

# **INVESTIGACIONES DE ESTRUCTURAS PARA VIVIENDAS DE BAJO COSTO Y EL ROL DEL CISMID**

**Rafael E. Torres\***

## **RESUMEN**

En este trabajo se presentan aspectos del desarrollo de las investigaciones realizadas en el Perú en estructuras de viviendas de bajo costo. Se incluyen breves comentarios sobre los alcances de los trabajos realizados en adobe y albañilería en las últimas décadas. Asimismo, se describen algunos avances de estructuras con paneles de quincha.

La organización del CISMID, sus objetivos y los lineamientos de las investigaciones tendientes a optimizar el diseño sísmico de estructuras de albañilería son presentados. Se describen en forma sucinta los proyectos de investigación en desarrollo para construcciones de bajo costo y los proyectos conjuntos que con otras Universidades se realizan para el desarrollo de estructuras de albañilería y adobe.

## **RESEÑA DE LA INVESTIGACION TECNOLOGICA DEL ADOBE**

La intensa actividad sísmica del Perú ha causado el mayor número de víctimas en los moradores de las construcciones de adobe. Los grandes terremotos ocurridos en las últimas décadas han demostrado la vulnerabilidad de estas edificaciones especialmente cuando son construidas sin observar lineamientos ingenieriles de diseño.

La necesidad de realizar investigación con base experimental del adobe fue grandemente sentida después del terremoto catastrófico de Ancash del 31 Mayo de

1970, este sismo sacudió toda la región de la Costa Central causando gran destrucción en las ciudades de Chimbote, Casma, Huaraz y Lima, y precipitó una avalancha del nevado Huascarán que sepultó el poblado de Yungay con cerca de 20,000 habitantes. En [1] se reporta que más del 90 % de las construcciones dañadas por el sismo eran de adobe y su colapso ocasionó más de 40,000 muertos.

Este desastre añadido a los causados por otros terremotos, creó entre muchos ingenieros y arquitectos una corriente de opinión adversa sobre el uso de este material en construcción. Muchos profesionales plantearon que la medida técnica más adecuada era prohibir terminantemente la construcción de estas edificaciones. Sin embargo, en [2] se reporta que en una localidad ubicada alrededor de 40 kilómetros de la zona epicentral, se observó que algunas construcciones de adobe edificadas sobre suelo rocoso no sufrieron daños de consideración, volviendo a ser habitadas después del sismo.

Este hecho puso en evidencia que este tipo de construcción tiene capacidad para resistir satisfactoriamente sismos severos bajo ciertas condiciones. La necesidad de determinar tales condiciones para construir viviendas seguras de adobe frente a la acción de terremotos fue sin duda uno de los factores que motivó el mayor interés en los investigadores de llevar a cabo estudios en forma racional y sistemática de este material.

El uso del adobe en las construcciones de vivienda está muy arraigado en las costumbres del pueblo y éste constituye un material tradicional en las regiones del país. Los restos arqueológicos demuestran que el adobe ha sido usado desde tiempos preincaicos. Las ciudades de nuestras serranías como el Cuzco, Cajamarta y de la costa como la Capital, Trujillo y otras conservan, entre sus obras histórico monumentales de las épocas incaica y colonial, construcciones de adobe y quincha. Además, debido a la modesta capacidad económica de la mayoría de nuestra población, es evidente, que se seguirá construyendo con materiales de bajo costo, como es el adobe y en muchos lugares apartados es el único material de construcción disponible.

El desarrollo de investigaciones del adobe comenzó poco después del terremoto de 1970. El Gobierno peruano creó una Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada para trabajar en las zonas del desastre. Esta

Comisión elaboró un manual de construcción de fácil comprensión conteniendo recomendaciones técnicas mínimas para la construcción de viviendas de adobe de un piso, económicas y seguras al efecto de sismo [3].

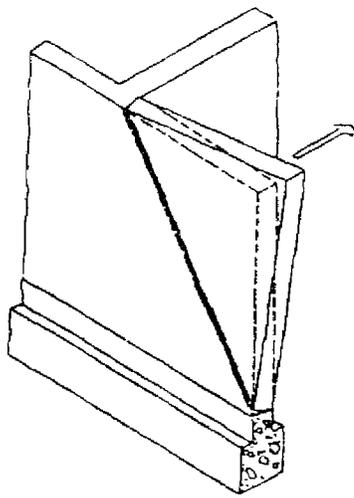
En este manual se establece que las fallas en las edificaciones se deben principalmente a la mala calidad del material, dimensiones de los bloques, a las trabas y encuentros de muros inadecuados, vanos de puertas y ventanas muy anchos y con dinteles poco empotrados, techos pesados en más de un piso y construidas en suelos compresibles y en lugares de alta sismicidad. El manual describe la fabricación de los adobes y la construcción de la vivienda, estableciendo recomendaciones básicas como la de limitar la edificación a un piso, usar concreto ciclópeo en la cimentación, juntas horizontales y verticales de 2 centímetros, longitudes y alturas de muros limitados, usar vigas collar en la parte superior de los muros, techos livianos con pendiente moderada e incorporar contrafuertes en los encuentros de muros entre otros.

Poco después del terremoto de 1970, un grupo de profesores de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, conscientes de las necesidades tan sentidas, comenzaron un programa de investigación experimental del adobe. Los primeros avances sobre el estudio de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe simple y reforzado fueron resultado de los trabajos de tesis profesionales de estudiantes. El uso de suelo-cemento y de varillas de caña impermeabilizadas con asfalto y revestidas con mortero de arena y cemento fueron uno de los logros más importantes y significativos para obtener construcciones más seguras de adobe. Los refuerzos de caña o carrizo en las edificaciones de adobe se comportan en forma similar que las varillas de acero en las construcciones de concreto armado [4].

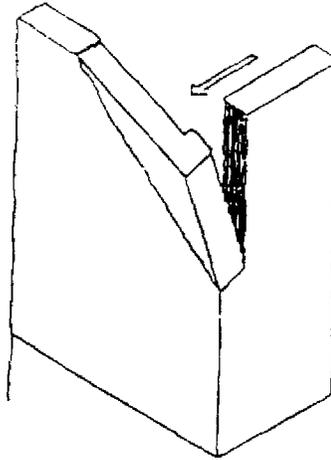
Después, la investigación tecnológica fue continuada por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y dos instituciones nacionales importantes. La Oficina de Investigación y Normalización (OIN) del Ministerio de Vivienda y Construcción, y el Instituto Nacional de Investigación y Apoyo a la Vivienda (INIAVI). En los estudios iniciales del adobe se contó con el apoyo técnico y financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y de la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID). Posteriormente se sumaron los profesores de la Universidad Nacional del Cusco en 1978.

Los programas de investigaciones iniciados después de 1970, fueron llevados a cabo por muchos profesores universitarios y profesionales de varias instituciones. Para 1975, se lograron los avances mas significativos en los estudios de las construcciones de adobe. La Universidad Nacional de Ingeniería, gracias a los trabajos de investigación dirigidos por el Dr. Ricardo Yamashiro y sus colaboradores, entre los aportes de trascendencia cabe mencionar:

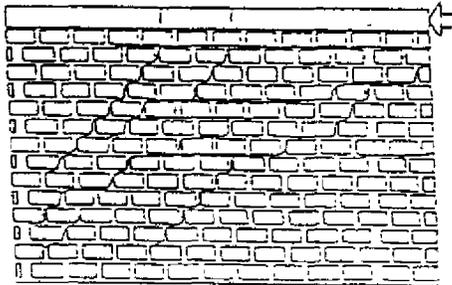
- a. La inclusión de la caña o carrizo como refuerzo interior, vertical y horizontal, de albañilería. Este refuerzo, combinado con la viga collar de madera dispuesta en la coronación de los muros, incrementa considerablemente la resistencia y ductilidad de la albañilería estructural de adobe, frente a fuerzas laterales de sismo y reduce significativamente la probabilidad de colapso de las construcciones de un piso, ante la acción destructiva de un terremoto de gran intensidad.
- b. El uso del suelo-cemento, como una alternativa de mejorar la adherencia entre el mortero y los adobes.
- c. Identificación de los principales modos de falla de las construcciones tradicionales de adobe de un piso. Fig. 1.
- d. Una primera propuesta de normalización de ensayos en especímenes grandes y pequeños, para el estudio de las propiedades mecánicas de albañilería estructural de adobe, simple y reforzada [5].
- e. Primera propuesta de métodos racionales para el análisis y diseño estructural de las construcciones de adobe de un piso, apoyados en la mecánica estructural y en la resistencia de los materiales.



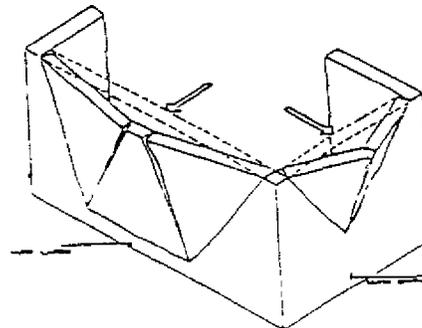
FALLA TÍPICA EN FLEXIÓN DE MURO SIN  
ARRIOSTRAMIENTO EN DOS BORDOS.  
TYPICAL BENDING FAILURE AT WALL WITHOUT  
FASTENING IN TWO BORDERS



FALLA TÍPICA DE TRACCIÓN EN ENCUENTRO  
DE MUROS SIN ARRIOSTRE SUPERIOR.  
TYPICAL TRACTION FAILURE AT WALL CORNER  
WITHOUT UPPER FASTENING



FALLA TÍPICA POR CORTE.  
TYPICAL SHEAR FAILURE



FALLAS TÍPICAS EN FLEXIÓN DE MUROS SIN ARRIOSTRE SUPERIOR  
TYPICAL BENDING FAILURE AT WALLS WITHOUT UPPER FASTENING

Fig 1 Modos de Fallas Típicas de Mampostería de Adobe

f. **Primer proyecto de normas para la construcción con adobe en el país.**

El aporte más importante de la PUCP, en este mismo periodo inicial de estudio, corresponde al ingenioso sistema de ensayo cuasi-estático, de módulos completos de viviendas de adobe y que ha permitido simular adecuadamente las fuerzas laterales de sismo inclinando los modelos sobre una plataforma rebatible.

En el año 1977, se oficializan las primeras normas nacionales de diseño sismorresistente de las construcciones con adobe, sobre la base del proyecto desarrollado por la UNI.

En [6] se presenta un estudio sobre los hechos importantes del año 1980 con relación al tema que nos ocupa y que es necesario señalarlos:

- a. Se inicia en la Universidad Nacional del Cusco, el estudio de la problemática de las construcciones de adobe de la región, como proyecto del Instituto de Investigación del Convenio UNSAACNUFFIC (IIUN) que se creó este mismo año.
- b. Se dio inicio a los primeros estudios de la tecnología del adobe, orientada a la vivienda popular de dos pisos [7].
- c. Para este año, un equipo de investigadores de la PUCP [8], dirigido por Julio Vargas N., desarrolló una serie de aportes valiosos a la tecnología constructiva del adobe, entre los que se pueden resaltar los siguientes:
  - Verificación de las bondades del refuerzo interior de caña o carrizo, mediante el ensayo de módulos completos de viviendas de un piso en plataformas rebatibles.

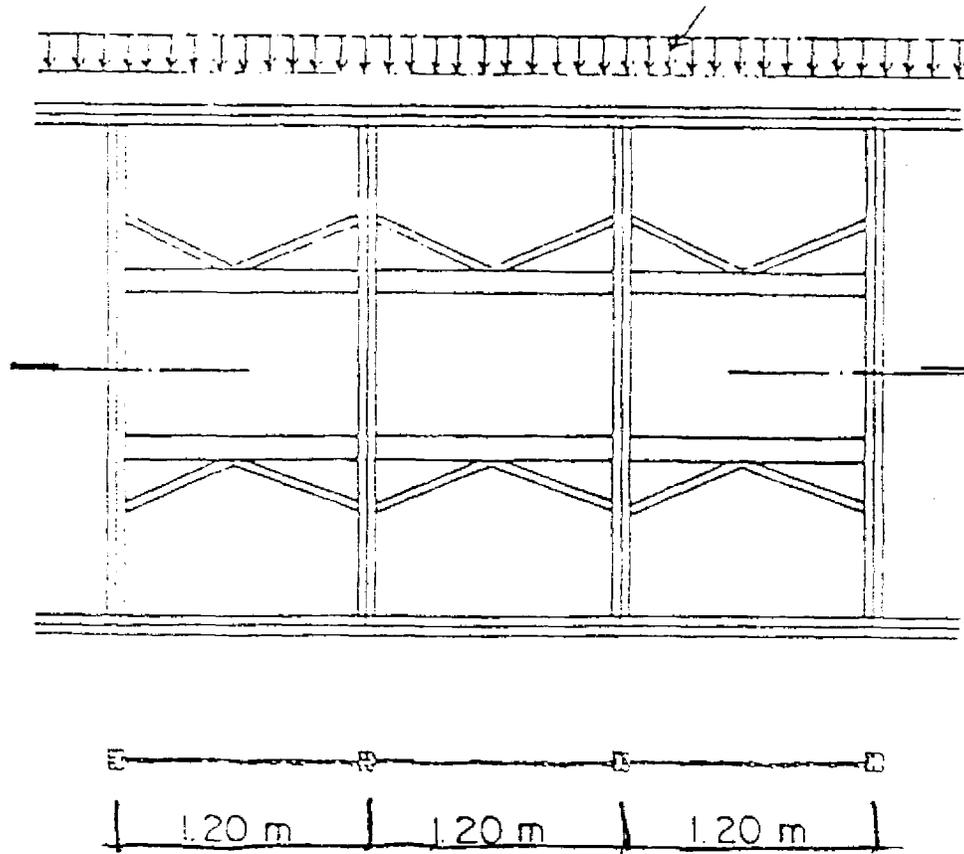


Fig. 2 Esquema de Paneles de Quincha

- Simplificación para la colocación del refuerzo vertical de caña o carrizo en el interior de los muros.
- Bases para un nuevo código sismorresistente para la construcción con adobe en el país.

En 1985, se aprobó la nueva Norma E080 para la construcción con adobe en el país, que recogió principalmente los resultados de las investigaciones desarrolladas en la PUCP hasta ese año. En este mismo año, se concluyó en el Cusco un estudio experimental de estructuras reforzadas con carrizo, que confirmó los resultados reportados anteriormente en la ciudad de Lima. El aporte principal de este estudio consistió en la utilización de elementos confiantes de suelo-cemento reforzados con carrizo, dispuestos horizontal y verticalmente en los bordes de los muros de adobes. Estos elementos confinantes mejoraron la resistencia y ductilidad de los muros y encuentros de muros, ante la acción de fuerzas laterales.

En 1986, resurgió en la UNSAAC el interés por el estudio de las construcciones de adobe de la región, como consecuencia del terremoto que sacudió la ciudad el día 05 de abril de dicho año. Al presente, un proyecto de investigación conjunto entre el CISMID y la UNSAAC sobre construcciones de adobe de dos pisos con el uso del método pseudo-dinámico se está desarrollando en los laboratorios de ambas universidades.

## INVESTIGACION EN QUINCHA

El desarrollo de investigaciones con quincha se lleva a cabo casi paralelamente al de las construcciones de adobe. Después del terremoto de 1970, a mediados de la década del '70, en la Facultad de Ingeniería Civil se inició el programa de investigación con quincha usando la caña brava, especie similar al bambú. Se denomina "quincha" a un entramado de caña brava o carrizo, el cual va enmarcado por listones de madera conformando paneles de forma rectangular y dimensiones variables. Fig. 2.

En [9] se presentan y discuten ensayos experimentales de muros "modernos" de quincha con variantes de entramado y tejido de la caña, llevados como parte de un

proyecto conjunto de investigación entre la UNI y otras instituciones. Estas fueron sometidos a carga lateral en su plano (corte); a flexión, con y sin revestimiento de barro; y a compresión axial. A base de estos ensayos desarrolló una metodología de diseño de edificaciones construidas con muros de quincha, a fin de verificar su capacidad de resistir fuerzas sísmicas. Esta metodología ingenieril tiene por objetivo suministrar una herramienta racional a los profesionales de la construcción en el país con la finalidad de garantizar un mínimo de seguridad a los usuarios de este sistema constructivo.

Los muros de quincha demuestran poseer una gran capacidad para las cargas laterales y para la compresión axial. Es posible conseguir adecuada resistencia sin la presencia de riostras diagonales, así como usar paneles de mayor longitud (2.4 metros) que evitan la duplicación de los pie-derechos de madera. Muros con la caña horizontal también presentan adecuada resistencia y merecen una investigación experimental específica. La contribución de la caña o componente de quincha en la resistencia a la compresión es de alrededor del 40 % de la del panel total, considerada ésta como la suma de la contribución de la madera y de la quincha (caña y barro).

La metodología de diseño se basa en la determinación de cargas admisibles para las distintas solicitaciones y propone un procedimiento de verificación de la capacidad de la edificación sobre la base de la disponibilidad de muros y su aporte de resistencia.

En [10] se presenta el desarrollo de un método de quincha prefabricado conformando paneles que mejora la construcción tradicional de viviendas con el uso de este material.

## **EL ROL DEL CISMID**

### **INTRODUCCION**

Los desastres que azotaron el país en la década del '70, debido principalmente al terremoto de Ancash en 1970 referido previamente y después los sismos de Lima en 1974 y de Arequipa en 1979 entre otros, pusieron en evidencia la necesidad de construir viviendas más seguras y tomar medidas para mitigar los efectos de los sismos.

Conscientes de esta necesidad, profesores universitarios, profesionales, nuestros mejores expertos en ingeniería sísmica dedicaron sus esfuerzos, tal como se ha indicado brevemente, llevando a cabo investigaciones para el desarrollo de técnicas de diseño sismo-resistente de viviendas de adobe, quincha, madera y albañilería.

Un grupo de profesores del Departamento de Estructuras de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, en particular quienes habían realizado estudios de post-Grado en los Estados Unidos, Japón y otros países de tecnología avanzada, visualizaron la necesidad de crear un centro para hacer frente de manera planificada a los desastres provocados por fenómenos naturales que afectan el país, para tratar de reducir las severas pérdidas causadas por dichos fenómenos, optimizando los escasos recursos humanos y financieros en el país, reforzándolos adecuadamente con ayuda exterior.

### **OBJETIVOS**

El CISMID es un centro académico de investigación que estudia de manera multidisciplinaria y en coordinación con otras instituciones interesadas a los desastres naturales que ocurren en el Perú. El principal objetivo del Centro es estudiar, desarrollar y mejorar sistemáticamente tecnologías para reducir drásticamente el número de víctimas y las pérdidas materiales causadas por los desastres naturales tales como sismos, inundaciones, deslizamientos, avalanchas, huaycos, fallas del suelo y otros.

El CISMID difunde los resultados y técnicas desarrollados en el Perú y otros países particularmente en el Japón, con el objetivo de mitigar los efectos de los desastres, actuando de una manera planificada en las zonas afectadas por los desastres, para proteger a la población y a las instalaciones. El CISMID colabora también en las actividades del Instituto Nacional de Defensa Civil.

El CISMID tiene además entre sus objetivos realizar investigaciones conjuntas con instituciones nacionales y de los países latinoamericanos para desarrollar tecnologías de diseño en construcciones convencionales y no convencionales con materiales existentes en cada zona.

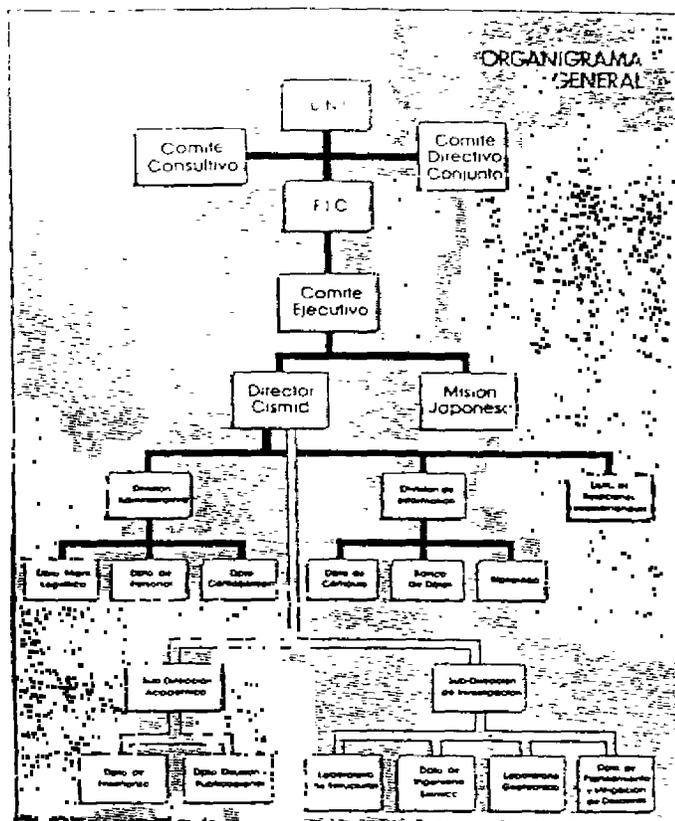
Las necesidades de vivienda de bajo costo se han incrementado en las últimas décadas en nuestros países. El uso de materiales en las estructuras difiere de una zona a otra, asimismo, los fenómenos naturales que afectan las estructuras tales como terremotos, vientos, nieve, huaycos, inundaciones y otros, originan riesgos y efectos diferentes por lo cual se hace necesario estudiar estos fenómenos en cada región en particular. El CISMID tiene también entre sus objetivos estudiar mediante investigaciones conjuntas los fenómenos naturales para determinar los riesgos y brindar a las construcciones la seguridad necesaria.

El CISMID fue construido por la Facultad de Ingeniería Civil (FIC) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) el 16 de junio de 1986, y ratificado por Resolución Rectoral de la UNI el 30 de octubre de 1986.

La organización del Centro está bajo la responsabilidad de la UNI a través de la FIC.

EL Centro cuenta con el auspicio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYCTEC) y con la cooperación técnica y económica del Gobierno del Japón a través de su Agencia de Cooperación Internacional (JICA). La forma de la cooperación del Gobierno del Japón en la organización del CISMID está contenida en el Acta de discusiones firmada el 26 de Junio de 1986.

El esquema general de la organización del CISMID es presentado en la Fig. 3.

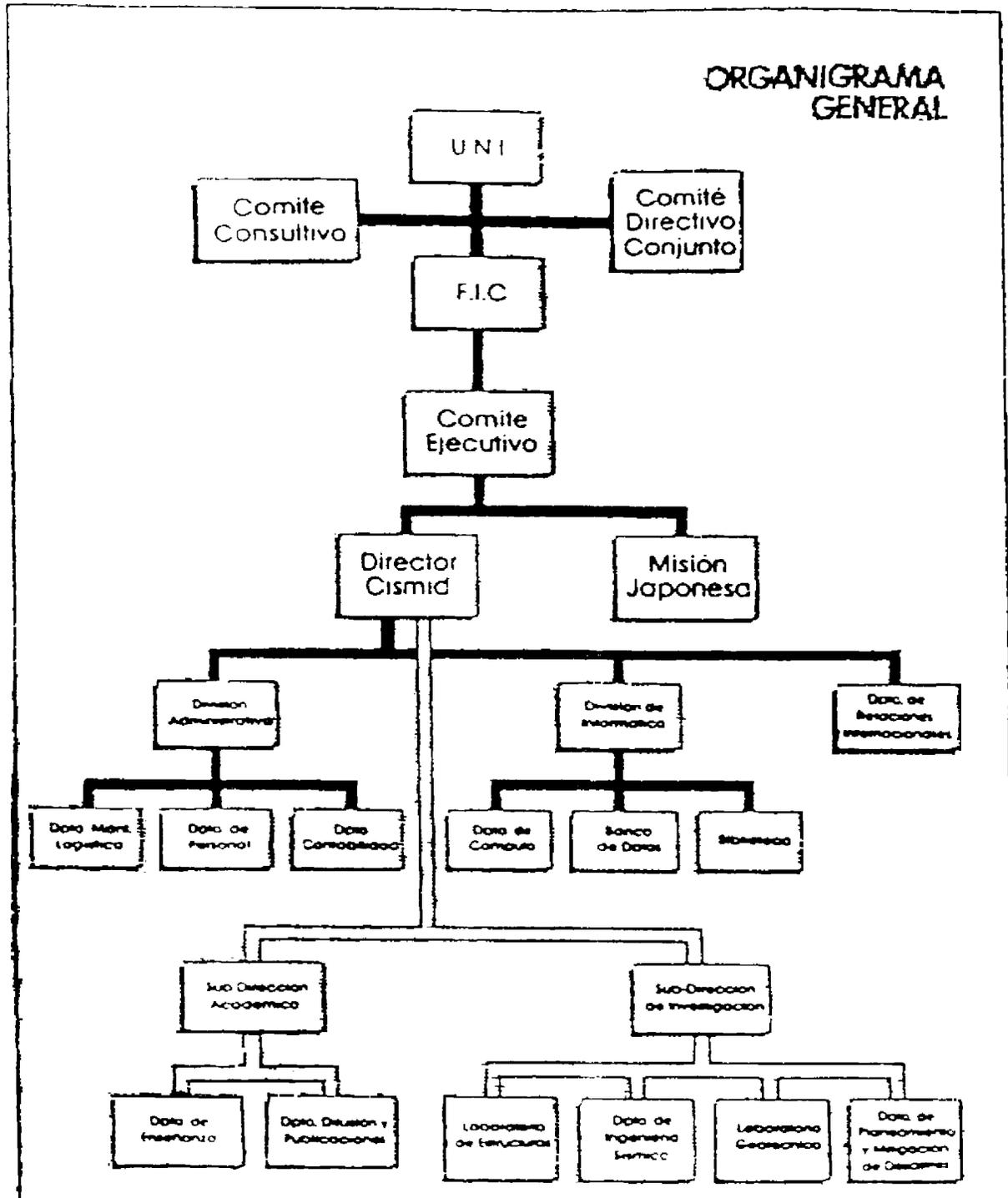


Ver Fig. 3 en la siguiente página.

## ACTIVIDADES

**Académicas.-** Las actividades académicas están dirigidas a los estudios de post-grado, los cuales son ofrecidos por la FIC de la UNI a través de su sesión de Post-grado. El CISMID apoya los estudios de Post-grado conducentes a la Maestría en Ciencias con mención en Ingeniería Estructural y Geotécnica. Los profesores investigadores del CISMID dictan los cursos del Post-grado, el CISMID ofrece sus instalaciones como son su Centro de Cómputo, aulas, laboratorios, biblioteca y otros para la realización de los estudios de Maestría. De acuerdo a la ley, la duración de los estudios en el Programa de Maestrías es de dos años.

El esquema general de la organización del CISMID es presentado en la Fig. 3.



**El programa de Segunda Especialización en Ingeniería Sísmica tiene el objetivo de mejorar el nivel de conocimientos de los ingenieros y profesionales relacionados a los campos del diseño estructural, ingeniería geotécnica y planeamiento para mitigación de desastres, sobre técnicas de mitigación de desastres en el área de la ingeniería sísmica. La duración del programa es de un año.**

**Los cursos de Extensión de corta duración son ofrecidos por el CISMID en tópicos relacionados a la Ingeniería Antisísmica, Geotécnica y Mitigación de Desastres. La duración de los cursos es de dos a tres semanas.**

***Investigación.*- Las actividades de investigación en el CISMID tienen los siguientes objetivos:**

- 1) Conducir investigaciones experimentales y analíticas necesarias para mejorar el comportamiento sismo-resistente de las construcciones en el Perú, contribuyendo así al desarrollo de técnicas económicas y sismo-resistentes de construcción.**
  
- 2) Evaluar la seguridad contra desastres naturales a nivel regional y urbano, y desarrollar medidas para mitigar los desastres, evitando pérdidas humanas y en propiedades.**

**Los tópicos más importantes de investigación bajo ejecución son:**

- 1 Investigación y desarrollo de la tecnología de materiales de construcción. La primera fase consiste en estudiar los componentes estructurales en construcciones de albañilería.**

2. **Desarrollo de métodos para microzonificación de áreas urbanas.** El estudio abarca a las ciudades de Lima, Huaraz, Tacana, Chimbote, Talara, Arequipa, Majes, Cuzco, Rioja, Moyobamba y otras.
3. **Evaluación de la seguridad y mitigación de desastres a nivel urbano y regional.** Los trabajos de investigación se han iniciado para la ciudad de Lima y la Región Grau.

Además de los tópicos de investigación indicados, los investigadores del CISMID están trabajando en otros campos similares, auspiciados por agencias de cooperación. Entre éstos tópicos están los siguientes:

- 1) Estudios de riesgo sísmico,
- 2) Arcillas expansivas,
- 3) Areas propensas a deslizamientos y avalanchas
- 4) Sismos recientes (Loma Prieta, Rioja)
- 5) Red de acelerógrafos
- 6) Licuación de suelos
- 7) Suelos colapsables y otros

Los fondos de investigación son obtenidos del Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI), JICA, CONCYTEC, y otros organismos.

*Difusión y Publicaciones.*- Los resultados de las investigaciones del CISMID y otros centros de investigación, así como las técnicas de mitigación de desastres desarrollados en el Japón y otros países, son presentados en Seminarios y Simposios de duración variable. Estas actividades se han iniciado en 1987 con los Simposios Nacionales de Prevención de Desastres, que tiene como fecha central el 31 de mayo

(sismo de Ancash de 1970), y los Seminarios CISMID de Microzonificación Sísmica, Diseño Sísmico de Estructuras y Planeamiento para Mitigación de Desastres, los cuales se realizan en noviembre de cada año. Las conferencias de los Seminarios y Simposios son ofrecidas por investigaciones y especialistas del Japón y del Perú.

A partir de 1989 se ha iniciado un convenio por cinco años entre la UNI y la JICA para realizar un programa de Seminarios Internacionales en Terceros Países. El primer seminario, realizado en Agosto de 1989 tuvo como tema el "Planteamiento, Diseño, Reparación y Administración de Hospitales en Zonas Sísmicas". En 1990 se realizó el "Seminario Internacional sobre Microzonificación Sísmica y Seguridad de Líneas de Servicios Públicos Vitales". En los años siguientes se desarrollarán los de diseño sísmico de albañilería y planeamiento para mitigación de desastres. En estos seminarios internacionales participan 20 profesionales ingenieros, arquitectos y planificadores de los países latinoamericanos y 10 participantes del Perú. Se presentan conferencias y experiencias a cargo de expertos venidos del Japón, Estados Unidos y de los países de Latinoamérica. Los investigadores del CISMID presentan los trabajos de investigaciones realizadas así como los resultados de sus experiencias durante los seminarios.

Los trabajos presentados y textos de conferencias dictadas en Simposios, Seminarios y cursos de corta duración se publican y luego se difunden entre las instituciones nacionales y de la región.

## **FACILIDADES Y EQUIPAMIENTO**

**Las facilidades del CISMID están localizados en un área de 10,000 metros cuadrados en la zona norte del Campus de la UNI.**

**Esta compuesto por los siguientes edificios:**

- 1) Académico-Administrativo.**
- 2) Laboratorio de Estructuras**
- 3) Laboratorio Geotécnico**
- 4) Auditorio (en construcción), dispuestos alrededor de la Plaza 31 de m Mayo.**

**El edificio académico-administrativo cuenta con dos pisos, y comprende la Dirección, Centro de Cómputo, Departamento de Planeamiento y Mitigación de Desastres, Departamento de Relaciones Internacionales, Biblioteca, aulas de clase y oficinas administrativas y de investigadores.**

**El Laboratorio Geotécnico es un edificio de dos pisos y cuenta con oficinas de investigación, áreas de ensayos de laboratorio y oficinas administrativas. El equipamiento ya operático se emplea en ensayos de perforación, ensayo triaxial estático, cono holandés, corte directo, consolidación, compresión no-confinada, así como clasificación de suelos. El sistema de adquisición de datos de la red nacional de acelerógrafos se encuentra instalado en este laboratorio.**

**El Laboratorio de Estructuras es la instalación más importante en el CISMID. En este laboratorio se pueden conducir ensayos estáticos y pseudo-estáticos en elementos, componentes, modelos y estructuras a escala reducida o natural. También se pueden efectuar ensayos de materiales. Se dispone de un equipo de computación para la reducción y procesamiento de datos. La principal instalación de este laboratorio es el muro de reacción y losa de carga construídos de concreto**

pretensado. La capacidad del muro de reacción es de 3,00 ton-m en momento y 540 ton en cortante basal. También existe una máquina de ensayo universal de 300 ton de capacidad y sistemas de gatas hidráulicas de 100, 50 y 20 ton.

Una facilidad muy importante del CISMID es el Centro de Cómputo. Su núcleo es un procesador IBMR 9375 Modelo 60, con 8 Megabytes de almacenamiento y 2 discos con 800 MB de almacenamiento cada uno. Además el Centro de Cómputo cuenta con dos sistemas gráficos IBMR 5080 que utilizan CADAMR. Existen también 22 terminales, 10 de las cuales con capacidad gráfica a color, un digitizador, un ploteador formato A0 y computadoras personales para el control de equipos de los laboratorios. El equipamiento de los Laboratorios y Centro de Cómputo, así como los textos de la Biblioteca del CISMID, fueron donados por la JICA de acuerdo al Acta de Discusiones de su creación.

## INVESTIGACIONES EN ESTRUCTURAS DE ALBAÑILERIA

El CISMID dentro de sus planes de investigación realiza el estudio experimental de estructuras de mampostería de adobe y de albañilería de ladrillo. Estos trabajos se llevan a cabo por investigadores del CISMID en el Laboratorio de Estructuras: Este laboratorio significa el paso más importante en el futuro desarrollo de la investigación estructural de la sismorresistencia del adobe y ladrillo a nivel nacional y de los países de la región, porque posibilitará la ejecución de ensayos seudo dinámicos de módulos completos de viviendas de adobe de uno y dos pisos y de ladrillo hasta tres pisos a escala natural. Los ensayos seudodinámicos someten a los modelos a la historia de desplazamientos que corresponden al modelo matemático sujeto a un temblor real o artificial; pero con una velocidad controlada por los investigadores; de esta manera, los ensayos seudo dinámicos combinan las ventajas de los ensayos estáticos y dinámicos y están considerados actualmente como la mejor alternativa para el estudio de la sismorresistencia del adobe y las estructuras de albañilería.

El procedimiento experimental está basado en la aplicación del método pseudo dinámico. Este método consiste primero en idealizar a la estructura como un sistema de parámetros discretos tal que la ecuación del movimiento para este sistema puede representarse por ecuaciones diferenciales ordinarios de un segundo orden. Durante el ensayo pseudo dinámico la respuesta del desplazamiento es calculada en cada paso

de acuerdo a un registro de un sismo específico. Los desplazamientos son impuestos a la estructura de ensayo por medio de actuadores hidráulicos que están fijados a la estructura en ubicaciones donde los grados de libertad están definidos. Las fuerzas de restauración desarrolladas por las estructuras debidas a la deformación aplicadas son medidas por medio de traductores, los cuales son grabados por un sistema de adquisición de datos. La respuesta de desplazamiento en cada paso es calculada en base a los desplazamientos calculados previamente, así como las correspondientes fuerzas de restauración medidas durante el ensayo.

Esto se realiza a través de un método de integración paso a paso. Este procedimiento se esquematiza en las Figs. 4 y 5 y se repite hasta completar el ensayo.

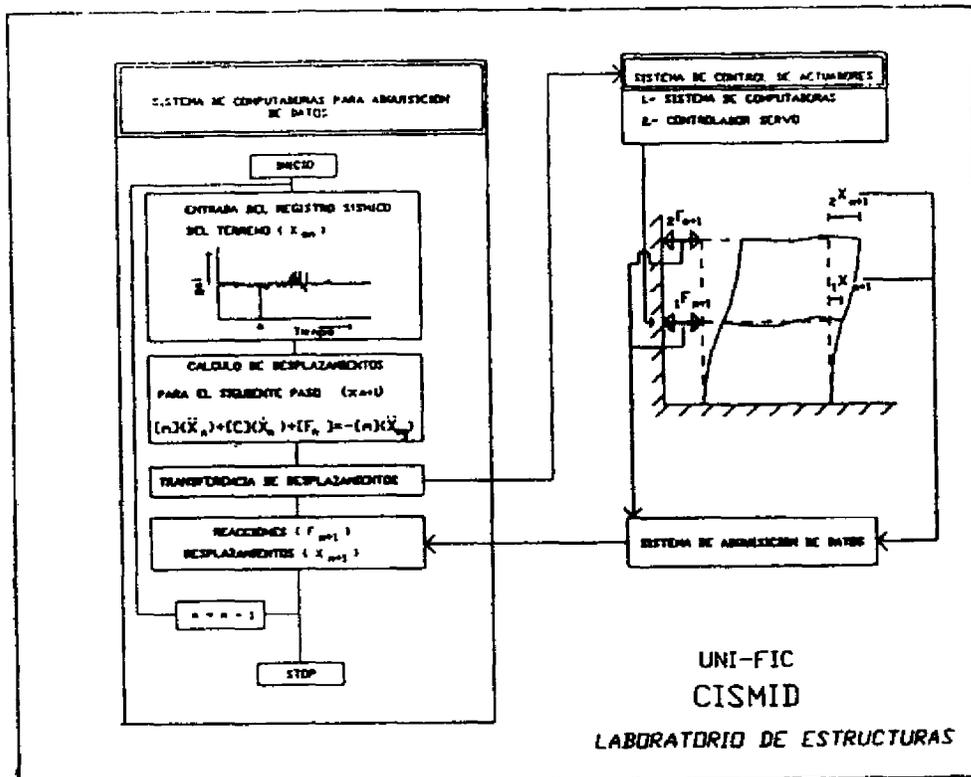


Fig. 4 Esquema del Procedimiento Analítico de los Ensayos

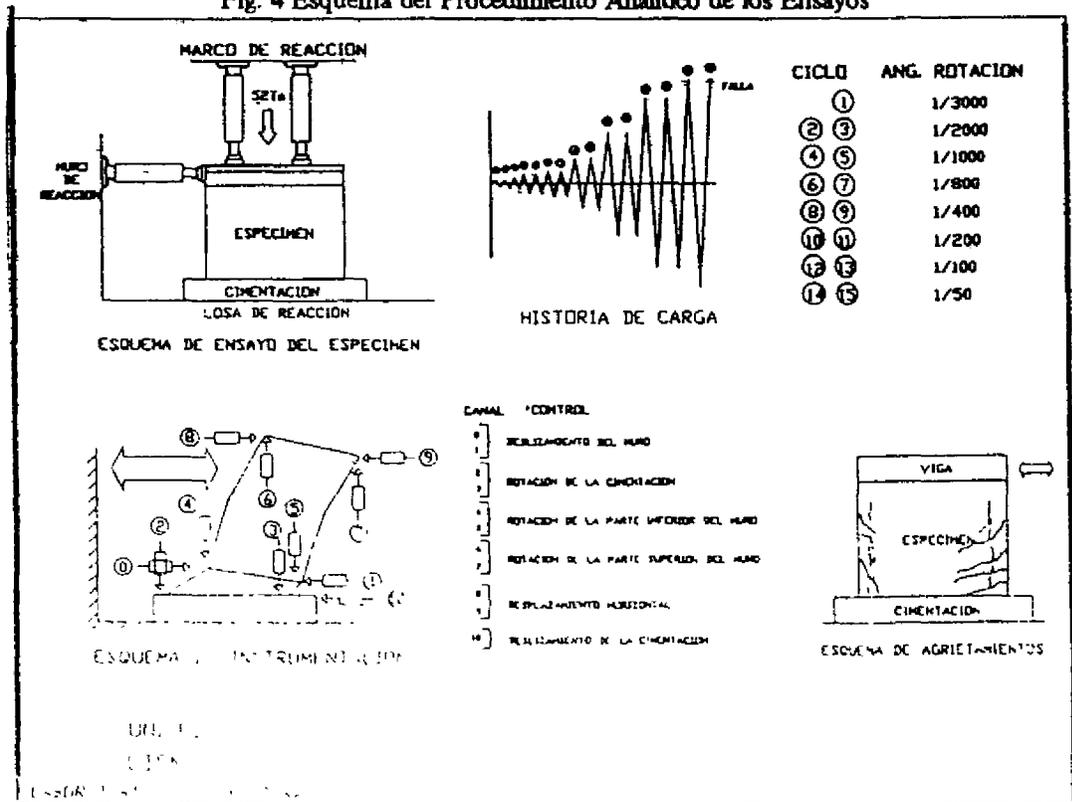


Fig. 5 Esquema de Ensayo e Instrumentación

## AGRADECIMIENTO

El autor desea presentar su agradecimiento a JICA por el auspicio recibido para asistir al Seminario Internacional de Seguridad Sísmica de Vivienda de Bajo Costo, realizada en Ciudad de México. Asimismo expresa su reconocimiento al Dr. Javier Piqué Del Pozo por su apoyo prestado con las referencias consultadas y transparencias a ser usadas en la presentación de este trabajo.

## REFERENCIAS

1. Yamashiro K. Ricardo, Sánchez O. Alejandro, Morales M. Roberto "Diseño Sísmico de Construcciones de Adobe".\_Primera Parte: Propuesta de Normas de Diseño de Construcciones de Adobe y Bloque Estabilizado.
2. Kuriwa Julio, Deza Ernesto, Jaén Hugo "Investigation on the Peruvian Earthquake of May 31, 1970" V Conferencia Municipal de Ingeniería Sísmica, Roma, 1973.
3. Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada, (CRYRZA) "Manual para la Construcción de Viviendas con Adobe". Lima, 1971.
4. Departamento de Estructuras y Construcción, Universidad Nacional de Ingeniería "Informe de Avance de la Investigación sobre Construcciones de Adobe". Lima, 1971.
5. Yamashiro K. Ricardo, Sánchez O. Alejandro, Morales M. Roberto "Diseño Sísmico de Construcciones de Adobe".\_Segunda Parte: Un Procedimiento de Diseño de Construcciones de Adobe. I Reunión Andina de Seguridad Sísmica. Lima, 1975.
6. Sovero M. Guillermo. "La Investigación Tecnológica del Adobe en el Perú". UNSAAC, Cuzco, 1990
7. Morales M. Roberto, Sánchez O. Alejandro, Torres C. Rafael, Morales M. Oswaldo. "Estudio Sísmico de Construcciones de Adobe de Dos Pisos". III Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Cuzco, 1980.
8. Vargas N. Julio "Comentarios a la Propuesta para el Código Peruano de Construcciones de Adobe". Seminario Latino Americano de Construcciones de Tierra en Areas Sísmicas. PUCP. Lima, 1973.

9. **Piqué Del Pozo Javier, Miranda H. Oscar, "Comportamiento de Muros de Quincha Alternativas y su Metodología del Diseño". Facultad de Ingeniería Civil, UNI.**
  10. **Kuroiwa Julio. "Prefabricated Quincha Construction". International Symposium on Earthquake Relief in Less Industrialized Areas, Zurich, March 28-30, 1984.**
- 
- \* **Director del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres CISMID de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI . Profesor Principal de la ONU.**