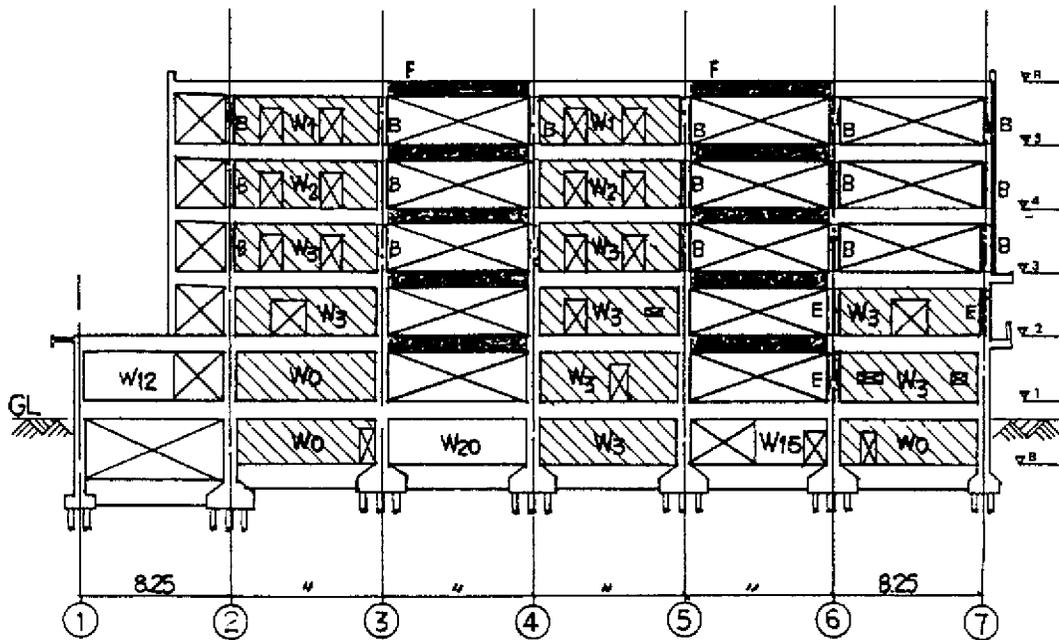


Véase la figura 7.5 para los símbolos A y B. El refuerzo cuyo símbolo es D consiste en encamisar con placas de acero. El refuerzo cuyo símbolo es E consiste en inyección de resina epóxica. W₁ representa muros reforzados incrementando su espesor.

Figura 7.6 Elevación del proyecto de refuerzo y reparación del eje G.



(1) W₀, W₁ y W₂ son muros nuevos, F es trabe reforzada, respecto a otros símbolos consultar las figuras 7.5 y 7.6

Figura 7.7 Elevación del proyecto de refuerzo y reparación del eje H

7.3.4 Puntos y aspectos importantes en la reparación y refuerzo de elementos

Los puntos importantes para la reparación y refuerzo de elementos son los siguientes:

a. Se elimina el concreto de las columnas de los marcos exteriores (ejes G y J) y del eje 3 de los niveles 3, 4 y 5 excepto las columnas de esquina, y se cuela nuevamente el concreto. En este caso se incrementa suficientemente la cantidad del refuerzo lateral (figura 7.8).

b. Con respecto a las otras columnas de los niveles 3, 4 y 5, se desprende el concreto de recubrimiento, se inyecta resina epóxica, se refuerza por cortante con malla de acero, y se cuela nuevamente el concreto de recubrimiento (figura 7.9).

c. Con respecto a las columnas de otros niveles, se emplearán métodos "secos" de encamisado con placas y ángulos de acero estructural. Las columnas que tienen agrietamientos, se inyectan con resina epóxica.

d. Se colocan los muros nuevos y se aumenta el espesor de los muros existentes en la medida de que sea horizontal y verticalmente regular la distribución de los mismos. Se refuerzan por cortante las trabes principales de acoplamiento (figura 7.10).

e. En caso de que no exista muro en el primero nivel abajo de los muros de los niveles superiores en la dirección corta, se refuerza la columna del sótano que está sometida a carga axial grande; se emplearán placas de acero en su cuatro lados (figura 7.11).

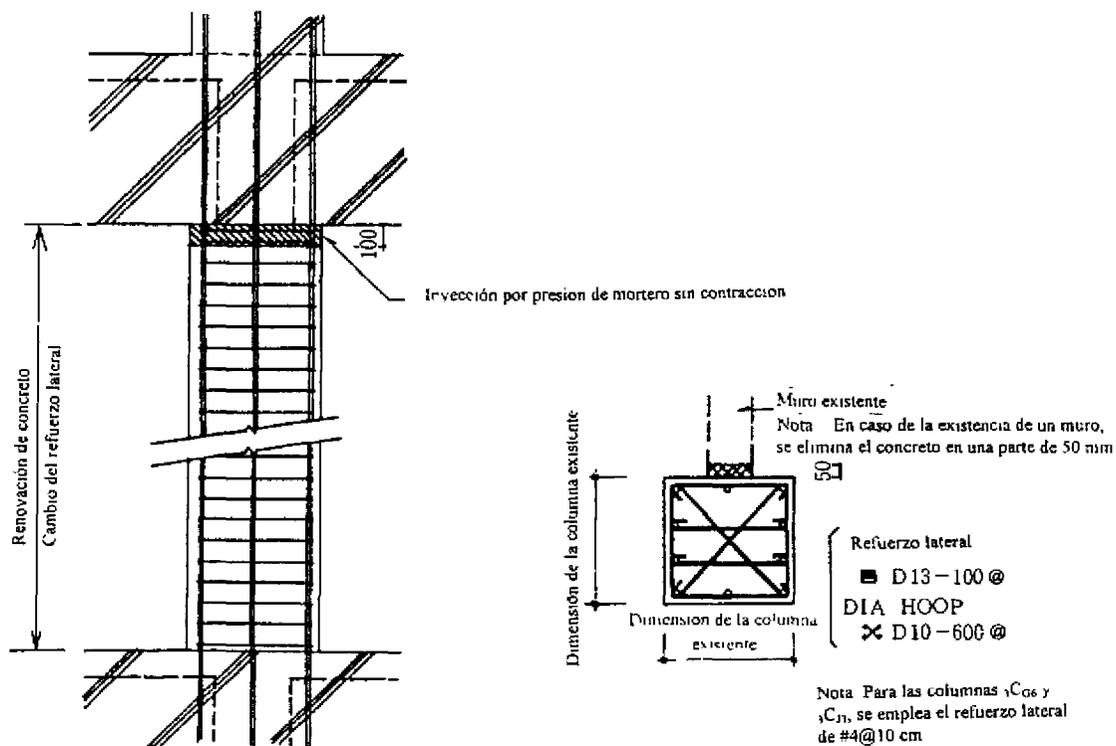


Figura 7.8. Refuerzo en columna con renovación de concreto

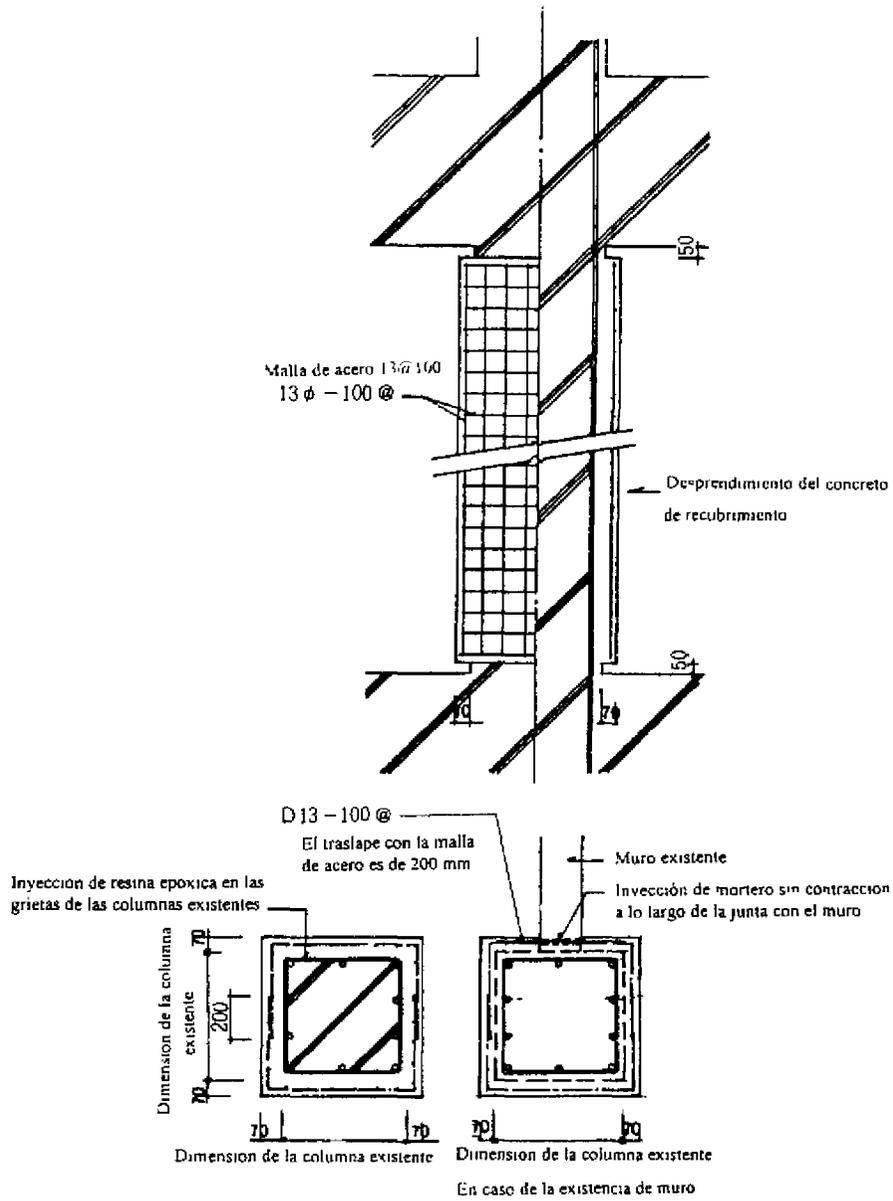


Figura 7.9 Columna reforzada con malla de acero

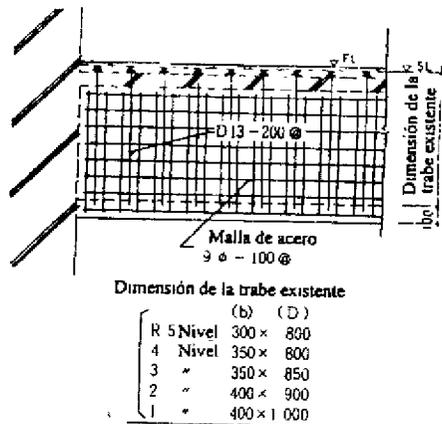
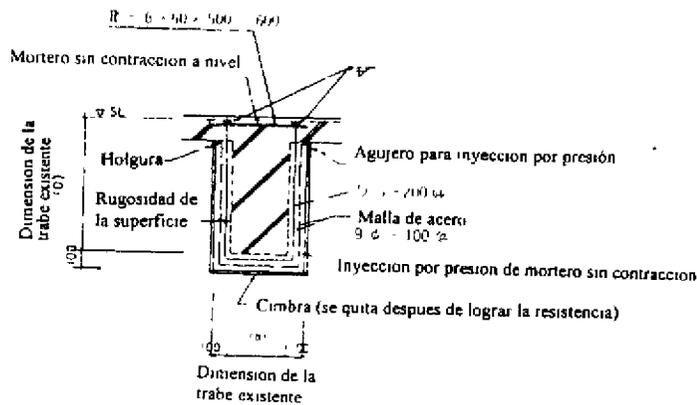


Figura 7.10 Refuerzo de trabe

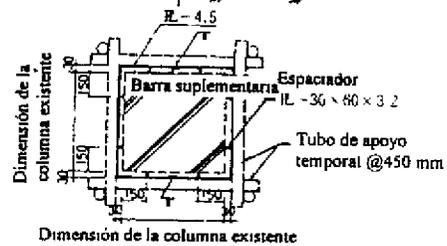
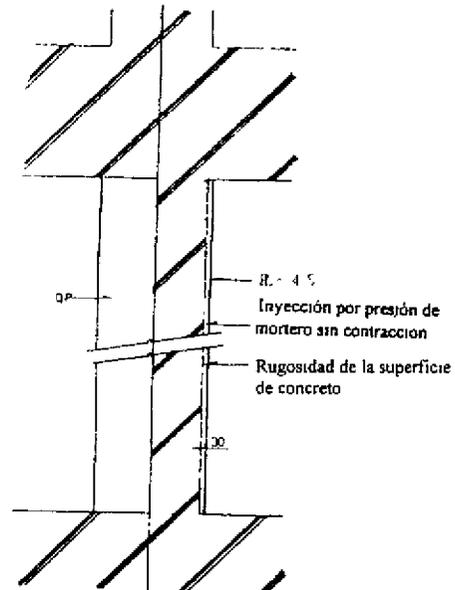


Figura 7.11 Columna reforzada con encamisado de placas de acero

7.4 Características de resistencia y comportamiento sísmico posterior al proceso de rehabilitación y refuerzo

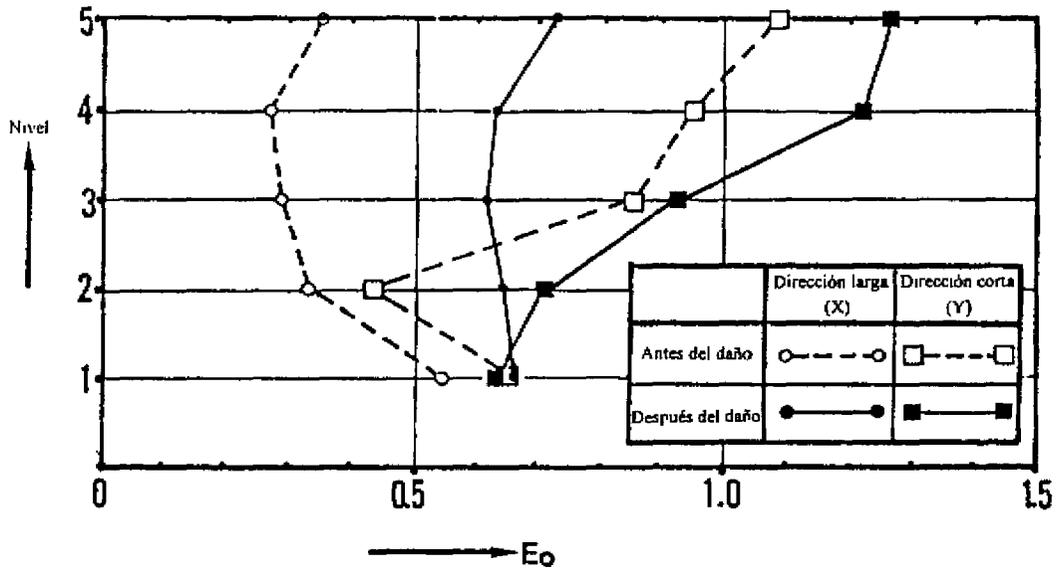
Se evaluó la resistencia sísmica del edificio en la condición anterior y posterior al daño, de acuerdo con el método de evaluación de la resistencia antisísmica de tercer nivel. Abajo se presenta el resumen.

a. Se mejoró bastante la resistencia y la capacidad de deformación de los elementos, principalmente en la dirección larga de los niveles 3 a 5. En consecuencia, el índice básico de capacidad E_0 aumentó tanto en la dirección larga de cada nivel, excepto en el sótano, como en la dirección corta. En la dirección larga, el valor de E_0 anterior al daño fue 0.27 (para el nivel 4) y 0.55 (para el nivel 1), y los valores de E_0 posterior al refuerzo fueron de 0.61 (para el nivel 3) y 0.72 (para el nivel 5). En la dirección corta, los valores fueron 0.44 (para el nivel 2), 1.10 (para el nivel 5) antes de la reparación, y 0.63 (para el nivel 1) y 1.26 para el nivel 5) después de la reparación (figura 7.12(a))

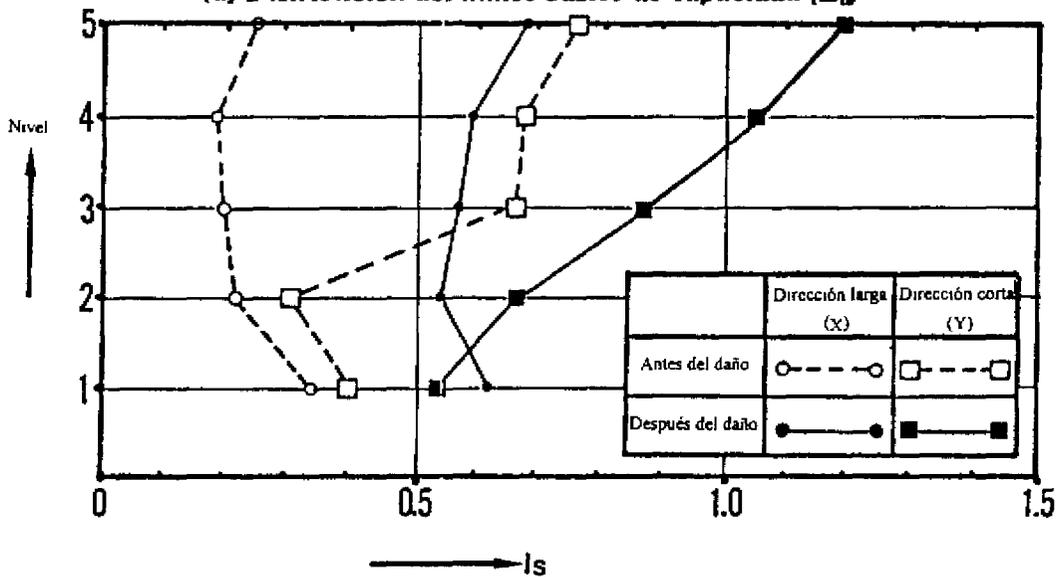
b. Excepto las rigideces relativamente bajas en la dirección larga de los niveles 1 y 2, la distribución vertical de rigidez se ha mejorado mucho por el refuerzo. La excentricidad de

cada nivel, debida a la diferencia en ubicación de los centros de rigidez y de gravedad, es pequeña tanto antes, como después del refuerzo.

c. Considerando el índice de resistencia sísmica de estructuras I_s , se observan aumentos desde 0.20 hasta 0.58 (2.9 veces) en la dirección larga del nivel 3, desde 0.19 hasta 0.60 (3.2 veces) en la misma dirección del nivel 4, desde 0.31 hasta 0.67 (2.2 veces) en la dirección corta del nivel 2, logrando así la meta de la capacidad y comportamiento sísmico. (figura 7.12(b))



(a) Distribución del índice básico de capacidad (E_o)



(b) Distribución del índice de resistencia antisísmica de la estructura (I_s)

Figura 7.12. Comparación de la capacidad y comportamiento antisísmico antes y después del refuerzo

(2) ESCUELA PREPARATORIA SEITOU DE LA PREFECTURA DE CHIBA

1. Introducción

En esta sección, se trata el edificio de concreto reforzado especial de aulas de la preparatoria Seitou de la prefectura de Chiba. Este edificio sufrió daño por el sismo de la costa Este de la prefectura de Chiba en diciembre de 1987. Se presentan, además, los resultados de la evaluación inmediata de emergencia, del nivel de seguridad y de la evaluación de la clasificación y del nivel de daño como ejemplo de aplicación de la norma de evaluación del nivel de daño.

2. Descripción del sismo

Se presenta un resumen de las características del sismo de la costa Este de la prefectura de Chiba (Referencia 5), objeto de este ejemplo de aplicación. En la figura 2.1, se muestran las intensidades de sitio en la vecindad y el epicentro, anunciados por la Agencia Meteorológica del Japón, también se indica la localización del edificio en estudio.

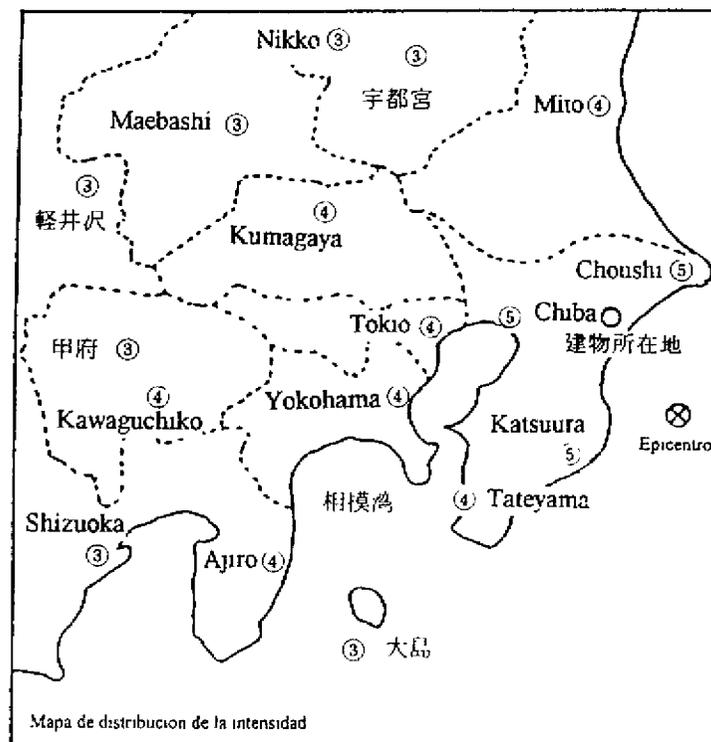


Figura 2.1 Distribución de intensidades

Se observaron grandes aceleraciones, de 684 cm/s^2 en la ciudad de Seitou de la prefectura de Chiba, y 400 cm/s^2 en el laboratorio de la Universidad de Tokio en Chiba. Sin

embargo, no se constituyó en un sismo destructivo, ya que como se pudo observar en los datos del laboratorio de la Universidad de Tokio, las grandes aceleraciones en la dirección NS sobresalen y predominan en rangos de período corto, menor de 0.2 s.

Fecha y hora	17 de diciembre, 1987, 11:08 h
Epicentro	latitud Norte 35°21'; longitud Este 140°29'; profundidad: 58 km
Magnitud	M=6.7
Intensidades	V: Choushi, Chiba, Katsuura IV: Tokio, Yokohama, Tateyama, Kumagaya, Mito, Ajiro, Kawaguchiko III: Maebashi, Shizuoka, Nikko, etc.

3. Descripción del edificio y del daño

3.1 Descripción del edificio

Nombre:	Preparatoria Seitou de la prefectura de Chiba, edificio especial de aulas
Localización:	Seitou, Seitou-chou, Sanbu-gun, Chiba
Estructuración:	Concreto reforzado, 4 pisos
Año de construcción:	1986

En la fotografía 1, se muestra la vista exterior sur del edificio, y en la fotografía 2, la vista exterior norte del mismo. También, en la figura 3.1, se muestra la planta del nivel 1, y en la figura 3.2, la elevación del eje A. Como se ha mostrado en las fotografías y las figuras, la estructura de este edificio es de marcos resistentes a momento en la dirección larga, y combinación de marcos resistentes a momento y muros estructurales en la dirección corta. Casi todas las columnas del marco norte son columnas cortas, que es el problema típico en edificios escolares. Únicamente ocho ejes de la dirección corta se estructuraron con marcos resistentes a momento, por lo que forman 8/18 parte de todos los ejes en esa dirección.

3.2 Descripción del daño

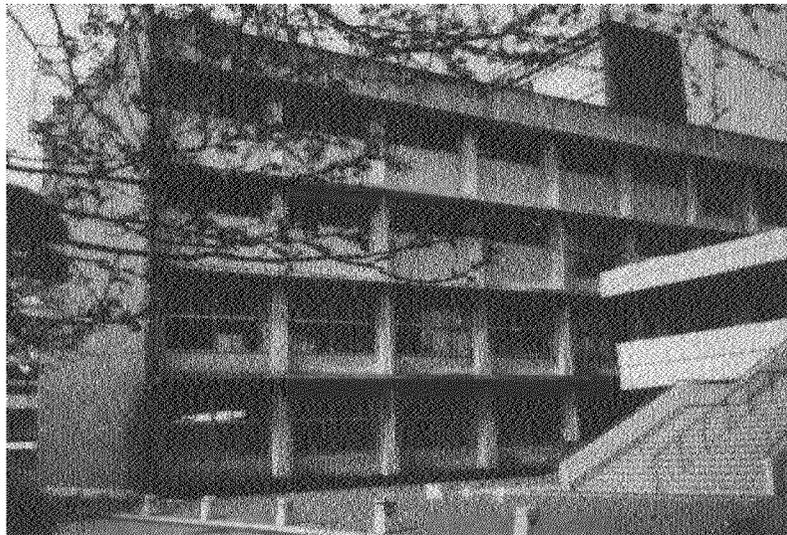
En las figuras 3.1, 3.2 y las fotografías 3 a 14, se muestra el resumen del daño del edificio (referencia 6). El daño se concentró en el marco exterior norte; en el marco exterior sur y los marcos de la dirección corta no se presentaron daños significativos. Consultando estos datos, se puede resumir la condición de daño como sigue:

- No hubo asentamientos del terreno ni desplomo.
- Aunque se puede evaluar el daño del edificio total como medio, existen algunas partes que sufrieron daño severo a grave.
- En la dirección corta, casi no se observó daño, ni en el marco sur de la dirección larga. Las columnas del marco interior en la dirección larga prácticamente no sufrieron daño, aunque los muros no estructurales, especialmente del nivel 1, presentaban agrietamiento diagonal. Al contrario, muchas columnas cortas y muros no estructurales del marco norte presentaron agrietamiento severo (fotografía 2 y figura 3.2).

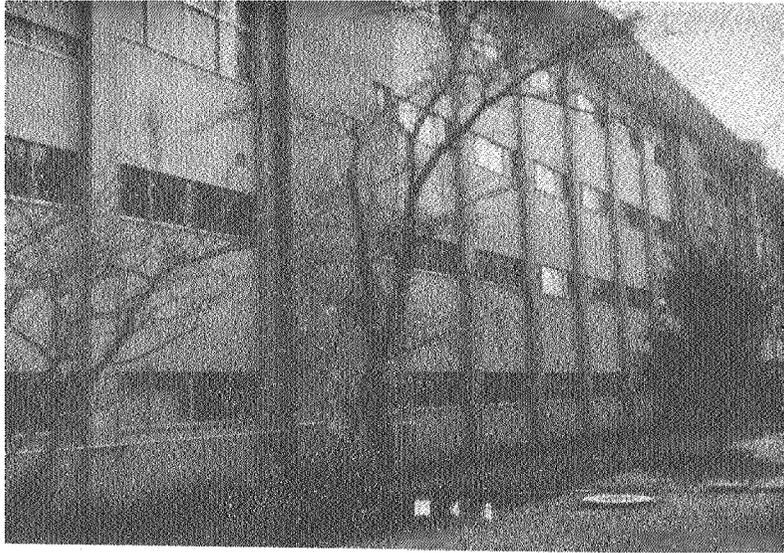
- El muro en voladizo de la escalera exterior de la fachada Oeste en la dirección corta, falló por flexión fuera del plano en el último piso, inclinándose hacia el Oeste (fotografía 14)

- En los niveles 1 y 2 del marco norte, se observaron agrietamiento por cortante en las columnas con anchura mayor a 1 mm; algunas de ellas perdieron parcialmente el mortero o el concreto de recubrimiento (fotografías 3, 4, 6, 7 y 8). También gran cantidad de muros no estructurales se agrietaron severamente por cortante.

- En los niveles 3 y 4 del marco norte, la mayoría de las columnas se agrietaron por flexión en sus extremos, pero todas las anchuras de las grietas son aproximadamente de 0.1 mm, y se pueden catalogar como daños ligeros, comparando con el nivel de daño de los niveles 1 y 2



Fotografía 1. Aspecto de la fachada sur. Aunque existen columnas cortas, no se observan los agrietamientos notables.



Fotografía 2. Aspecto de la fachada Norte. Casi todas las columnas son cortas, con los parapetos o muros parciales ligados. Prácticamente la mitad de las columnas de los niveles 1 y 2 se agrietaron diagonalmente y se clasificaron con nivel de daño III (una de ellas se clasificó como IV)

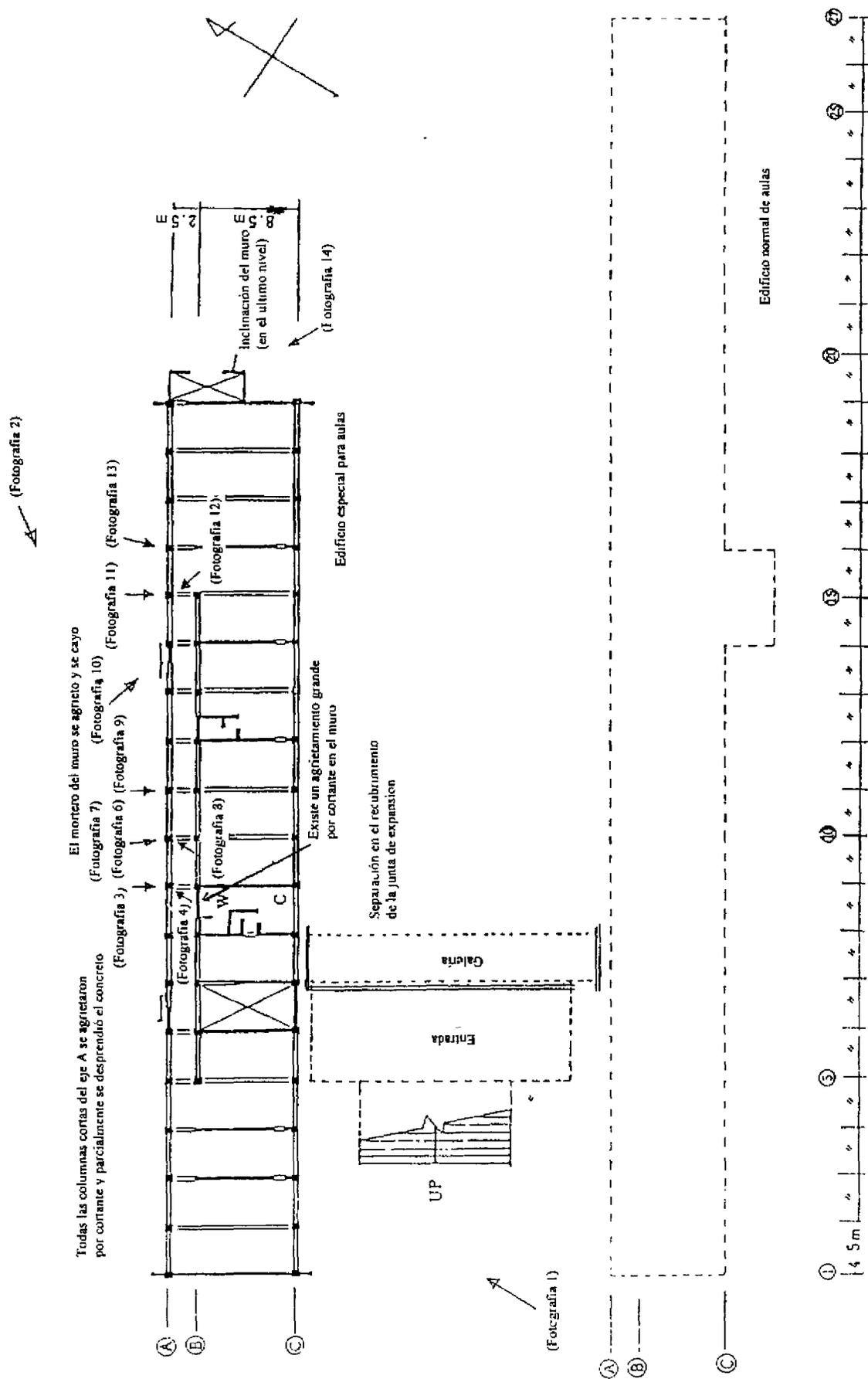


Figura 3.1 Planta del primer nivel de la preparatoria Seitou y la condición de daño

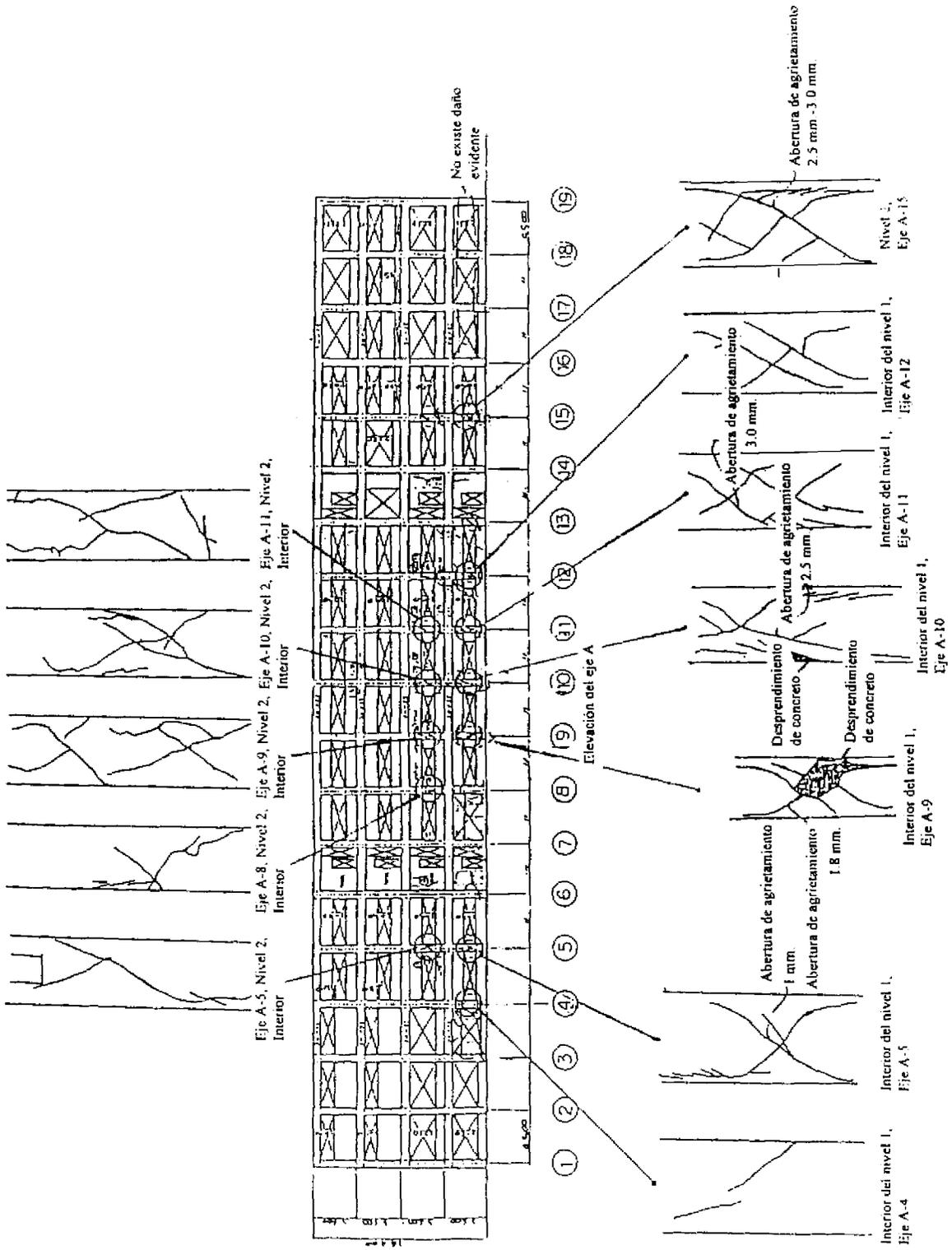


Figura 3.2 Bosquejo del patrón de agrietamiento en el interior del eje A del edificio especial para aulas de la preparatoria Seitou