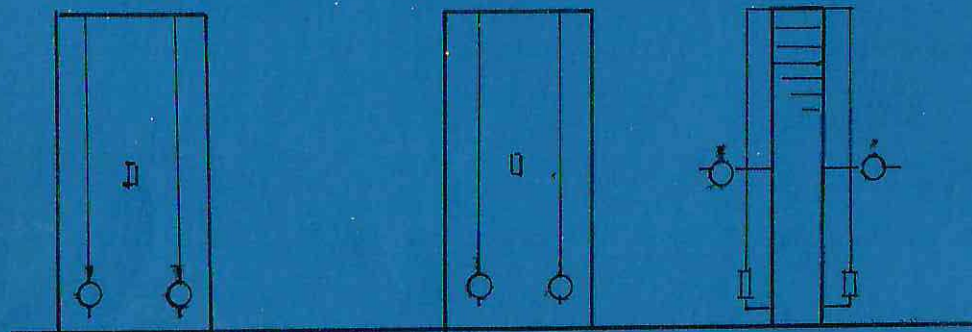
- a) Las normas de ejecución del muro
- b) La resistencia de los ladrillos tomando la resistencia característica

---- LADRILLO HUECO DOBLE $R_L = 34.8 \text{ kg cm}^2$
 — MACIZO 133
 — HUECO 249

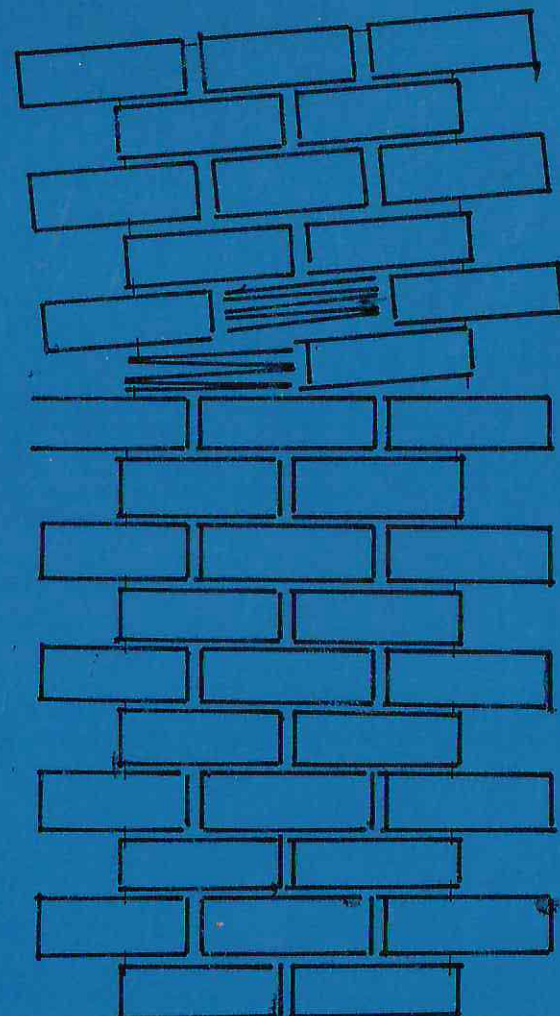
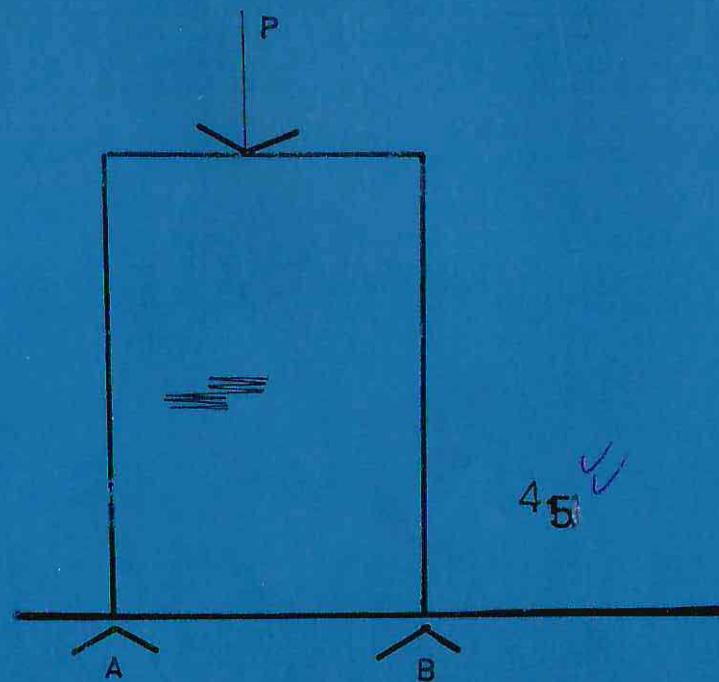


RESISTENCIA DEL MURO

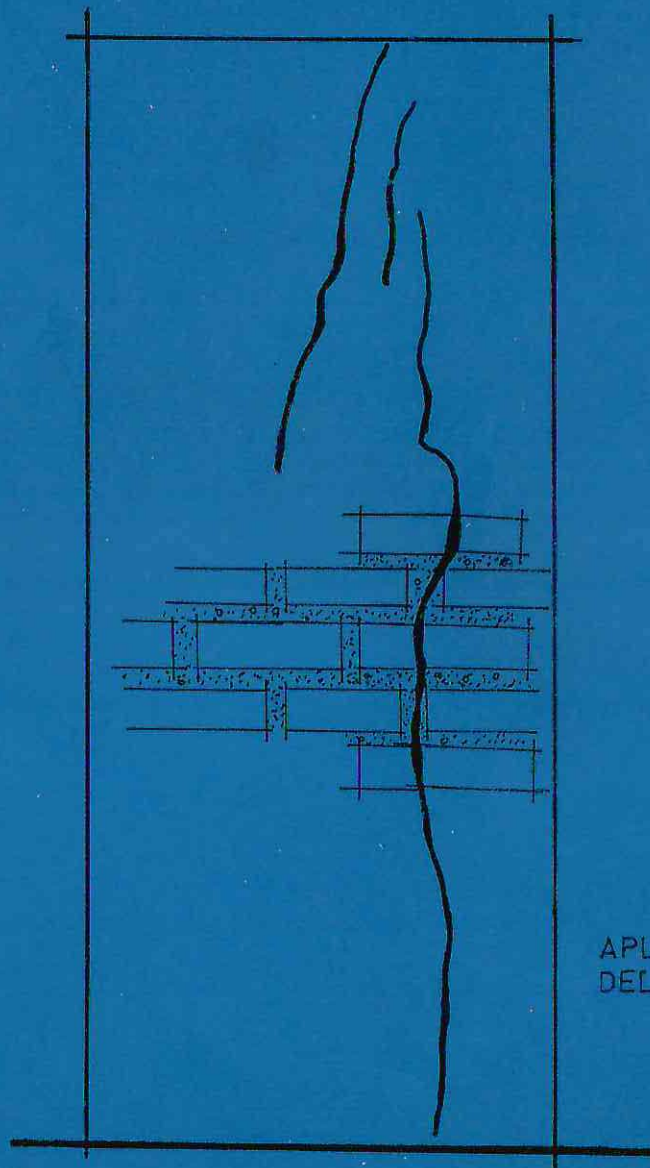
El valor de resistencia experimental del muro una vez conocida la resistencia del ladrillo y la del mortero, se determina experimentalmente por el método "probeta-muro" constituídas por pilares de base cuadrada cuyo largo es el del ladrillo y su altura, dos veces el largo. Utilizando diferentes tipos tanto de ladrillo como de mortero y 3 muros probetas en cada serie de 5 se obtuvo el gráfico figura 4. 2



FALLA LOCAL

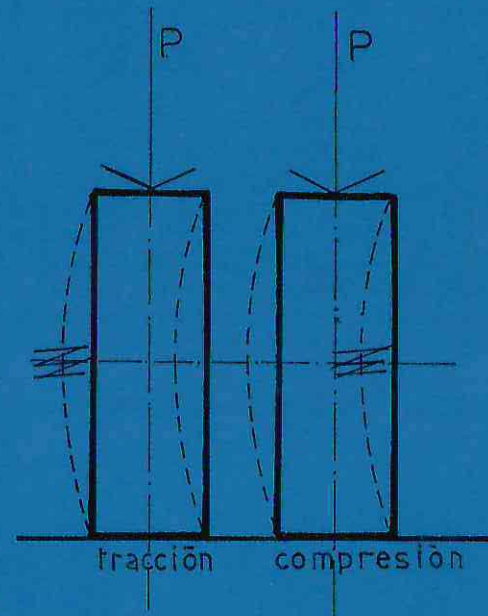
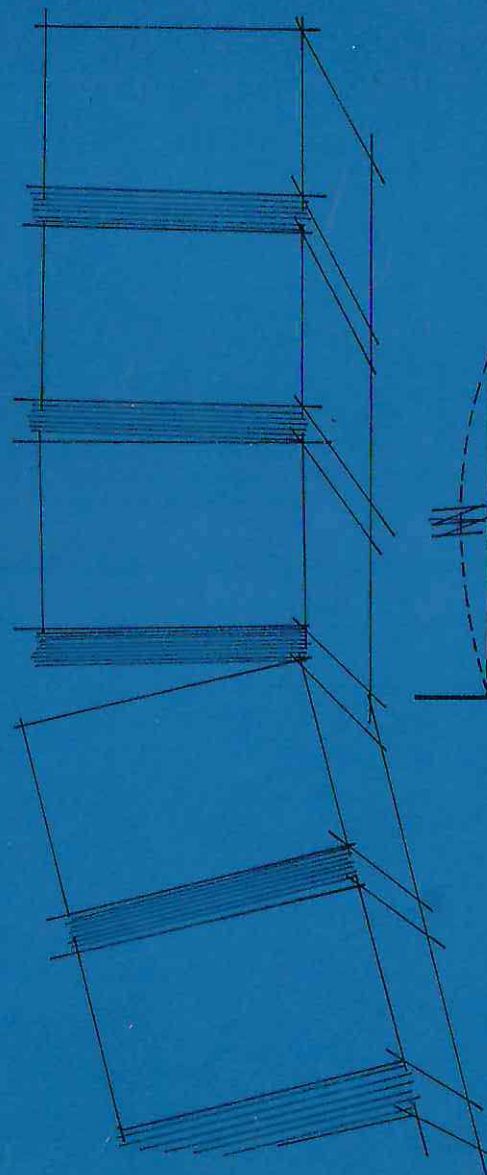


APLASTAMIENTO DEL LADRILLO



APLASTAMIENTO
DEL MORTERO

47



PANDEO

48

2.- Por aplastamiento del ladrillo. Figura 4- 6

Falla producida generalmente en muros de ladrillo perforados horizontalmente, de resistencia baja a la compresión, en tanto que la resistencia a tracción longitudinal está suficiente. En este tipo de muros la resistencia del ladrillo es expresiva de la resistencia del muro. Para evitar las fallas del aplastamiento del ladrillo hay que normalizar las calidades del ladrillo.

3.- Por aplastamiento del mortero. Figura 4- 7

Formada por la aparición de tracciones transversales y fallas del muro por rotura a tracción de los ladrillos. Su forma visible son las grietas verticales amplias y numerosas.

Causas principales del aplastamiento del mortero son:

- a.- Calidad de los morteros: , pobres y de gran deformabilidad ricos y de fuerte retracción.
- b.- Poca resistencia del ladrillo a la tracción longitudinal.
- c.- Gran espesor de las juntas.

Para evitar esta clase de fallas deberá cuidarse la calidad del mortero usado, y tipos de ladrillos y las dimensiones de las juntas.

4.- Falla por pandeo o flexión lateral. Figura 4.8

Se producen en muros esbeltos cargados excéntricamente, debido a la disminución de sus espesores.

La fractura puede ser de dos tipos: a) Producida por aplastamiento del ladrillo en la parte comprimida.

b) por separación de mortero y ladrillo en zona de tracción.

Las consideraciones para este tipo de falla de un muro son:

- a.- Dimensionamiento del muro. Influenciable de la esbeltez en la carga de ruptura fijando coeficientes de pandeo y máxima esbeltez.
- b.- Relación entre adherencia del mortero y/o ladrillo y espesor mínimo.
- c.- Tensión máxima de zonas más comprimidas.

5.- Falla por torsión.- figura 4-9

Se debe a las distintas deformaciones de pandeo que adopta un muro en el sentido de su largo. Se produce en muros esbeltos y largos.

Se visualiza por grietas inclinadas, se producen bruscamente. Ante esta clase de fallas hay que determinar la relación longitud - esbeltez y la necesidad de refuerzos transversales.

B.- Carga uniforme descentrada.

6.- Por flexión. Figura 4-10

Se produce en: a) muros de fachada o transversales extremos, sometidos a carga de forjados cuyos empotramientos causan la excentricidad de dicha carga.

b) Muros de carga intermedios que sirven de apoyo a forjados no equilibrados debido a su diferente carga o distinta luz.

c) Muros, de cimientos sin rigidez necesaria frente a deformabilidad del terreno, produciéndose la falla debido a la excentricidad de la carga o giros.

Para evitar la fractura de un muro por esta causa, debe cuidarse:

I.- dimensionamiento del muro capaz de absorber un determinado momento.

II.- excentricidad accidental de todo el muro.

III.- deformabilidad admisible de las cimentaciones de un muro de carga.

IV.- Estudio de los enlaces.

C.- Cargas no uniformes. Figura 4-11

7.- Las formas de ruptura del muro son similares al caso anterior, agravándose por la distribución no uniforme de sus cargas. Otra falla resultante de este tipo de carga es la producida por el esfuerzo de corte o cizalle, por la acción de fuerzas aisladas o existencia de zonas de tensiones muy variadas. Se producen también por sedimiento del apoyo. Debe considerarse:

a) Rigidez de la cimentación o su deformación uniforme;

b) Procurar solicitaciones uniformes de muros de encuentros.

c) Reparto de cargas aisladas actuante en apoyo de forjados o vigas.

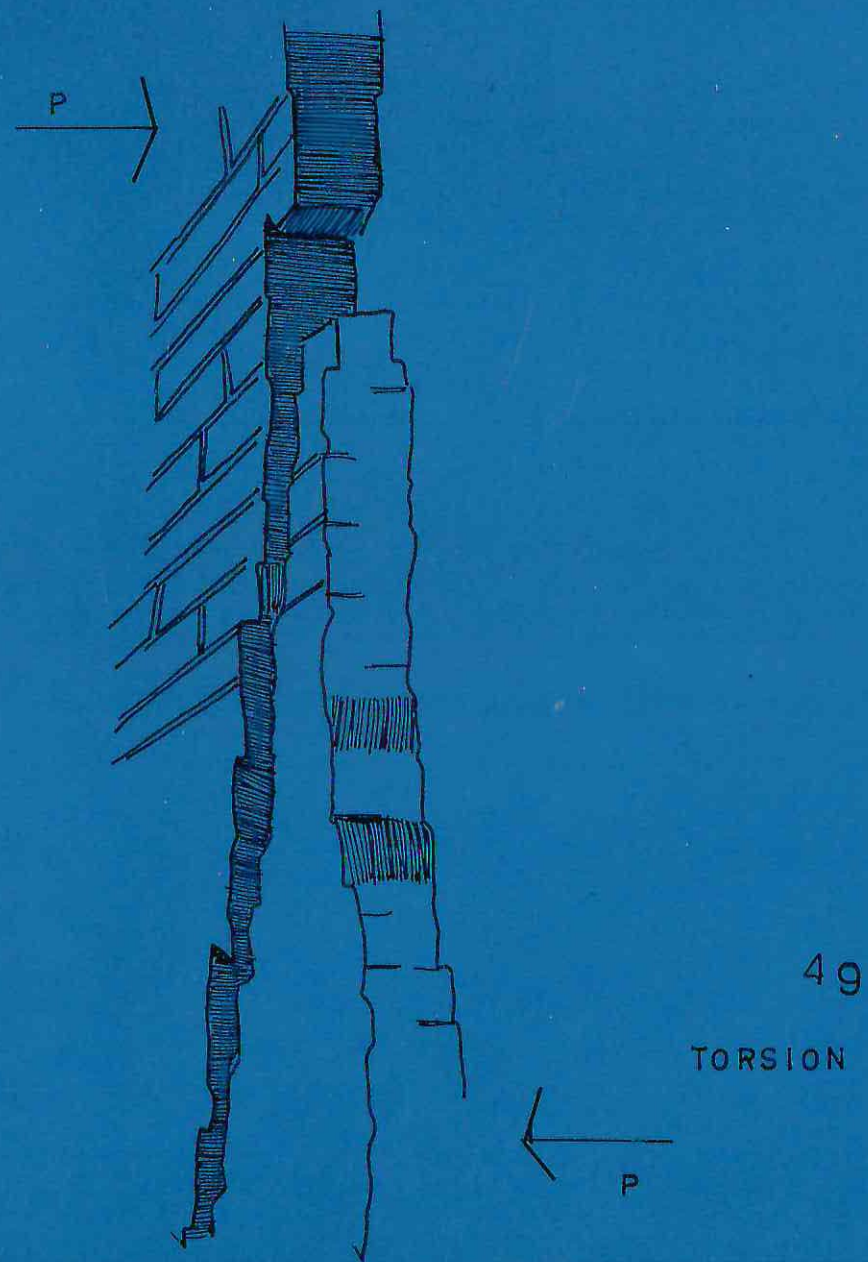
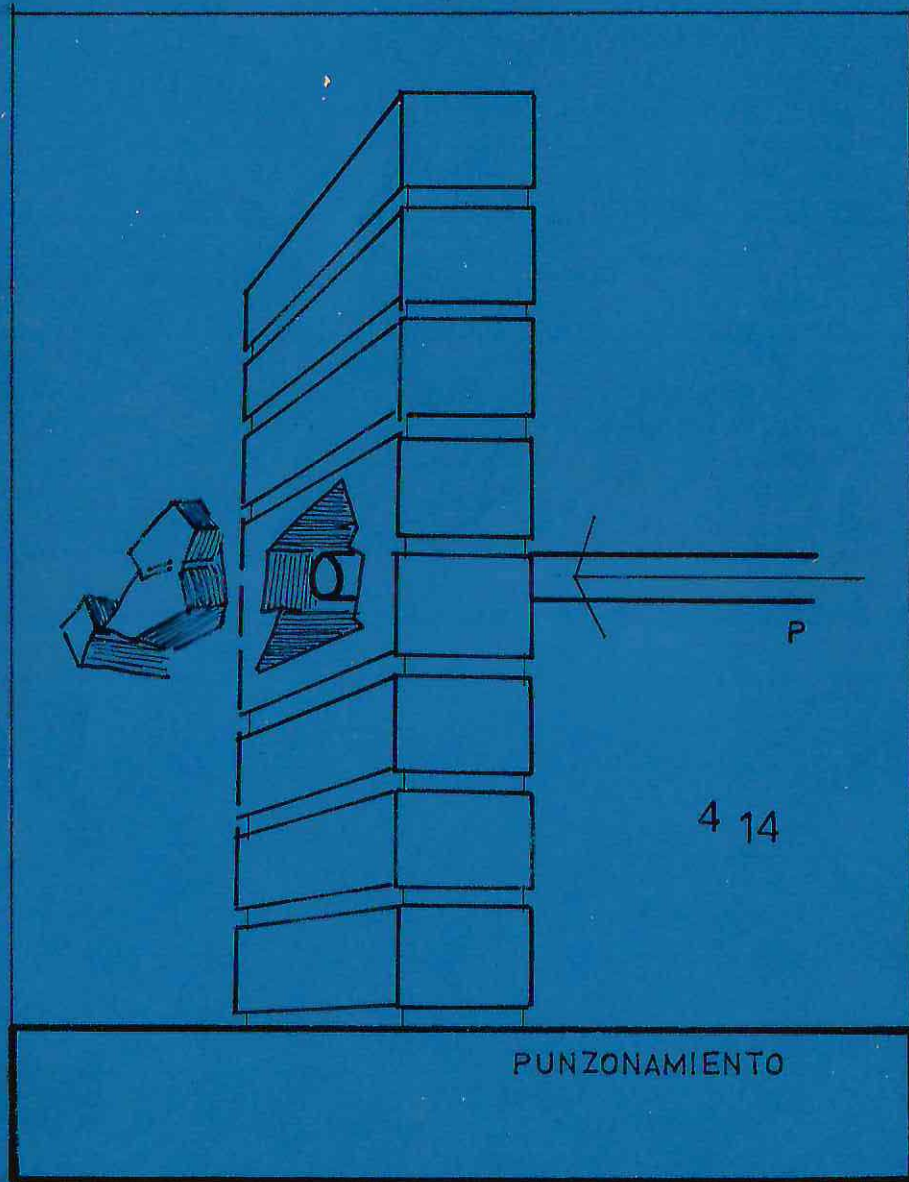
8.- Fractura por desgarramiento. figura 4-12

Sucede en planos de juntas, en muros en que predominan los empujes horizontales y donde las cargas verticales son reducidas. Para evitar esta falla la adherencia ladrillo-mortero debe absorber el empuje.

9.- Falla por vuelco. figura 4-13

Se produce generalmente por acción del viento en edificios en construcción o por acción de fuerzas cualesquiera cuando el muro no está debidamente anclado en pie o cabeza.

Se evita mediante la absorción de los empujes por medio del forjado y colaboración de muros adyacentes.



10.- Fractura por punzonamiento. figura 4-14

Se produce por acción de un impacto que debe ser absorbido por todo el muro con un valor determinado, lo que obliga a un adecuado dimensionamiento del muro fijando un espesor mínimo y magnitud del efecto del impacto que debe absorber éste.

ALBAÑILERIA REFORZADA

Las albañilerías son en general débiles a las fuerzas exteriores dinámicas, debido a su poca resistencia a la tracción y muy baja al corte especialmente cuando el ladrillo es hecho a mano mejorando en los ladrillos hechos a máquina. Su resistencia puede aumentarse como se indicó anteriormente cuidando la calidad del mortero, control de mano de obra y ejecución observando cuidadosamente las normas de ejecución.

Las albañilerías reforzadas consisten en adicionar a la albañilería pilares de hormigón armado para unir verticalmente los muros y cuyas dimensiones están normalizadas en la ley general de construcciones y por medio del cálculo estructural. Horizontalmente los muros son reforzados con cadenas, también de hormigón armado, que coronan el enlace de la estructura en general.

Material.- Al referirnos en el presente capítulo a las albañilerías de ladrillos nos hemos remitido a los materiales que concurren a su determinación y sus principales características. Nos ocuparemos ahora brevemente del hormigón armado, de pilares, cadenas, vigas, dinteles, de una albañilería de ladrillo reforzada.

Normas inditecnor clasifican los hormigones, según su resistencia mínima a la ruptura a los 28 días en:

Clase A: Hormigón resistencia 28 días- 120 kg. por cm².

Clase B: " " " " - 160 " " "

Clase C: " " " " - 180 " " "

Clase D: " " " " - 225 " " "

Clase E: " " " " - superiores a 300 kg. por cm².

Los tres primeros corresponden a "los hormigones no controlados". Los dos finales corresponden a los "hormigones controlados", a los cuales, como dicen su nombre, se someten a control las características de los componentes y su dosificación mediante ensayos de laboratorio.

Normas inditecnor establecen para el hormigón armado una dosis mínima de 240 Kg. de cemento por metro cúbico de hormigón elaborado, en estructuras bajo techo y de 270 kg. de cemento por metro cúbico en estructuras a la intemperie.

Dosificación de hormigón . Para hormigones no controlados se basa en resistencia a los 28 días y cantidad de kilos de cemento por metro cúbico.

Clase hormigón	Cantidad mínima de cemento Kg/m3	Cantidad mínima de agua l/m3	Relación agua cemento
A	270	175	0,65
B	300	180	0,60
C	340	190	0,56

La cantidad de arena en peso oscilará entre el 30 y 40% del total de los áridos empleados.

Para hornigones del tipo controlado, según inditecnor su dosificación se realizará en base a la resistencia mínima requerida a los 28 días y la consistencia necesaria según el destino del hormigón.

Consistencia: la consistencia de los hornigones se mide por su asentamiento que es la altura que pierde un hornigón fresco al ser retirado el molde que lo contiene.

Para determinar el asentamiento se utiliza el cono de Abrams que consiste en una recipiente metálico de forma de tronco de cono, abierto en sus extremos, de 30 cm. de altura, el diámetro de la base superior mide 10 cm. y 20 cm. la inferior. Se vierte el hornigón en tres capas de 10 cm. cada uno y se apisona con una varilla de fierro de 15 mm. de diámetro por 25 veces. La superficie de apoyo del cono debe ser plana, horizontal e impermeable. Una vez que se ha competado el relleno del molde, se empareja y se levanta. El descenso de la altura del hornigón medido en centímetros es el asentamiento/

PARTE DE LA ESTRUCTURA	ASENTAMIENTO RECOMENDABLE	MIN.	MAX.
I.- Pilares, cadenas, vigas, losas, muros armados de los edificios.		7,5	15
II.- Muros armados de fundación y cimientos.		5,0	13
III.- Fundaciones simples, cajones y muros de sus estructuras		2,5	10

El cemento y los agregados se clasifican en peso, normas inditecnor permiten la medida de los agregados en volumen siempre que sea controlado y esté basado en anteriores experiencias de dosificación en peso.

Para los ensayos de los hornigones, las muestras corresponderán primordialmente a: 1) Fundaciones. 2) Pilares, cadenas y muros (por piso) y 3) vigas y losas (por piso). Cada muestra consiste en tres cubos cada uno de 20 cm. de base por cada 100 metros cúbicos de hormigón o fracción de él que se elabore. Cada vez que se realice cambio de un material componente debe realizarse ensayos.

Las muestras de hormigón fresco serán representativas y corresponderán a sectores diferentes de la masa a controlar.

Revoltura del hormigón.- Puede realizarse la mezcla del hormigón manual o mecánicamente siendo éste racionalmente necesario para una elaboración de más de 10 metros cúbicos diarios.

Los materiales se revolverán en betonera, cuya velocidad de rotación es de 10 a 20 revoluciones por minuto, durante aproximadamente un minuto.

Manualmente se revuelven los componentes en seco, en canchas limpias y lisas, previamente preparadas, para luego realizar el amasado con el agua, establecida en la dosificación hasta obtener su homogeneidad.

Transporte.- El cuidado observado en el transporte del hormigón evitará la segregación o separación de los materiales, cuya principal causa es la caída libre del hormigón, para lo cual se recomienda para vertirlo desde altura, el empleo de una tolva, a la cual se adiciona un tubo de bajada preferentemente flexible. Es particularmente útil en vigas altas, muros armados y pilares que evita además que el hormigón que se va vertiendo cubra las armaduras metálicas, disminuyendo de este modo su posterior adherencia.

Colocación.- El hormigón por regla general debe ser colocado en obras inmediato a su revoltura, no siendo el tiempo superior a 30 minutos salvo condiciones atmosféricas en sumo favorables puede ser de una hora.

Los moldes - que lo contienen deben estar absolutamente limpios y regados. El hormigón se deposita en ellos en capas horizontales de no más de treinta a cincuenta centímetros de espesor y cada capa será compactada antes de recibir la posterior. El espesor citado depende de varios factores: consistencia del hormigón, composición granulométrica de sus agregados, naturaleza de la obra.

La compactación se realiza manualmente con pisón, o mecánicamente por medio de vibradores que presenta múltiples ventajas en su uso con respecto al manual y en caso de obras pequeñas se puede prescindir de él.

El curado de hormigón.- Una vez moldeado el hormigón deberá protegerse de la intemperie con sacos o aspilleras durante las 24 horas siguientes, posteriormente debe mantenerse el hormigón húmedo durante por lo menos 7 días

Las grietas en este tipo de albañilerías afecta casi en gran porcentaje a los muros. Las fracturas en pilares y cadenas se debe casi con exclusividad a la mala dosificación del hormigón, ejecución defectuosa y cálculo inadecuado.

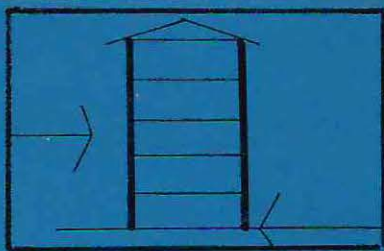
Los muros de una edificación de buen diseño estructural están colocados ortogonalmente y dispuestos en áreas equivalentes.

Las grietas en X se deben al esfuerzo de corte en ambos sentidos. Las grietas no estructurales se localizan generalmente en cielos falsos, en marcos de puerta y ventanas, etc.

Falla de las armaduras en el hormigón.- (cita del artículo del prof. Francisco Aedo) - Acción sísmica sobre los edificios - técnica y Creación número 3.

Se pueden constatar las siguientes fallas de la armadura como casos corrientes:

- Insuficiente espesor de la capa inerte en todo tipo de elementos de hormigón armado, especialmente en subterráneos, donde deben ser generosos y en hormigones a la vista.
- Insuficiente longitud de empotramiento de las barras en las zonas de tracción.
- Desorganización de las armaduras en los apoyos de losas y vigas continuas por mala interpretación de los detalles (no se respetan en general las separaciones entre barra ni entre filas de barras lo que impide el correcto hormigonado)
- Armaduras de pilares y de cadenas de largo insuficiente, desvirtuándose con ello el natural enlace que debe existir entre esos elementos y permitiendo su ruptura en movimientos sísmicos sostenidos.
- Amarras débiles o inexistentes de los estribos de pilares lo que permite que estos desciendan durante el apisonado o vibrado agrupándose en el fondo del pilar.
- Supresión de barras dobladas, corrimientos de los puntos de inflexión de las mismas.
- Ejecución de estribos y barras de armaduras con material en rollos, insuficientemente estirados y no aptas para trabajos de tracción.
- Armaduras sucias en pintura o lubricantes que impiden la adherencia.



capítulo 5

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
ALBAÑ. REFORZ. SISMO DE MARZO 1965

FALLAS DE UN CONJUNTO ESTRUCTURAL

En Capítulos anteriores nos hemos referido a grietas o fracturas que afectan a los elementos estructurales como unidad, pero independientes de la interrelación entre ellos, propio del diseño en su concepto integral.

Bajo este punto de vista existen fallas previstas e imprevistas, pudiendo ser ambas de carácter estructural o superficial.

I.- Denominaremos grietas previstas aquellas que según diseño tienen que producirse o las que tienden a formarse derivadas de la distinta naturaleza y elasticidad de los materiales que la forman.

Las primeras se refieren a las grietas previstas estructurales, efecto conseguido con frecuencia en Ingeniería. Una vez que ellas se hayan producido por efectos de la acción prevista, quedan trabajando en condiciones óptimas.

Las grietas de tipo superficial son aquellas que no afectan a los elementos estructurales en especial ni al conjunto en general, sino a unidades o partes no resistentes; generalmente se producen en lugares de encuentro de dos materiales no homogéneos al producirse la acción de una fuerza exterior, particularmente el esfuerzo sísmico, caso que nos interesa.

2.- Llamaremos grietas imprevistas a aquellas que se producen en forma no prevista y no descada por el proyectista; pueden ser de carácter estructural o superficial, según afecten al conjunto estructural o a parte de sus miembros, o a elementos no resistentes, relleno o terminación. Sus causas principales son:

I.- Fallas de diseño estructural, son las que se producen debido a un falso criterio estructural del diseño arquitectónico, que se traduce generalmente en una disposición inadecuada de los elemen-

tos resistentes del conjunto o la adopción de una idea matriz de diseño estructural inadecuada o no consecuente con la integralidad que debe existir en la labor de síntesis de la creación arquitectónica, que se traduce en un conjunto resistente, físicamente debilitado o no en condiciones de cumplir con una determinada función implícita en el diseño.

El ejemplo más característico de este tipo de falla es el que se produce en edificios en que su función sustentante queda asignada a escasos muros, colocados asimétricamente y concentrados en un extremo; ante la acción dinámica de las fuerzas sísmicas, se producen en el extremo libre oscilaciones que generan momentos de torsión en planta, que destruye los elementos estructurales (muros) afectos a él.

2.- Fallas de diseño constructivo. Denominaremos diseño constructivo a aquel que permite materializar la idea matriz o criterio estructural de un diseño, de tal modo que se cumple una inter-relación necesaria y consecuente entre ambos, con el fin de poder resolver mecánicamente los problemas dinámicos a que una estructura esté afectada: que permita el equilibrio de sus elementos solidarios, ante la acción de una sollicitación externa; y la relación de los componentes resistentes y sus complementarios, para que todos los miembros de un edificio, tanto resistentes o no, estén en armonía física para efectuar en condiciones óptimas su función básica y evitar de este modo la resultante de una obra estructuralmente debilitada e inepta para el cumplimiento de sollicitaciones máximas.

Las fallas de diseño constructivo anteriormente definido, pueden afectar obviamente a cualquier parte de la estructura o a elementos complementarios, siendo en muchos casos estos últimos los más afectados, mientras los primeros no presentaban grandes daños.

Ejemplo de este tipo de falla son las grietas que se producen en tabiques y muros divisorios; ventanales destruidos, al estar ubicados entre elementos estructurales rígidos; cubierta de techo, principalmente en tejas; tuberías de alcantarillado; cielos falsos; etc.-

3.- Fallas de ejecución y control. Sucede corrientemente que la ejecución de la obra no corresponda al diseño, debido a interpretación incorrecta y arbitraria de él, en que se alteran la dosificación de materiales, la calidad y cantidad de estos, la disposición y el número de armaduras, y en general el no cumplimiento de las especificaciones correspondientes que debilitan estructuralmente al conjunto, que no queda en condiciones de cumplir eficientemente con la función para la cual fué diseñada y propensa a sufrir fallas o deformaciones ante la acción de las fuerzas exteriores que le solicitan.

4.- Fallas de terreno. Las rupturas de elementos estructurales en especial o del conjunto en general, por este motivo, puede catalogarse como imprevista en cuanto a la acción de las fuerzas sísmicas sobre ella, pero no en cuanto al desconocimiento del suelo de fundación, ya que esto debe ser motivo de preferente preocupación anterior al diseño y cálculo del edificio.

CASO 1.

Descripción.

1.- En el aspecto planimétrico.- El proyecto analizado es una casa de tipo patronal, diseñada para servir a las necesidades de la vida de una familia de 8 personas. El plano general y las fachadas muestra la fisonomía de la obra.

Los espacios de estar y comedor están dispuestos al centro con orientación oriente poniente; los dormitorios, a un costado, tienen orientación de norte a sur; y finalmente al otro costado, con la misma orientación están los servicios, conformando la U del trazado planimétrico. Los tres sectores están relacionados por un corredor periférico que define el tradicional patio de los campos chilenos. Tiene 206.65 metros cuadrados de construcción.

2.- En el aspecto ubicación.- La casa patronal está ubicada en un fundo del sector terminal de Limache, comuna situada al oriente de Valparaíso. Su carácter es esencialmente agrícola.

3.- En el aspecto estructural.- El edificio está concebido como una estructura de albañilería reforzada con vigas y pilares de hormigón armado.

En el sector central de la edificación correspondiente a estar-comedor, la fachada principal está conformada por machones de albañilería de ladrillo de 0,20 m.x 1,00 a una distancia de 1.00m. La fachada opuesta está formada por 7 pilares de hormigón armado, de sentido perpendicular a los machones, de 0,20 x 0,45 m. a 1,00 m. de distancia entre ellos. Tienen 4 fierros de diámetro 12 mm. Los muros citados están coronados por una viga continua de hormigón armado de 0,20 x 0,45 m. y fierro de 12mm, con dos volados extremos, uno de los cuales se encuentra rigidizado por una chimenea de albañilería de piedra granítica. Esta viga es excéntrica con respecto a los pilares.

La estructura de techumbre está definida por un envigado de roble de 2" x 6" unida a la viga por medio de una solera también de roble. La cubierta es de fierro galvanizado liso a dos aguas con pendiente de 5%.

El bloque correspondiente a dormitorios y el del servicio son igualmente albañilería de ladrillo, reforzada con vigas y pilares de hormigón armado.

Los cimientos son de hormigón con zapata armada con fierro 3 ϕ 10 mm. con dosificación de 226 kg. x m.³ de cemento.

El sobre cimiento es una cadena de hormigón ar-

mado de 20 x 20.

Comportamiento de la estructura.- El terremoto de Marzo de 1965 produjo numerosos y variados tipos de fracturas en la estructura que es del tipo convencional, calculada por los métodos estáticos correspondientes; tenía defectos constructivos, algunos apreciables a simple observación.

Es evidente que el fenómeno dinámico complejo que es el sismo, generó rupturas por acción de diversos esfuerzos en los elementos estructurales, transmitiendo estas deformaciones a los elementos solidarios con el dañado, quedando en evidencia fallas constructivas elementales que indican negligencia e ignorancia ejecutiva.

Los daños se enumeraron siguiendo el orden descendente de la estructura.

a) Vigas.- Los daños producidos por el movimiento sísmico en el extremo libre del volado debido a fuertes oscilaciones de este sector mientras el conjunto permanecía rigidizado por la chimenea, fueron notables. La viga extrema se cayó quedando al descubierto, como se ilustra en las fotografías 1 - 2 - 3 4, fallas en la disposición de las armaduras, ausencia de fierros de refuerzos y luego de un análisis objetivo de los hormigones utilizados, nos permite determinar una dosificación inadecuada, que hace que sea comprimible a la sola presión de la mano. Existen además grietas causadas por flexión a la altura de los apoyos.

b) Los pilares.- Presentan las mismas malas determinantes de las vigas, en cuanto a ejecución y dosificación. Los anclajes a la viga son insuficientes ya que 2 fierros de 12 mm. son los que los arman, mientras los otros 2 son doblados sin criterio alguno.

En su superficie superior de apoyo se produjo por la causa señalada adicionada a la deficiencia de ejecución, a la mala dosificación del hormigón, carencia de estribos superiores, empalme defectuoso del fierro de añadido. Las fallas visualizadas en la fotografía 2, 3 y 4 ; y se aprecia el desprendimiento del hormigón y los dos fierros de amarra retorcidos por el efecto del sismo.

Existe una falla en la junta de trabajo; a la altura aproximada de los 2,30 metros presenta grietas horizontales en todos los pilares por falta de adherencia entre las dos fases de hormigonado. No existe entre el mortero y el ripio ninguna o muy poca adherencia lo que permite separarlos manualmente.

c) Los muros de albañilería.- Los muros correspondientes a la fachada principal presentan deficiencias de ejecución a simple apreciación, sus paramentos y sus perfiles son irregulares. La dosificación del mortero es deficiente y a simple vista no corresponden a la dosificación especificada, tiene un exceso de arena y falta de cemento, por otro lado presenta las características de que el ladrillo es absorbente, y con toda seguridad no se han observado las reglas elementales de ejecución, por lo cual, éste absorbió el agua de los morteros siendo en algunos casos su adherencia nula, influyendo notablemente, como se indicó en el capítulo correspondiente a albañilería, en la resistencia del muro, quedando a su vez expuesto a fracturas ante acción de cualquier fuerza exterior. Se observa en algunos casos el ladrillo limpio de mortero, lo que corrobora lo expresado.

A ello se suma la irregular dimensión del mortero correspondiente al mortero de pega correspondiente a llagas y tendeles, y a la disposición a veces arbitraria de los ladrillos como se observa en la fotografía 6

En cadenas, principalmente en dormitorios y servicio se produjeron fallas debidas más que nada a negligencia de ejecución, obviándose en algunos casos el fierro de armadura (fotografía 8) y en otros incorrecta disposición de ellas.

En los tabiques los daños fueron casi totales, observándose muchos casos, la ninguna adherencia mortero - ladrillo y en otros, éstos con las cadenas de amarra, por lo cual cada elemento trabajó independiente a la solidaridad que debe existir entre los elementos de un conjunto estructural. Ver fotografía 9 y 10

4.- Techumbre.- El envigado se desprendió ante las oscilaciones y flexión de la viga donde se apoya, produciéndose su deformación como se ve claramente en fotografía 3 y 4

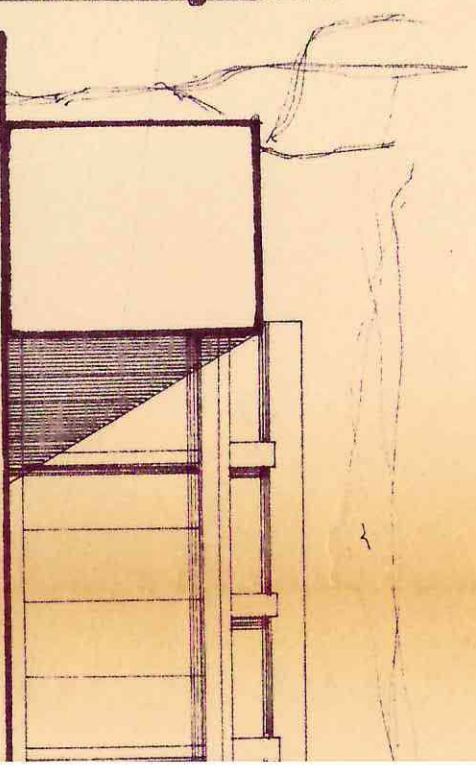
El muro de albañilería de piedra granítica del acceso y la chimenea presentan fallas debidas más que nada a baja calidad del mortero, como igualmente el primero presenta una grieta de 45° por esfuerzo de corte.

5.- Los cimientos no presentan grietas siendo la parte de la estructura que soportó bien el movimiento.

CONCLUSIONES.- Hemos elegido esta casa como ejemplo típico de fallas constructivas, un compendio de lo que no debe hacerse. Es el reverso del panorama presentado al alumno en la Escuela, que luego se ve enfrentado a un medio al que debe exigírsele por lo menos el cumplimiento de las normas mínimas y

elementales de ejecución, tender a una especialización y educación de la mano de obra, a conciliar la práctica con la teoría.

Sabemos que los fenómenos sísmicos son imprevisibles, pero sus efectos controlados por la técnica con un buen diseño estructural, constructivo y una ejecución correcta, dependiendo ésta de una dirección técnica cuidadosa que haga cumplir el diseño, que represente integralmente la obra creada.



EL

DORMITORIOS

15m

10m

16

6

NORTE

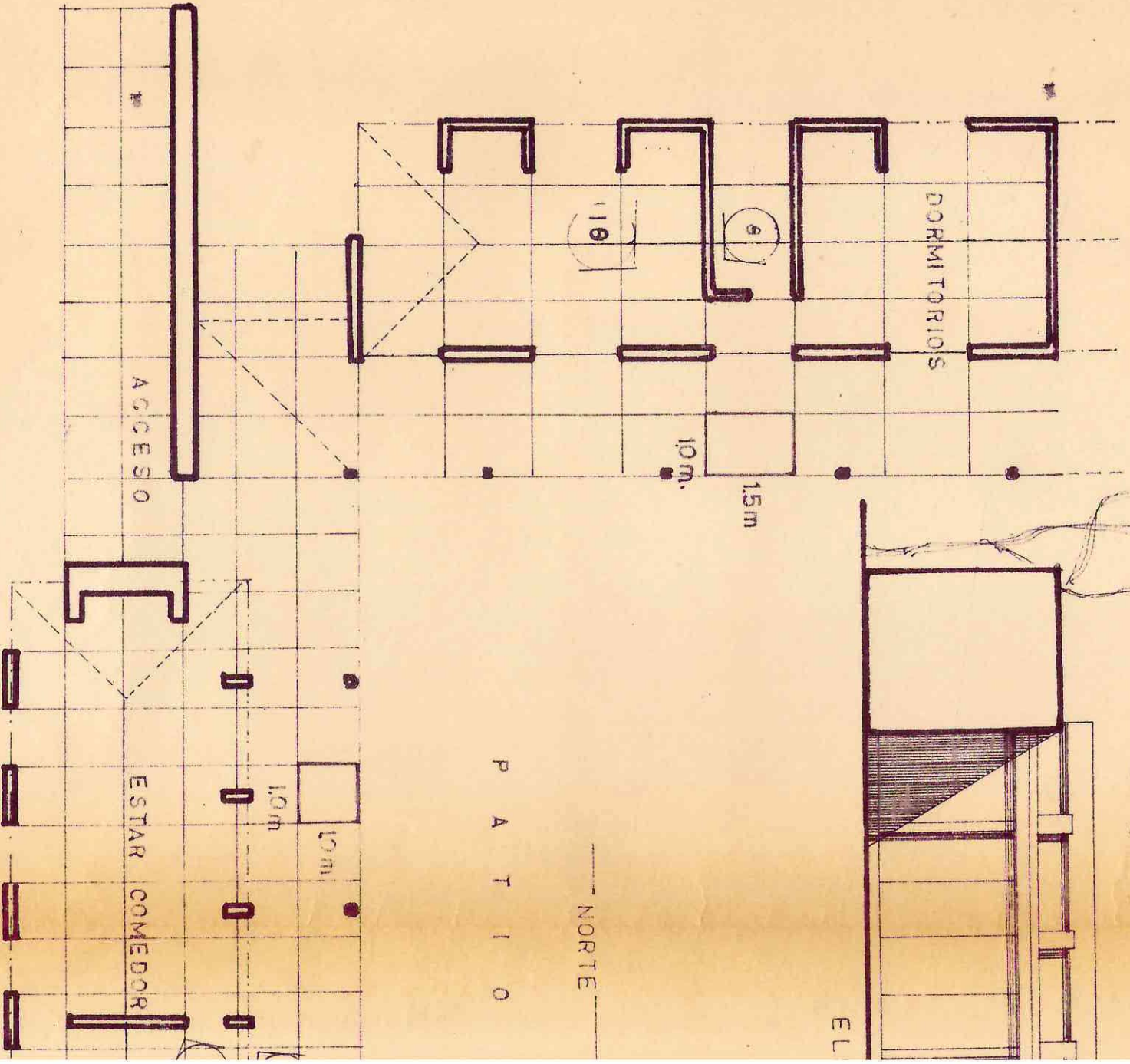
P A T I O

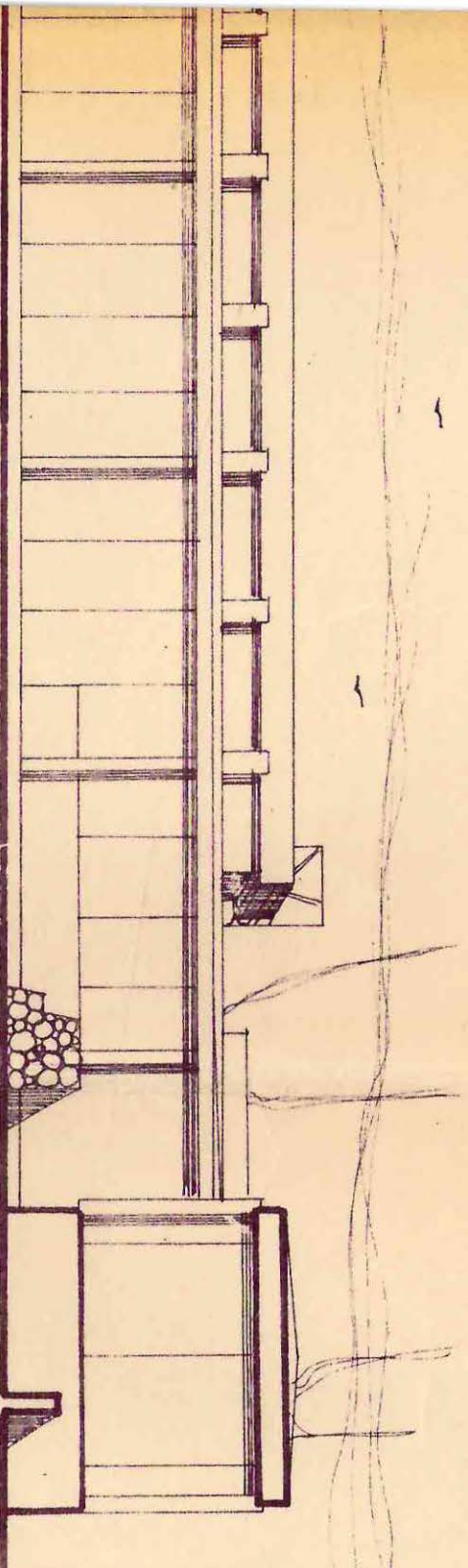
10m

10m

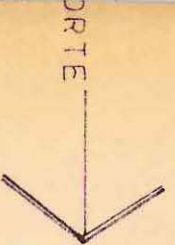
ESTAR COMEDOR

ACCESO

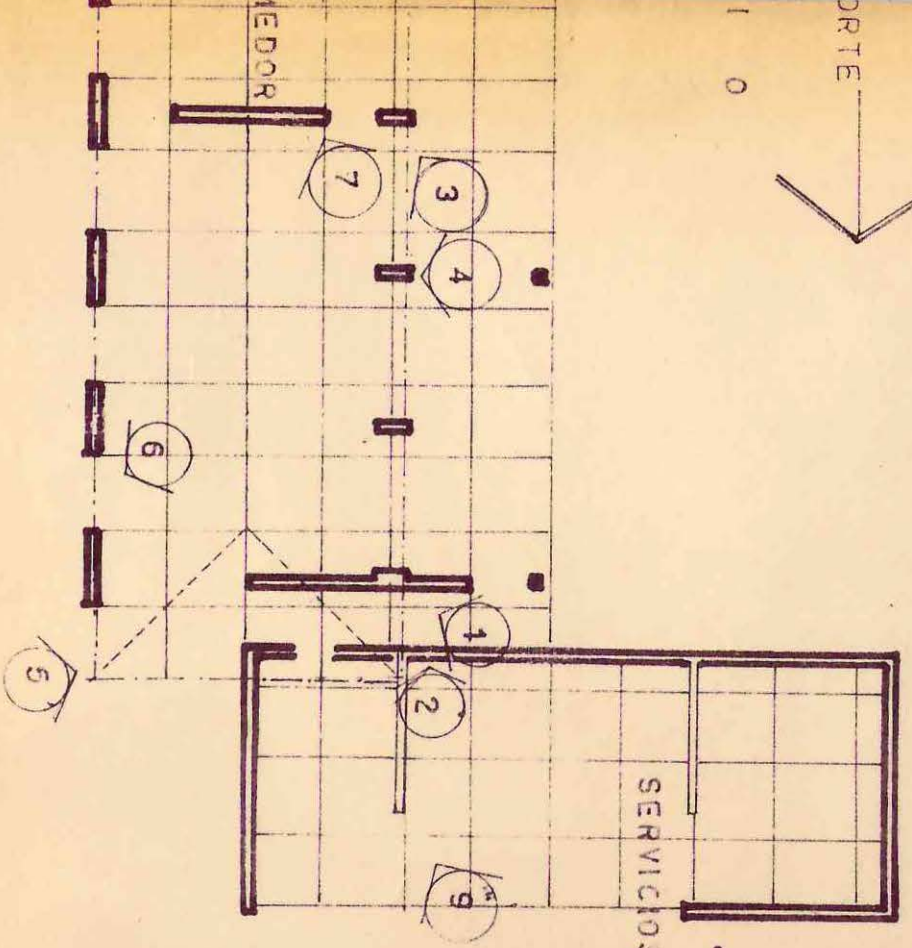




ELEVACION PONIENTE



1 0



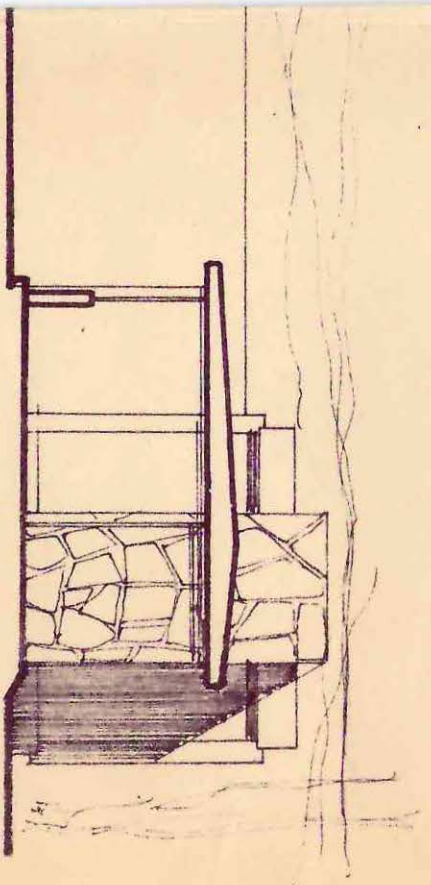
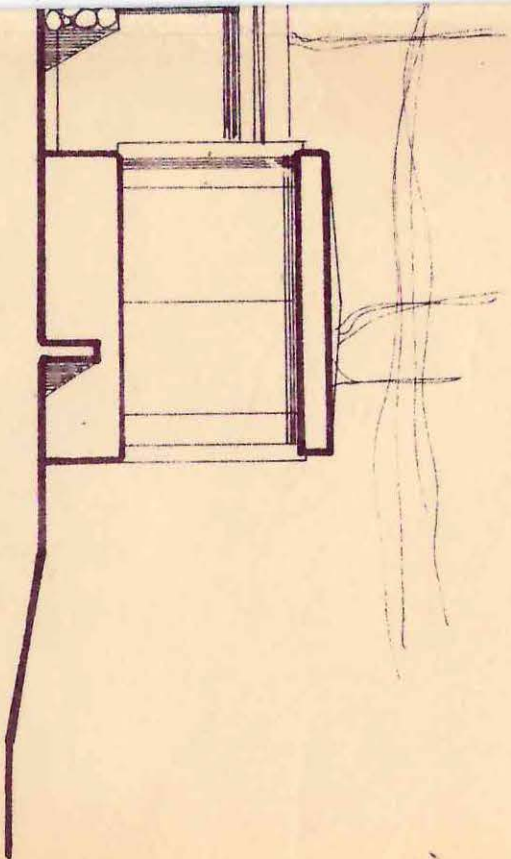
SERVICIOS



PUNTOS DE VISTA FOTOGRAFICA

ELEVACION

ANALISIS CASO 1

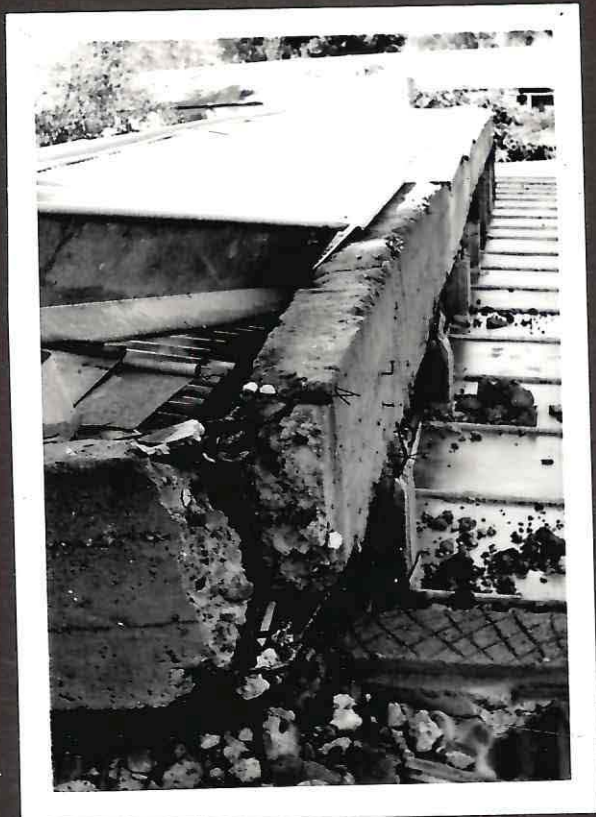


ELEVACION SUR

PUNTOS DE VISTA FOTOGRAFIAS

ANALISIS CASO 1

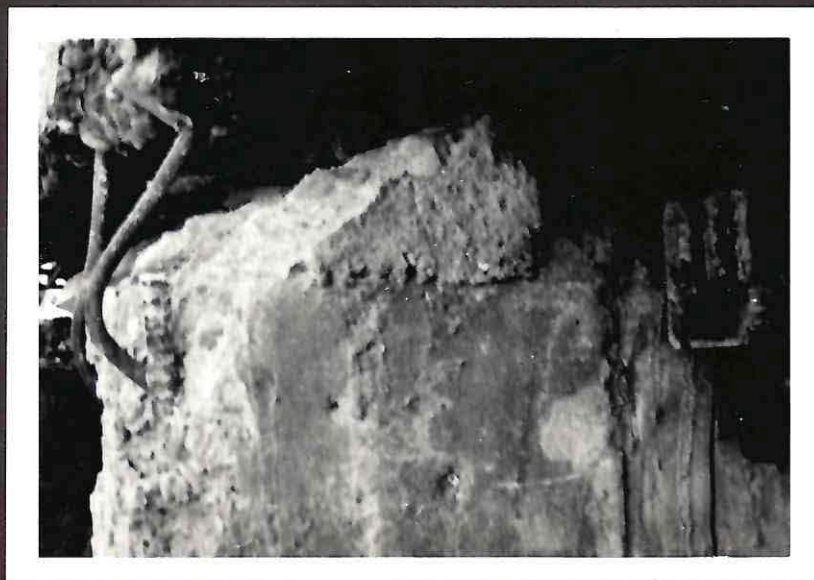




2



3



4



5



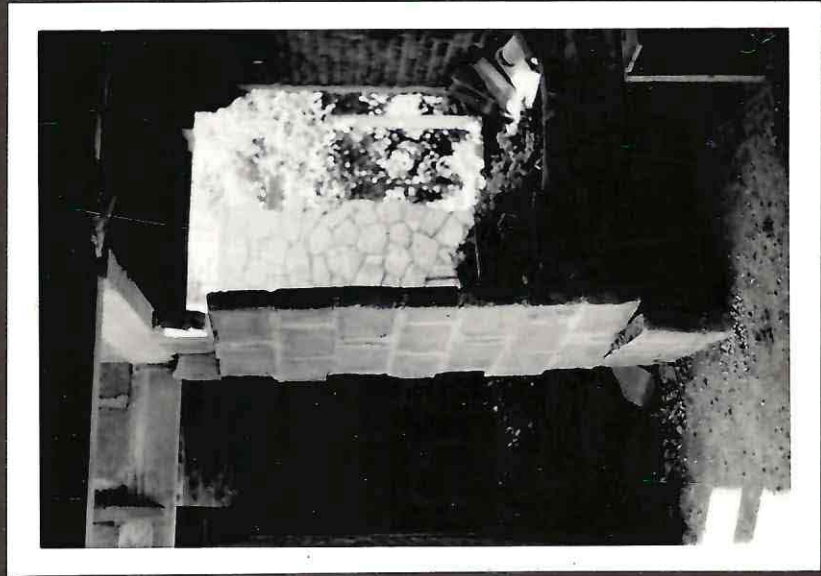
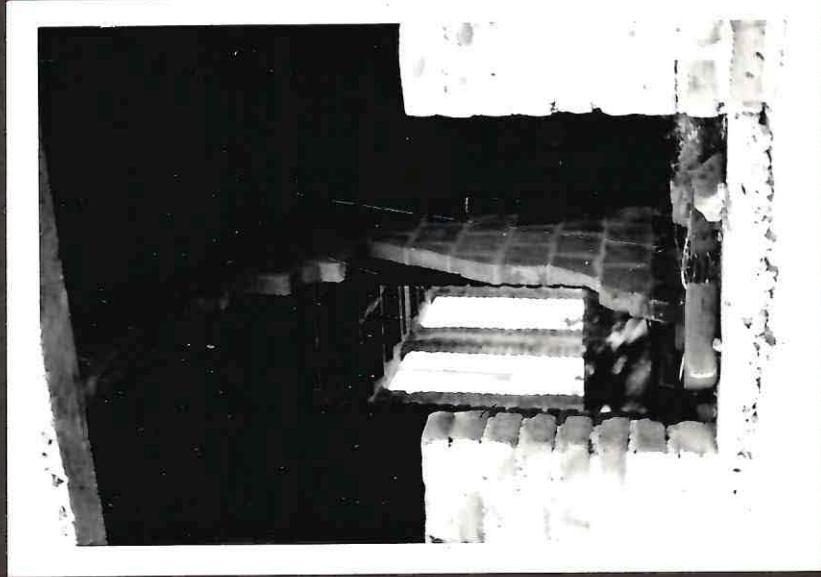
6



7



8



9-10

CASO 2.-

Descripción.-

1.- En el aspecto planimétrico: El presente análisis está referido a una casa habitación de 2 pisos, proyectada para servir un programa de necesidades básico para un grupo familiar compuesto de 6 personas, cuyo aspecto exterior se visualiza en la fotografía 4 y en el plano correspondiente.

En el 1er. piso están ubicados el estar - comedor y servicios; en el 2° piso, los dormitorios; totalizando 120 mts. 2. construidos en un trazado planimétrico en forma de L. Está ubicada con orientación Norte-Sur con respecto a la fachada principal y paralela a la línea del ferrocarril

2.- En el aspecto ubicación: Es componente del grupo habitacional "Parque Chorrillos", ubicado al Oriente de Viña del Mar; se desarrolla desde la cota de nivel de la calle hacia el cerro, cuya situación extrema corresponde a la casa de nuestro estudio.

3.- En el aspecto Planimétrico: El edificio está concebido como una estructura de albañilería de ladrillo reforzada con vigas y pilares de hormigón armado y muros de hormigón armado. La dosificación para ellos es de hormigón clase B con resistencia mínima a los 28 días de 160 kg/cm². y fierros, barras de acero tipo Cap A 44-28 H.

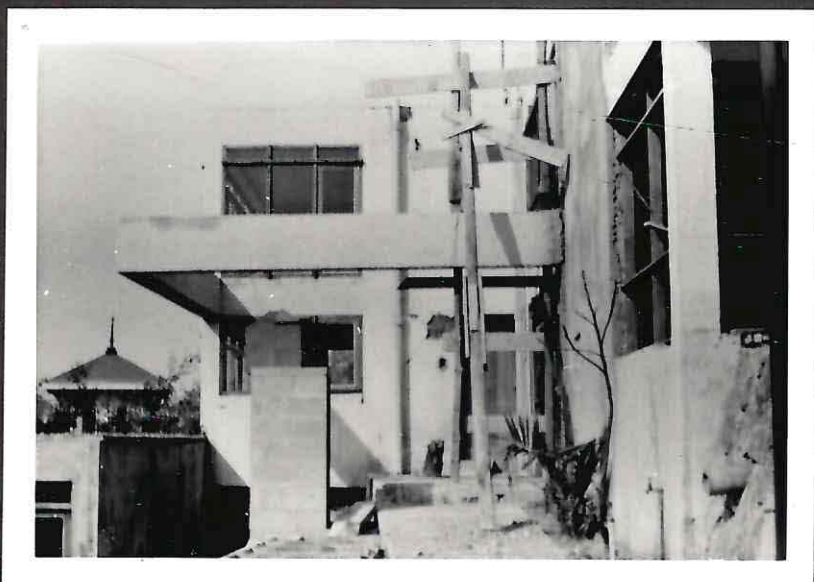
La estructura de entrepiso y techo está formada por una losa de h.a.a. base de viguetas pretensadas del tipo Inapreco de 17 cms. de altura. Parte de la estructura, correspondiente al estar, está en consola. En la definición de el acceso tiene una viga de h.a. ornamental, en consola.

Los cimientos son de h.a. de forma trapezoidal invertida con dosificaciones de hormigón de resistencia a los 28 días de 50 kg. por cm².

Los tabiques de albañilería tanto exteriores como interiores son de ladrillo tipo Rejilla colocados de soga y de pandereta respectivamente.

Comportamiento de la estructura en el sismo de Marzo de 1965 las fotografías que ilustran el presente caso muestran gráficamente los efectos del terremoto en el edificio, calculado convencionalmente y que no presentaba defectos constructivos ni de ejecución, ni otro indicio explicativo de fallas.

La fuerza sísmica provocó movimientos mayores en su extremo libre, que produjo un momento de torsión en planta, capaz de romper los muros comedor-cocina en el sentido x; cocina en el sentido y; y daños en los elementos complementarios en la estructura.



1



2



3



4



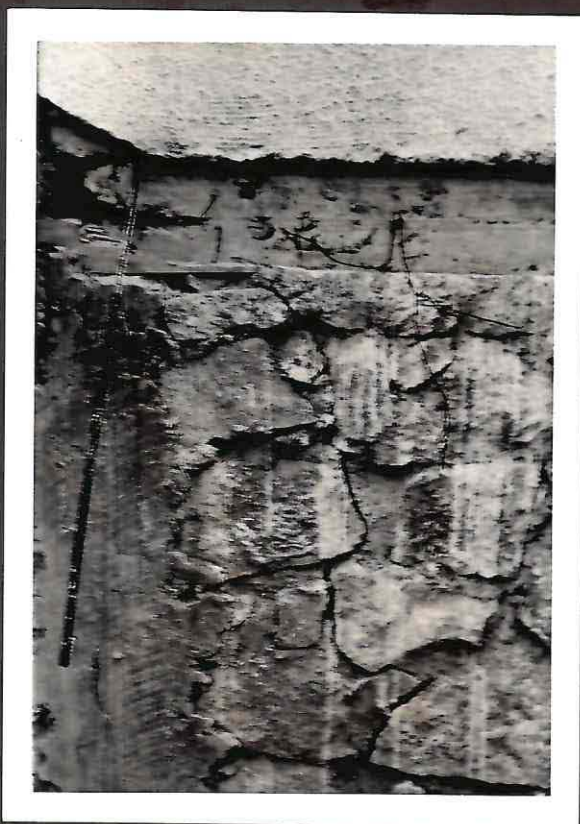
5



6



7



8

CALCULO PESO PROPIO LOSA CUBIERTA

losa inapreco tipo 17BM8	180 kg m2
sobre losa	110
fieltro	2.7
asfalto	8.0
gravilla	15.0
estuco	40.0
sobre carga 0.5	50.0
	$405.7 \times 70 = 28,399 \text{ kg}$
albañilería	<u>$32.0 \text{ ml} \times 39 = 1,248 \text{ kg}$</u>
Total losa cubierta	29.647.0kg

muros de albañilería

0.50 x 2.3 x 0.25 x 1600 522 kg ml x 12.45 = 5,872 kg

0.50 x 2.8 x 0.25 x 1600 630 x 2.8 = 1,764

muro de hormigón armado

0.50 x 2.3 x 0.25 x 2.400 750 x 1.2 = 900

tabiquería de albañilería

0.50 x 2.3 x 0.15 x 1300 224 x 14.7 = 3,292

0.50 x 2.8 x 0.15 x 1300 273 x 2.25 = 614

vigas de h. armado

0.20 x 0.40 x 2.400 192 x 30.25 = 5,808

cadenas de h. armado

0.20 x 0.20 x 2.400 96 x 16.0 = 1,536

Total segundo piso 48,833 kg

CALCULO PESO PROPIO LOSA ENTREPISO

losa inapreco tipo 17BM8	180 kg m2
sobre losa	110
sub base parquet	40
parquet	22
estuco	40
sobre carga 0.5	125

CALCULO 1

$517 \text{ kg/ml} \times 70$
36,190 kg.

			36,190.0 kg
muros albañilería 2º piso x 0.5			8,283.0
0.50 x 0.25 x 2.3 x 1000	522 kg ml x 12.5		6,525.0
muro de h. armado			
0.50 x 0.25 x 2.5 x 2400	750	x 25	1,875.0
tabiques albañilería 2º piso x 0.5			3,906.0
0.50 x 0.15 x 2.3 x 1300	224	x 13.5	3,024.0
vigas h. armado			
0.40 x 0.20 x 2400	192	x 44.0	8,448.0
cadena de h. armado			
0.20 x 0.20 x 2400	96	x 12.5	1,200.0
escala			1,600.0
P _{total} primer piso			<u>7,105.0 kg</u>

CALCULO DE LA ACCION SISMICA

coeficiente sísmico 0.12

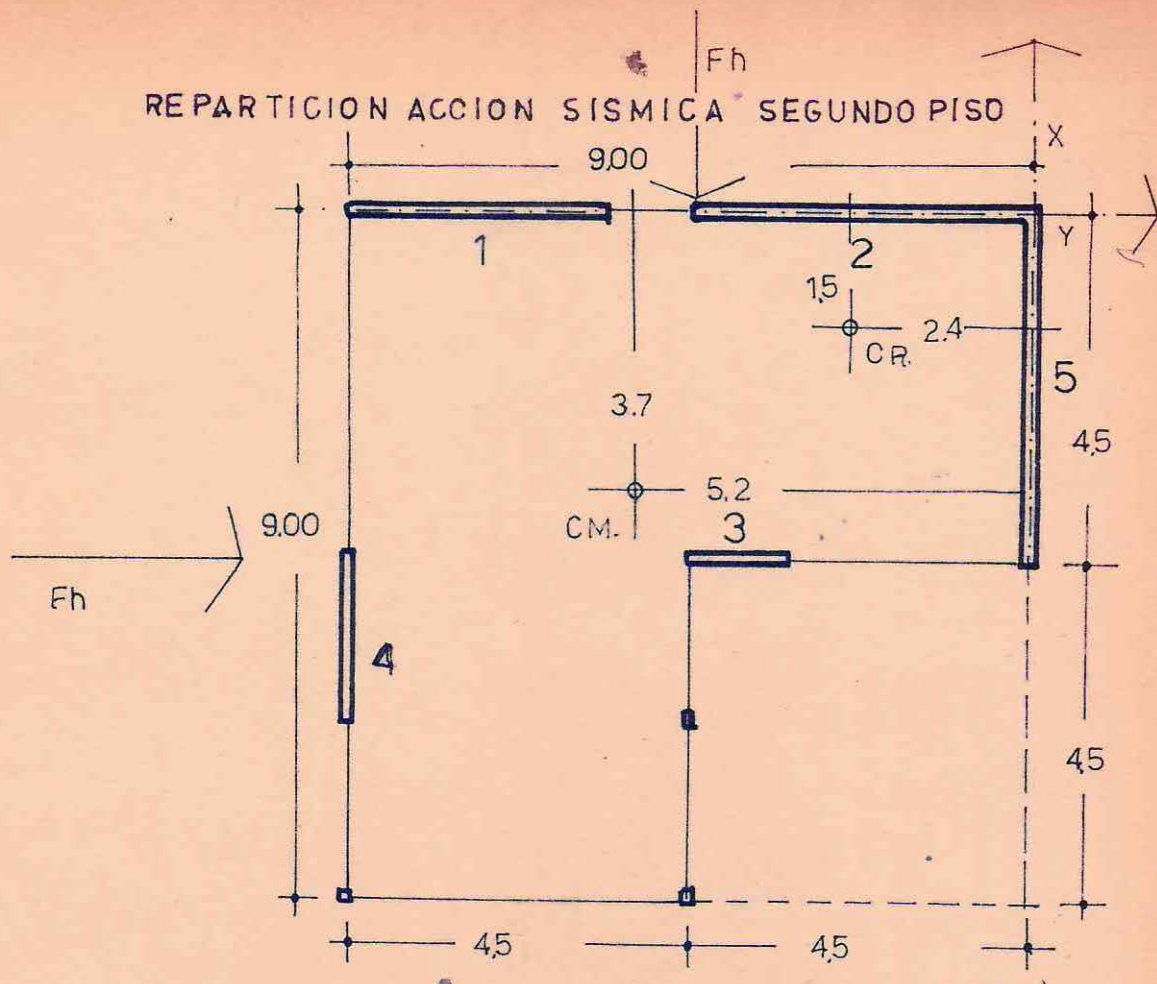
P_{total} 2º piso 48,833 kg x 0.12 5,950 kg.

P_{total} 1er piso 71,051 x 0.12 9,126 kg.

15,076 kg.

módulos de elasticidad tomados para el cálculo de las deformaciones

	E _J	E _C	
hormigón armado	210,000	0.4 E _f	84,000
albañilería ladrillos hecho a mano			
	30,000	0.4 E _f	12,000



ANALISIS SENTIDO X

$$\Delta = \frac{1}{b} \left[34 \left(\frac{H}{h} \right)^3 + 84 \left(\frac{H}{h} \right) \right] \quad \text{alb. ladrillo hecho a mano}$$

$$\Delta_1 = 34 \left(\frac{280}{350} \right)^3 + 84 \left(\frac{280}{350} \right) = 84$$

$$\Delta_2 = 34 \left(\frac{230}{450} \right)^3 + 84 \left(\frac{230}{450} \right) = 47.4$$

$$\Delta = \frac{1}{b} \left[48 \left(\frac{H}{h} \right)^3 + 12 \left(\frac{H}{h} \right) \right] \quad \text{h. armado}$$

$$\Delta_3 = 5 \left(\frac{230}{120} \right)^3 + 12 \left(\frac{230}{120} \right) = 58$$

ANALISIS SENTIDO Y

$$\Delta_4 = 34 \left(\frac{230}{225} \right)^3 + 84 \left(\frac{230}{225} \right) = 120.3$$

$$\Delta_5 = 34 \left(\frac{230}{450} \right)^3 + 84 \left(\frac{230}{450} \right) = 47.4$$

CALCULO MOMENTO DE TORSION

1 Centro de rigideces

$$\begin{aligned} (0.23 + 0.45) \times 0 + 0.33 \times 4.5 &= y & y &= 1.5 \text{ m} \\ 0.27 & \times 9 + 0.73 \times 0 &= x & x &= 2.4 \text{ m} \end{aligned}$$

2 centro de masas

$$x = 5.2 \text{ cm}$$

$$y = 3.7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} 3 \quad x_m - x_R &= 5.2 - 2.4 = 2.8 \\ y_m - y_R &= 3.7 - 1.5 = 2.2 \end{aligned}$$

4 momento de torsión en x e y

$$M_{Tx} = 5950 \times 2.2 = 13,100 \text{ kgm}$$

$$M_{Ty} = 5950 \times 2.8 = 16,680 \text{ kmf}$$

5 repartición M_T sentido x

$$F_{h2-1} = F_{h2-1}$$

$$F_{h2-2} = F_{h2-1} \times \frac{0.43}{0.23} \times \frac{1.5}{1.5} = 1.9 F_{h2-1}$$

$$F_{h2-3} = F_{h2-1} \times \frac{0.33}{0.23} \times \frac{3.0}{1.5} = 2.9 F_{h2-1}$$

$$F_h 13100 = F_{h2-1} \times 1.5 + 1.9 F_{h2-1} \times 1.5 + 2.9 F_{h2-1} \times 3.0$$

$$F_{h2-1} = 1090 \text{ kg}$$

$$F_{h2-2} = 2075 \text{ kg}$$

$$F_{h2-3} = 3160 \text{ kg}$$

6 repartición F_h sentido y

$$F_{h2-4} = F_{h2-4}$$

$$F_{h2-5} = F_{h2-4} \times \left(\frac{0.73}{0.27} \times \frac{2.4}{6.6} \right)$$

$$F_{h2-4} \times 6.6 + F_{h2-4} \times 2.4 = 16680$$

$$F_{h2-4} = 1858.0 \text{ kg}$$

$$F_{h2-5} = 1858.0 \text{ kg}$$

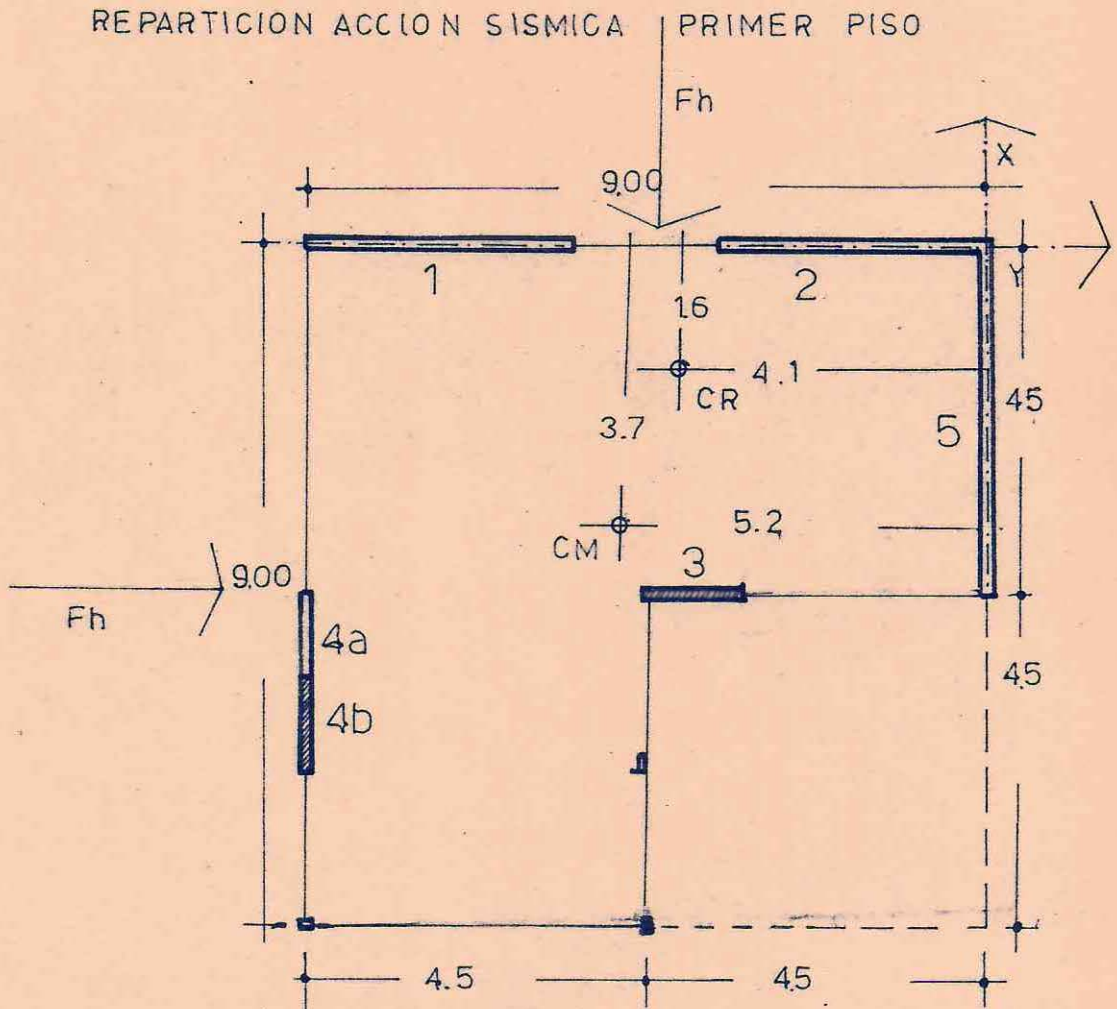
CUADRO RESUMEN X

muro	material	Lm	Δ	$1/\Delta$	R_R	Fh1	Fh2	FhTotal
1	ALBAÑ.	3.5	84.0	0.012	0.23	1370	-1090	280
2	"	4.5	47.5	0.022	0.43	2560	-2075	485
3	H.ARMADO	1.2	58.0	0.017	0.33	1960	+3160	5120
				0.051	1.00	5990		

CUADRO RESUMEN Y

muro	material	Lm	Δ	$1/\Delta$	R_R	Fh1	Fh2	FhTotal
4	ALBANIL.	2.25	120.3	0.008	0.27	1620	+1858	3478
5	"	4.5	47.4	0.022	0.73	4340	-1858	2480
				0.030	1.00	5960		

REPARTICION ACCION SISMICA PRIMER PISO



CALCULO 5

ANALISIS SENTIDO X

$$\Delta_1 = 34 \left(\frac{230}{350} \right)^3 + 84 \left(\frac{230}{350} \right) = 64.9$$

$$\Delta_2 = 34 \left(\frac{230}{350} \right)^3 + 84 \left(\frac{230}{350} \right) = 64.9$$

$$\Delta_3 = 5 \left(\frac{230}{120} \right)^3 + 12 \left(\frac{230}{120} \right) = 58.0$$

ANALISIS SENTIDO Y

$$\Delta_{4a} = 34 \left(\frac{230}{100} \right)^3 + 84 \left(\frac{230}{100} \right) = 60.7$$

$$\Delta_{4b} = 5 \left(\frac{230}{120} \right)^3 + 12 \left(\frac{230}{120} \right) = 58.0$$

$$\Delta_5 = 34 \left(\frac{230}{450} \right)^3 + 84 \left(\frac{230}{450} \right) = 47.4$$

CALCULO MOMENTO DE TORSION

1 centro de masas

$$40.5 \times 2.25 + 20.5 \times 6.5 = 6.10 y \quad y = 3.7m$$

$$40.5 \times 4.5 + 20.5 \times 6.5 = 6.10 x \quad x = 5.2m$$

2 centro de rigideces

$$(0.32 + 0.32) 0 + 36 \times 4.5 = y \quad y = 1.6m$$

$$(0.05 + 0.41) 9 + 0.54 \times 0 = x \quad x = 4.1m$$

$$3 \quad X_m - X_r = 5.2 - 4.1 = 1.1$$

$$y_m - y_r = 3.7 - 1.6 = 2.1$$

4 momento de torsión

$$M_{Tx} = 15.950 \times 2.1 = 33.500 \text{ kgmt}$$

$$M_{Ty} = 15.950 \times 1.1 = 17.550 \text{ kgmt}$$

5 reparticion M_t sentido x

$$F_{h2-1} = F_{h21}$$

$$F_{h22} = F_{h21} \quad \frac{0.32}{0.32} \times \frac{1.6}{1.6} = F_{h21}$$

$$F_{h23} = F_{h21} \quad \frac{0.36}{0.32} \times \frac{2.9}{1.6} = 2.04 F_{h21}$$

CALCULO 6

$$33500 \text{ } 2F_{h_{21}} \times 1.6 \quad 2.04 F_{h_{21}} \times 2.9$$

$$F_{h_{21}} = 3.680 \text{ kg}$$

$$F_{h_{22}} = 3.680 \text{ kg}$$

$$F_{h_{23}} = 7.520 \text{ kg}$$

6 reparticion Mt sentido y

$$F_{h_{24a}} = F_{h_{24a}}$$

$$F_{h_{24b}} = F_{h_{24a}} \times \frac{0.41}{0.05} \times \frac{4.9}{4.9} = 8.2 F_{h_{24a}}$$

$$F_{h_{25}} = F_{h_{24a}} \times \frac{0.54}{0.05} \times \frac{4.1}{4.9} = 9 F_{h_{24a}}$$

$$17,550 = h_{24a} \times 4.9 + 8.2 F_{h_{24a}} \times 4.9 + 9 F_{h_{24a}} \times 4.1$$

$$F_{h_{24a}} = 191 \text{ kg}$$

$$F_{h_{24b}} = 1.556 \text{ kg}$$

$$F_{h_{25}} = 1.719 \text{ kg}$$

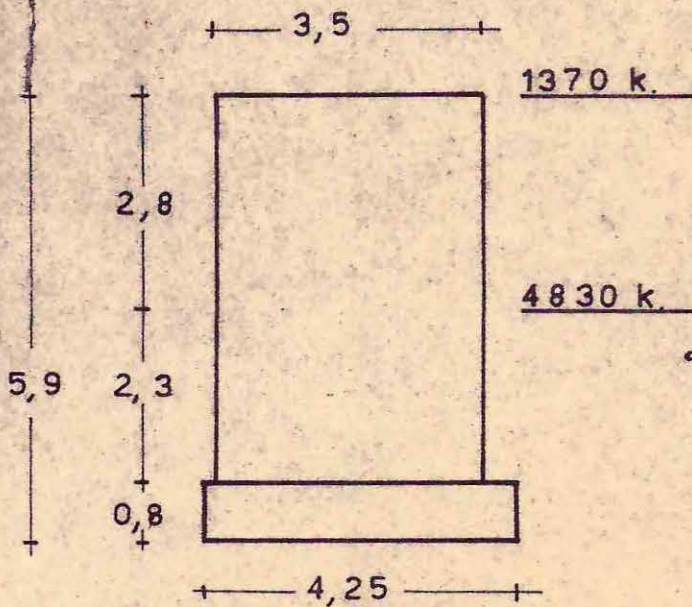
CUADRO RESUMEN X

muro	material	Lm	Δ	$1/\Delta$	R_R	F_{h1}	F_{h2}	$F_{h_{tot}}$
1	ALBAÑ.	3.5	64.9	0.015	0.32	4830	-3680	1200
2	"	3.5	64.9	0.015	0.32	4830	-3680	1200
3	H. ARMADO	1.2	58.0	0.015	0.36	5,430	+7520	12950
				0.047	1.00	15,095		

CUADRO RESUMEN Y

muro	material	Lm	Δ	$1/\Delta$	R_R	F_{h1}	F_{h2}	$F_{h_{Total}}$
4a	ALBAÑ.	100	607	0.002	0.05	755	+191	946
4b	H. ARMADO	120	58	0.017	0.41	6190	+1556	7746
5	ALBAÑ.	450	474	0.022	0.54	8150	-1719	6431
				0.041	1.00	15095		

MURO N° 1 albañilería



$$b = 0,2 \quad b \text{ cim} = 0,$$

$$p. \text{ losa } 405 \times 10 = 405$$

$$p.p. \quad 1260 \times 3,5 = 440$$

$$p. \text{ losa } 517 \times 10 = 517$$

$$p.p. = 3600$$

$$17250 \quad \text{peso fofa}$$

$$\underline{1725} \quad p.p. \text{ cimienfo}$$

$$18975$$

$$1^{\circ} \text{ piso } 8800 \text{ k}$$

$$2^{\circ} \text{ piso } 8450 \text{ k}$$

1° analisis 2° piso

$$M = 1370 \times 2,8 = 3840 \text{ kg m.}$$

$$e = \frac{M}{P} = \frac{3840}{7000} = 0,5$$

$$\sigma = \frac{P}{S} \left(1 \pm \frac{6e}{d} \right)$$

$$\sigma = \frac{8800}{7000} \left(1 \pm \frac{3,3}{3,5} \right)$$

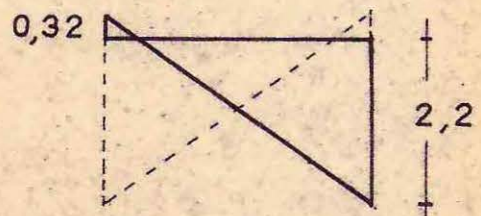
$$\sigma = 1,26 \left(1 \pm 0,94 \right)$$

$$\sigma_c = 2,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = 0,32 \text{ "}$$

$$\sigma = \frac{1370}{7000} = 0,2 \text{ kg cm}^2$$

la fracción es absorbida por el pilar



2° analisis 1° piso

$$M = 1340 \times 5,1 - 4830 \times 2,3 = 18000 \text{ kg m.}$$

$$e = \frac{18.000}{17.250} = 1,2$$

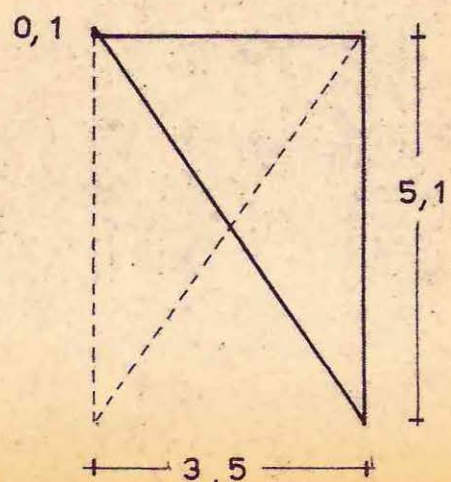
$$\sigma = \frac{17250}{7000} \left(1 \pm \frac{7,2}{3,5} \right)$$

$$\sigma = 2,5 \left(1 \pm 2,6 \right)$$

$$\sigma_c = 5,1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_t = 0,1 \text{ "}$$

$$\sigma = \frac{1370}{7000} = 0,195 \text{ kg cm}^2$$



3º analisis de cimientos

$$M = 1370 \times 5,9 - 4830 \times 3,1 = 21000 \text{ kgm}$$

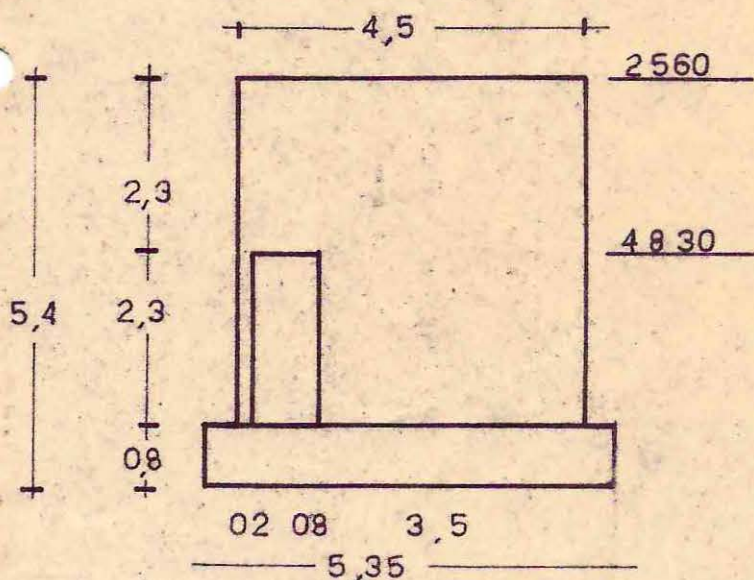
$$e = \frac{21000}{19000} = 1,1$$

$$\bar{\sigma} = \frac{2P}{3b\left(\frac{d}{2} - e\right)} = \frac{38000}{150(215 - 110)} = 2,4 \text{ kg/cm}^2$$

MURO N° 2 albañilería

b=0,2 m

b cim=0,50



p. losa	405 x 13,5	5500
p.p.	1050 x 4,5	<u>4600</u>
2º piso		10100 k
p. losa	517 x 13,5	7000
p.p.	1050 x 3,5	<u>3600</u>
1º piso		10600 k
peso total		207000
p.p. cimiento		<u>20700</u>
		22770 k

1º analisis 2º piso

$$M = 2560 \times 2,3 = 5900 \text{ kgm}$$

$$e = \frac{5900}{10100} = 0,58$$

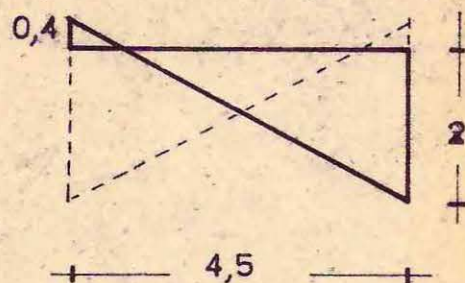
$$\bar{\sigma} = \frac{10100}{9000} \quad 1 = \frac{3,5}{4,5}$$

$$\bar{\sigma} = 1,2 \quad (1 = 0,8)$$

$$\bar{\sigma}_c = 2 \text{ kg cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_r = 0,4 \quad "$$

$$\bar{\sigma} = \frac{2560}{9000} = 0,29$$



2º analisis 1º piso

$$M = 2560 \times 4,6 - 4830 \times 2,3 = 23000 \text{ kgm}$$

$$e = \frac{23000}{20700} = 1,1$$

Δ	$\frac{I}{\Delta}$	R. r.
64,9	0,154	0,9999
8880	0,0001	0,0001
	0,1541	

el pilar por tener una R. r. de casi 0, tiene un momento igual a 0

$$M_p = 0$$

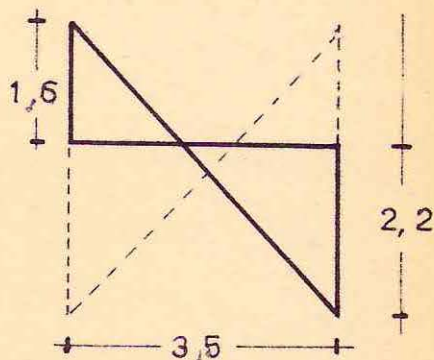
$$\bar{v}_m = \frac{20700}{7000} \left(1 \pm \frac{6,6}{3,5} \right)$$

$$\bar{v}_m = 0,3 \left(1 \pm 1,9 \right)$$

$$\bar{v}_c = 2,2 \text{ kg cm}^2$$

$$\bar{v}_f = 1,6 \text{ "}$$

$$\bar{c} = \frac{4830}{7000} = 0,69$$



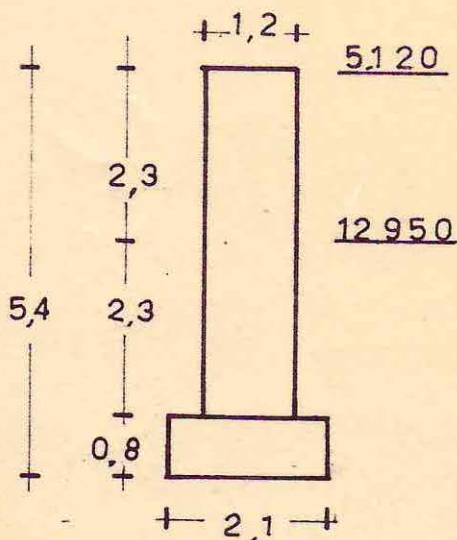
3º analisis de cimientos

$$M = 2560 \times 5,4 + 4830 \times 3,1 = 28800 \text{ kgm}$$

$$e = \frac{28800}{22770} = 1,28$$

$$\bar{v}_f = \frac{45500}{150(225 - 128)} = 3,1 \text{ kg/cm}^2$$

MURO Nº 3 hormigón armado $b=0,2$ $b_{cim} = 0,5$



$$p. \text{ losa } 405 \times 14 = 5700$$

$$p.p. \quad 1700 \times 1,2 = 1800$$

$$2^\circ \text{ piso } 7.500$$

$$p. \text{ losa } 517 \times 14 = 6200$$

$$p.p. \quad = 1800$$

$$1^\circ \text{ piso } 8.000$$

$$\text{peso fofal} = 15.500$$

$$p.p. \text{ cimiento} = 1.550$$

$$17.050$$

1° analisis 2° piso

$$M = 5120 \times 2,3 = 11\,800 \text{ kg m}$$

$$e = \frac{11\,800}{7500} = 1,56$$

$$\bar{U} = \frac{7500}{2400} \left(1 \pm \frac{9,4}{12,0} \right)$$

$$\bar{U} = 3,14 \left(1 \pm 0,77 \right)$$

$$\bar{U}_c = 3,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{U}_f = 2,37 \quad "$$

$$\frac{2,4}{3,9} = \frac{x}{1,2 - x}$$

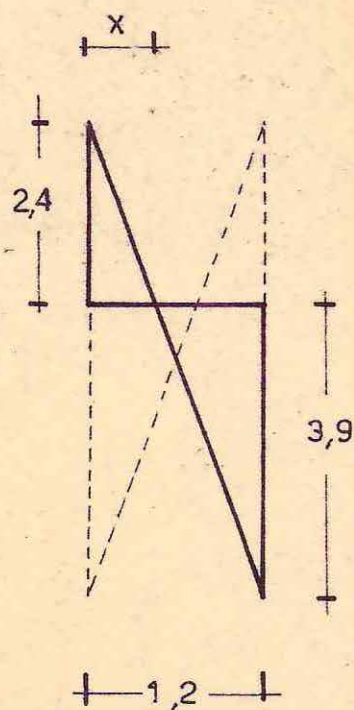
$$x = 0,74 - 0,62x$$

$$x = 0,46 \text{ m}$$

$$S_f = 46 \times 20 = 920 \text{ cm}^2$$

$$F_e = \frac{920 \times 2,4}{2 \times 1400} = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\bar{G} = \frac{5120}{2400} \quad 2,1 \text{ kg/cm}^2$$



2° analisis 1° piso

$$M = 5120 \times 4,6 + 12\,950 \times 2,3 = 53\,400 \text{ kg m}$$

$$e = \frac{53\,400}{15500} = 3,5$$

$$\bar{U} = \frac{15500}{2400} \left(1 \pm \frac{21}{12} \right)$$

$$\bar{U} = 7,5 \left(1 \pm 2,1 \right)$$

$$\bar{U}_c = 28,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{U}_f = 13,5 \quad "$$

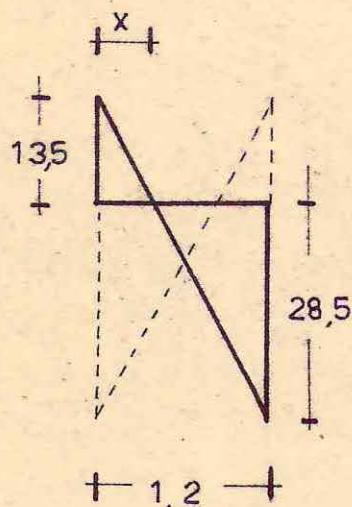
$$\frac{13,5}{28,5} = \frac{x}{1,2 - x}$$

$$x = 0,39$$

$$S_f = 39 \times 20 = 780 \text{ cm}^2$$

$$F_e = \frac{780 \times 13,5}{2 \times 1400} = 3,75 \text{ cm}^2$$

$$\bar{G} = \frac{12\,950}{2400} = 5,4 \text{ kg/cm}^2$$



3º analisis de cimienfos

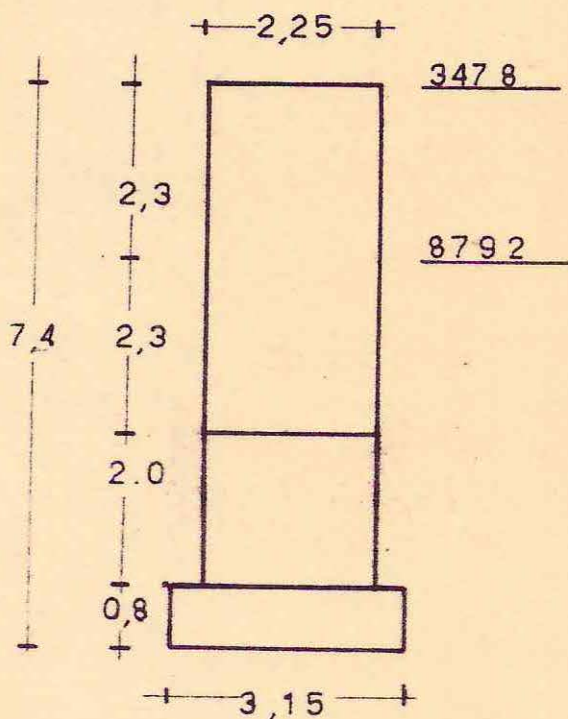
$$M = 5120 \times 5,4 + 12\ 950 \times 3,1 = 67600 \text{ kg m}$$

$$e = \frac{67600}{2000} = 3,4$$

$$\bar{U}_f = \frac{34100}{150(100 - 170)} = \text{excentricidad cae fuera}$$

MUR 0 No 4 albañileria y h.a. $b=0,2$

$b\text{-cim}=1,0$



p. losa 405 x 14 5700

p.p 1050 x 225 23 60

2º piso 8060

p. losa 517 x 7 3100

p.p. alb. 1050 x 1 1050

4150

p. losa 517 x 7 3100

p.p. h.a 1700 x 1,2 2040

5140

p. muro piedra 6100

p. total 23450

p.p. cimienfo 2345

25795

1º analisis 2º piso

$$M = 347,8 \times 2,3 = 8000 \text{ kg m}$$

$$e = \frac{8000}{8060} = 0,99$$

$$\bar{U} = \frac{8060}{4500} \left(1 - \frac{59}{2,25} \right)$$

$$\bar{U} = 1,8 \left(1 - 2,5 \right)$$

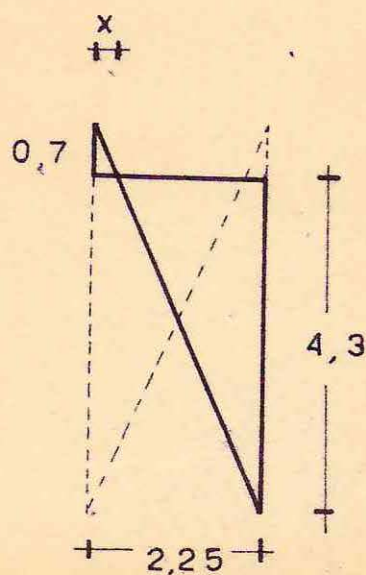
$$\bar{U}_c = 4,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{U}_f = 0,7 \text{ "}$$

$$\frac{0,7}{4,3} = \frac{x}{2,25 - x}$$

$$x = 0,35$$

$$\bar{C} = \frac{347,8}{4500} = 0,77 \text{ kg/cm}^2$$



2º análisis 1º piso

$$M = 3478 \times 4,6 + 8792 \times 2,3 = 36000 \text{ kg m}$$

$$e = \frac{36000}{17350} = 2,1$$

$$\bar{U} = \frac{17350}{4500} \left(1 \pm \frac{12,5}{225} \right)$$

$$\bar{U} = 4 \left(1 \pm 5,6 \right)$$

$$\bar{U}_c = 9,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{U}_t = 1,6 \text{ "}$$

$$\frac{1,6}{9,6} = \frac{x}{225-x}$$

$$x = 0,235$$

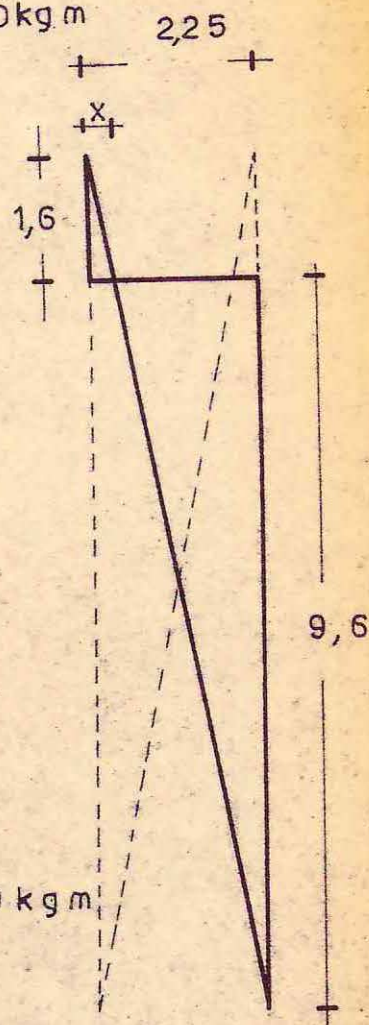
$$\bar{C} = \frac{8792}{4500} = 2 \text{ kg cm}^2$$

3º análisis de cimientos

$$M = 3478 \times 7,4 + 8792 \times 5,1 = 70000 \text{ kg m}$$

$$e = \frac{70000}{25792} = 2,7$$

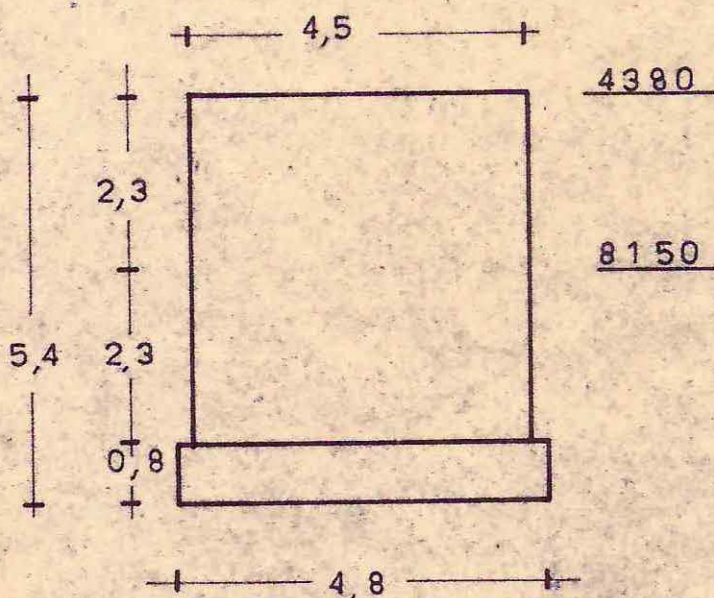
$$\bar{U}_f = \frac{51590}{300 (160-270)} = e \text{ cae fuera del cimiento}$$



MURO N° 5 albañilería

$$b = 0,2$$

$$b_{\text{cim}} = 0,8$$



$$p. \text{ losa } 405 \times 14 = 5700$$

$$pp \quad 1050 \times 4,5 = 4700$$

$$2^\circ \text{ piso } 10400$$

$$p. \text{ losa } 517 \times 14 = 7200$$

$$pp. = 4700$$

$$1^\circ \text{ piso } 11900$$

$$p. \text{ fofal } 22300$$

$$p.p. \text{ cimiento } 2230$$

$$24530$$

1º análisis 2º piso

$$M = 4380 \times 2,3 = 10000 \text{ kg m}$$

$$e = \frac{10000}{10400} = 0,95$$

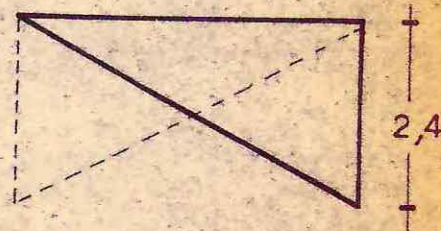
$$\bar{U} = \frac{10400}{9000} \left(1 \pm \frac{5,7}{4,5} \right)$$

$$\bar{U} = 1,2 \quad 1 \quad 1,2$$

$$\bar{U}_c = 2,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{U}_f = 00 \quad "$$

$$\bar{C} = \frac{4340}{9000} = 0,49 \text{ kg/cm}^2$$



2° analisis " 1° piso

$$M = 4340 \times 4,6 + 8150 \times 2,3 = 38000 \text{ kg m}$$

$$e = \frac{38000}{22300} = 1,65$$

45

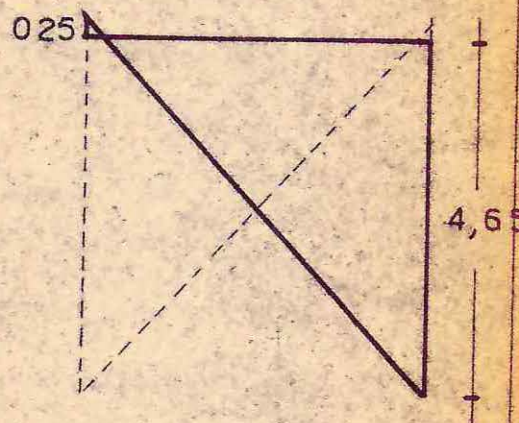
$$\bar{U} = \frac{22300}{9000} \left(1 \pm \frac{10}{4,5} \right)$$

$$\bar{U} = 2,45 \left(1 \pm 2,2 \right)$$

$$\bar{U}_c = 4,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{U}_f = 0,25 \quad "$$

$$\bar{C} = \frac{8150}{9000} = 0,9 \text{ kg/cm}^2$$



3° analisis de cimientos

$$M = 4340 \times 5,4 + 8150 \times 3,1 = 48700 \text{ kg m}$$

$$e = \frac{48700}{24530} = 2$$

$$\bar{U}_f = \frac{49060}{240(240-200)} = 5,2 \text{ kg/cm}^2$$

CUADRO RESUMEN

muro N°	ζ		ζ_c		ζ_f		e			ζ_{ter}
	2°	1°	2°	1°	2°	1°	2°	1°	cm	
1	0,2	0,7	2,2	5,1	0,3	0,1	0,5	1,2	1,1	2,4
2	0,3	0,7	2,0	2,2	0,4	1,6	0,6	1,1	1,3	3,1
3	2,1	5,4	3,9	28,5	2,4	13,5	1,6	3,5	3,4	
4	0,8	2,0	4,3	9,6	0,7	1,6	1,0	2,1	2,7	
5	0,5	0,9	2,4	4,7	0,0	0,3	1,0	1,7	2,0	5,2

Conclusiones.

Nuestro cálculo, basado esencialmente en los métodos estudiados en la Cátedra de Estabilidad de 5º Año, nos permite establecer las conclusiones siguientes:

1.- Los muros estructurales propuestos por el proyecto estudiado están mal distribuidos determinando por tal motivo asimetría en la distribución de las rigideces por lo cual se produce un momento de torsión considerable debido a la excentricidad entre la fuerza horizontal sísmica y la reacción de las fuerzas en los muros de la vivienda (centro de gravedad, centro de rigidez).

2.- Este momento torsor ocasiona una deficiente distribución del esfuerzo horizontal en los distintos elementos atezadores. La repartición del esfuerzo en los muros 1 - 2 del sentido x es $21\% - 21\% y 70\%$ respectivamente; en el sentido y: $4 - 52\% y 5 = 48\%$

3.- Las fuerzas horizontales que reciben los muros 1 - 2 y 5, además de su ubicación desfavorable para recibir cargas verticales, produjo en ellas tasas de trabajo al corte y a la tracción que obligadamente tenían que causar la destrucción de los muros (fotografías

Los muros 1 y 2 están sometidos a esfuerzos cuya fatiga de corte alcanza valores de $0,70 \text{ kg/cm}^2$. (1er. piso), todos superiores a $0,60 \text{ kg/cm}^2$. recomendable para el cálculo antisísmico en este tipo de ladrillo; el muro 4 tiene una fatiga de $0,8 \text{ kg/cm}^2$. y el muro 5 $0,9 \text{ kg/cm}^2$. en el piso respectivamente.

Las fatigas de tracción del muro 2 (1er. piso) tiene un valor de $1,6 \text{ kg/cm}^2$. y el muro 4 tiene $0,7$ y $1,6 \text{ kg/cm}^2$., superiores todos a $0,4$, cuyos valores inferiores suponemos absorbidos por el pilar..

Las fatigas de terreno bajo algunos de los muros sobrepasan lo aceptable para el suelo de fundación del sector; la fatiga de terreno bajo los muros 2 y 5 alcanzan valores de $3,1$ y $5,2 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente, no admisible en el muro 1 es de $2,4 \text{ kg/cm}^2$.

4.- En los muros 3 - 4 , la fuerza resultante de las componentes horizontal (sismo) y vertical (cargas), cae fuera del cimiento propuesto por lo cual se produce su volcamiento

Muro 3 -. largo cimiento = 2,10 .-excentricidad es igual 3,4mts.

Muro 4+ . largo cimiento = 3.5 mts.-excentricidad es igual 2,7 m.

5.- Como conclusión se desprende que habría que ayudar los muros soportantes de esfuerzos horizontales, ubicados de manera tal que eviten el fuerte momento torsor que actualmente se produce, y que absorban parte de los esfuerzos de los muros existentes, bajando las fatigas de corte, eliminando las de tracción y disminuyendo sus excentricidades en los cimientos.

4.- En los muros 3 - 4 , la fuerza resultante de las componentes horizontal (sismo) y vertical (cargas), cae fuera del cimiento propuesto por lo cual se produce su volcamiento

Muro 3 -. largo cimiento = 2,10 .-excentricidad es igual 3,4mts.

Muro 4+ . largo cimiento = 3.5 mts.-excentricidad es igual 2,7 m.

5.- Como conclusión se desprende que habría que ayudar los muros soportantes de esfuerzos horizontales, ubicados de manera tal que eviten el fuerte momento torsor que actualmente se produce, y que absorban parte de los esfuerzos de los muros existentes, bajando las fatigas de corte, eliminando las de tracción y disminuyendo sus excentricidades en los cimientos.

4.- En los muros 3 - 4 , la fuerza resultante de las componentes horizontal (sismo) y vertical (cargas), cae fuera del cimiento propuesto por lo cual se produce su volcamiento

Muro 3 -. largo cimiento = 2,10 .-excentricidad es igual 3,4mts.

Muro 4+ . largo cimiento = 3.5 mts.-excentricidad es igual 2,7 m.

NUESTRAS PALABRAS ULTIMAS

Hemos satisfecho nuestro objetivo y hoy podemos volver los ojos y el espíritu al futuro; pero sabremos detenernos y volver atrás, una, otra y cuantas veces fuese necesaria para que nuestra obra no se derrumbe bajo el peso de la ignorancia, el desconocimiento y la improvisación.

Como los antiguos moradores de Valparaíso, nuestra región, que de entre las ruinas y las cenizas la han levantado, nuestro espíritu se eleva sobre la realidad captada y estudiada de nuestro mundo y la región, a los campos inagotables de la creación, como sol que se eleva simbólicamente sobre las sólidas montañas para teñir de fantasías el cielo del atardecer hecho de color, luz y sombra; se sumerge en la profundidad misteriosa del mar, para renacer de entre las tinieblas, disipada con el brillo de su luz, para continuar su

Es la Era del Espacio, la Ciencia avanza, la Técnica construye

Cecilia Vidal B.

Enrique Calderon S.

BIBLIOGRAFIA

Historia de Valparaíso (II Tomos) Vicuña Mackenna
El Terremoto de Valparaíso - C.Gajardo

Alfredo Rodríguez

Diario "El Mercurio" y "La Unión, correspondientes
Historia Geológica de Chile -mJuan Brügger

Geología - E.B.Branson
W.A.Tarr

Revista Arquitectura y Construcción 1946 N° 7
Suelo de Fundación de Valparaíso - Grümer
Alvarez

Enciclopedia Espasa
Enciclopedia Sopena
Ordenanza Plan Intercomunal de Valparaíso
Historia y Geografía de Almeida Arroyo

Historia del Arte - Pijuan

Obras de Albañilería - Guy Brigaux

Manual del Cemento Melón

Apuntes Profesor E.Guzmán

Monografía - I.E.Torroja N° 238

Muros de carga de Fábrica de Ladrillos Fernando
Casinello

Técnica y Creación Nos.2-3-4.

"Acción Sísmica Sobre los edificios Prof.Francisco
Ordenanza General de Construcción y Urbanización Aedo
Normas Inditecnor

Apuntes de clase Profesor Raúl Véliz

Tesis de Título "Acción Sísmica sobre edificios de
hormigón armado" Guzmán y Salinas.

Práctica de Física - W.Watson

Hormigón Armado - R.Saliger

Estática Aplicada - R.Saliger

Primeras Jornadas Chilenas de Sismología e Inge-
niería Antisísmica (Volúmen I-II) Achisina