EVOLUCIÓN DE LAS NORMAS SÍSMICAS EN EL PERÚ

ANTONIO BLANCO BLASCO
INGENIEROS E.I.R.L.

PRESENTACIÓN HECHA A SOLICITUD DE:

LA ASOCIACIÓN CAPITULO PERUANO DEL INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO ACI-PERÚ

MAYO 2010

ESTA CONFERENCIA TIENE COMO OBJETIVO HACER UNA PRESENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LAS NORMAS SÍSMICAS EN EL PERÚ, DESDE EL AÑO 1970, ASÍ COMO LA EVOLUCIÓN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE EN EDIFICACIONES EN CONCRETO ARMADO.

Participaron en su elaboración la Ing. Carmen del Río y la Bachiller Karla Abad, de mi oficina.

HISTORIA DE LAS NORMAS SÍSMICAS PERUANAS

EN 1970 SE PUBLICA EL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES, INCLUYENDO EN EL CAPÍTULO IV , LAS EXIGENCIAS PARA “SEGURIDAD CONTRA EL EFECTO DESTRUCTIVO DE LOS SISMOS”.

PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FUERZA SÍSMICA LATERAL SE USABA LA EXPRESIÓN:

$$H = U\ K\ C\ P$$

MAPA DE REGIONALIZACIÓN SÍSMICA (1970)

COEFICIENTE SÍSMICO "U"

SEGÚN LA REGIONALIZACIÓN

SÍSMICA Y USO DE LA EDIFICACIÓN

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	REGIÓN 1	REGIÓN 2	REGIÓN 3
A	VIVIENDAS RURALES Y VIVIENDAS POPULARES (VER RECOMENDACIONES DADAS EN EL APÉNDICE A)		
B	1	0.8	0.6
C	1.2	1	0.7
D	ESTRUCTURAS ESPECIALES (REACTORES ATÓMICOS, ETC.)		

LAS EDIFICACIONES TIPO “B” SON LAS CONSTRUCCIONES COMUNES , COMO VIVIENDAS UNIFAMILIARES, MULTIFAMILIARES, OFICINAS, ETC.

LAS EDIFICACIONES TIPO “C” SON EDIFICIOS CON AGLOMERACIONES DE PÚBLICO, COMO TEATROS, ESTADIOS, COLISEOS, COLEGIOS, ETC. ADEMÁS DE SERVICIOS PÚBLICOS COMO CENTRALES ELÉCTRICAS, PLANTAS DE AGUA, HOSPITALES, CÁRCELES, ETC.

Valor de K	Tipo de Estructura
1.33	Estructura tipo cajón con muros.
1.00	Estructura mixta con muros y pórticos.
0.80	Estructura con pórticos dúctiles para resistir el 25% del cortante en la base.
0.67	Estructuras solamente con pórticos dúctiles.

VALOR DE “C”

“C” ES EL FACTOR QUE DETERMINA EL PORCENTAJE DE LA CARGA PERMANENTE MÁS UNA PARTE DE LA CARGA VIVA QUE DEBE TOMARSE COMO CORTANTE SÍSMICO EN LA BASE. SE CALCULA CON:

$$C = \frac{0.05}{\sqrt[3]{T}}$$

PERIODO DE LA ESTRUCTURA (T)

T (seg.)	Tipo de Estructura
$T = \frac{0.09\,h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras solamente con pórticos.
$T = \frac{0.05\,h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras rígidas con gran cantidad de muros.
$T = \frac{0.07\,h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras mixtas.

T se podía estimar con T = 0.1(número de pisos)

NO EXISTÍA UN FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DE LA FUERZA, DEBIDO A TENER UN SUELO BLANDO O DURO.

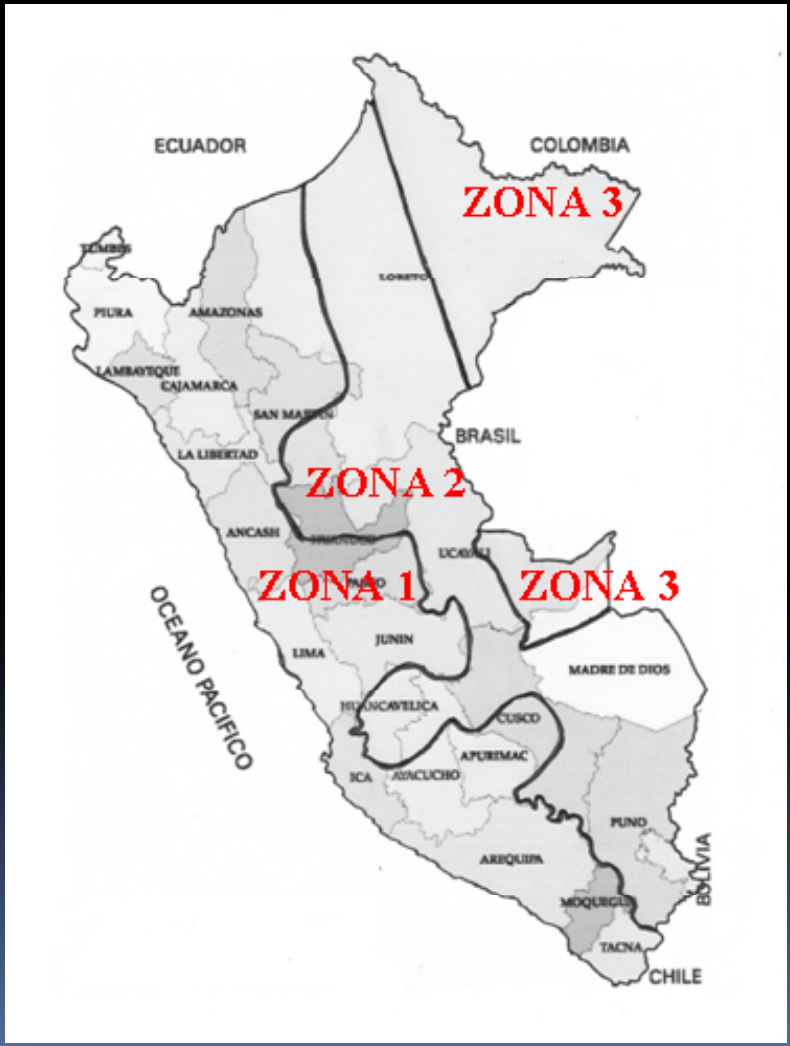
SE INDICABA QUE EL PROFESIONAL AUTOR DEL PROYECTO DETERMINARÍA EL AUMENTO DE LOS COEFICIENTES SÍSMICOS QUE SE PUDIERA REQUERIR SEGÚN LA NATURALEZA DEL TERRENO.

EN 1977 SE APRUEBA LA INCORPORACIÓN DE LA NORMA BÁSICA DE DISEÑO SISMORRESISTENTE AL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES, LA CUAL REEMPLAZA A LA ANTERIOR.

EN ESTA NUEVA NORMA EL CÁLCULO DE LA CORTANTE TOTAL EN LA BASE, SE OBTIENE DE:

$$H = \frac{ZUSCP}{R_d}$$

EN ESTA NUEVA NORMA SE DEFINEN 3 NUEVAS ZONAS SÍSMICAS:



FACTOR “Z”

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
1.0	0.7	0.3

VALORES DE “U”

CATEGORÍA A	CATEGORÍA B	CATEGORÍA C
Decide el Proyectista	1.3	1

FACTOR “S” - VALOR DE Ts

SUELO	"S"	Ts(seg.)
I	1.0	0.3
II	1.2	0.6
III	1.4	0.9

COEFICIENTE SÍSMICO “C”

$$C = \frac{0.8}{\frac{T}{Ts} + 1}$$

CARACTERISTICAS DE LA EDIFICACIÓN	Rd
Edificios de concreto armado aporticados. Edificios de pórticos de acero.	6.0
Edificios de concreto armado con pórticos dúctiles especiales y muros de corte en los que:	5.0
a) Los pórticos y muros de corte resistirán la fuerza horizontal total según sus rigideces.	
b) Los pórticos tendrán la capacidad para resistir no menos del 25% de la fuerza horizontal.	
Edifcios similares a los del caso anterior excepto que sus pórticos y/o muros no satisfacen íntegramente los requisitos especiales de ductilidad.	4.0
Edificios de madera y de acero no incluídos en otros casos.	
Edificios en los que las fuerzas horizontales son resistidas por muros de corte.	3.0
Tanques elevados, silos y estructuras tipo péndulo invertido.	
Edificios con muros de albañilería confinada o armada.	2.5
Edificios con muros de abañilería sin confinar, construcciones de adobe y otros.	1.5

EL PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN “T” SE DETERMINARÁ MEDIANTE PROCEDIMIENTOS TEÓRICOS QUE CUMPLAN CON LAS ECUACIONES DE LA DINÁMICA Y QUE CONSIDEREN LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y LA DISTRIBUCIÓN DE MASAS DE LA EDIFICACIÓN.

DE NO USARSE LOS PROCEDIMIENTOS ANTERIORES, EL PERIODO PUEDE DETERMINARSE CON LAS SIGUIENTES EXPRESIONES, LAS CUALES SE APLICAN EN CADA DIRECCIÓN DE ACUERDO A LA ESTRUCTURACIÓN CORRESPONDIENTE.

PERIODO DE LA ESTRUCTURA (T)

T (seg.)	Tipo de Estructura
$T = 0.08N$	Para estructuras solamente con pórticos.
$T = \frac{0.09h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras solamente con pórticos y cajas de ascensores.
$T = \frac{0.05h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras rígidas con gran cantidad de muros.
$T = \frac{0.07h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras mixtas.

EN 1996 OCURRIÓ EL SISMO DE NAZCA, DONDE SE OBSERVÓ COLEGIOS NUEVOS SERIAMENTE DAÑADOS.

EJERCITO DEL PERU
EP-
PELIGRO

EN ESTE SISMO DE NAZCA SE COMPROBÓ QUE LAS DEFORMACIONES LATERALES DE LOS EDIFICIOS ERAN MAYORES QUE LOS RESULTADOS QUE SE OBTENÍAN CON LOS COEFICIENTES DE LA NORMA SÍSMICA DE 1977.

SE DECIDIÓ CAMBIAR LA NORMA.

EL NIVEL DE FUERZAS NO SUFRIÓ CAMBIOS GRANDES, SÓLO LIGEROS AJUSTES, PERO SE VARIÓ EN FORMA IMPORTANTE LOS COEFICIENTES PARA QUE SE OBTENGAN DEFORMACIONES LATERALES MAYORES.

CON LA NUEVA NORMA 1997 LOS DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA A DISEÑAR SERÁN APROXIMADAMENTE 2.5 VECES MAYORES.

PARA ESTO SE CAMBIAN LOS COEFICIENTES DE LA EXPRESIÓN GENERAL, (H=USCZP/R), CAMBIANDO LOS VALORES DE R , AHORA MULTIPLICADOS POR 2.5, DE MODO QUE CUANDO SE CALCULE LAS DEFORMACIONES LATERALES SE OBTENGAN VALORES MUCHO MAYORES.

ZONAS SÍSMICAS

FUERZA CORTANTE EN LA BASE

$$V = \frac{ZUSC}{R} P$$

$$C / R \geq 0.1$$

FACTOR "Z"

ZONA 3	ZONA 2	ZONA 1
0.4	0.3	0.15

VALORES DE “U”

CATEGORÍA A	CATEGORÍA B	CATEGORÍA C
Edificaciones esenciales	Edificaciones importantes	Edificaciones comunes
1.5	1.3	1

FACTOR “S”- Tp (seg.)

SUELO	"S"	Tp(seg.)
S1	1.0	0.4
S2	1.2	0.6
S3	1.4	0.9

VALOR DE “R”

CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN	R
Con pórticos de concreto armado. Pórticos de acero. Sistema dual (muros-pórticos).	10
Con muros de concreto armado.	7.5
Con muros de albañilería confinada o armada.	6
Construcciones de madera.	7

PERIODO DE LA ESTRUCTURA (T)

h_n = Altura total de la edificación en metros.
C_T = Coeficiente en función del tipo estructural.

$$T = \frac{hn}{C_T}$$

Valores de C_T:

C_T	Tipo de Estructura
35	Para estructuras solamente con pórticos.
60	Para estructuras rígidas con gran cantidad de muros.
45	Para estructuras mixtas.

VALOR DE “C”

$$C = 2.5\left(\frac{T_p}{T}\right)^{1.25}$$

$$C \leq 2.5$$

LÍMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO

MATERIAL PREDOMINANTE	(Δ_i/he_i)
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01

EN EL AÑO 2001 OCURRE EL SISMO DE ATICO (AREQUIPA, MOQUEGUA Y TACNA) Y SE DECIDE HACER ALGUNOS AJUSTES MENORES A LA NORMA SÍSMICA.

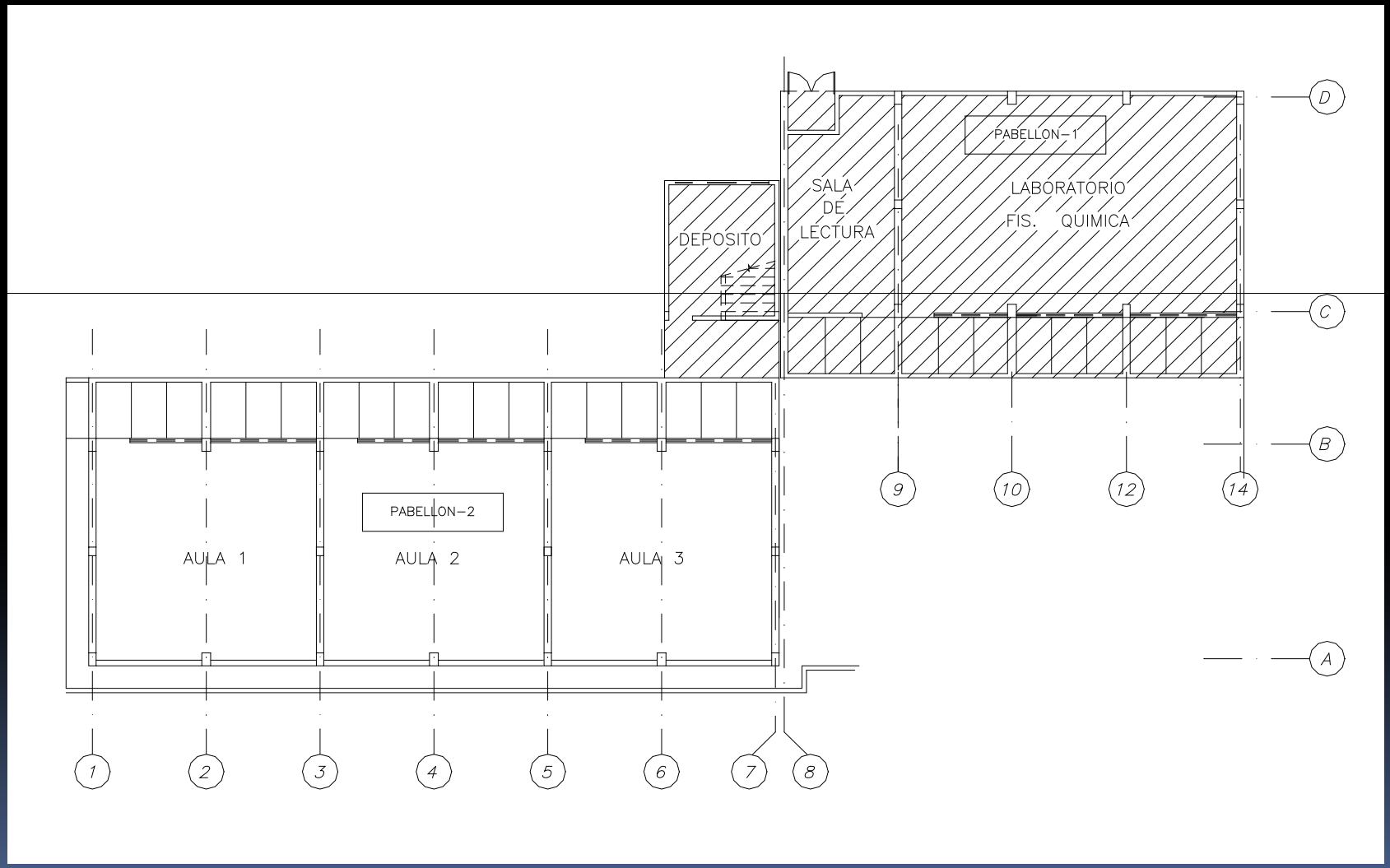
SE AMPLIFICAN LAS FUERZAS DE SISMO POR 1.25 (PARA CONSIDERAR UN SISMO AMPLIFICADO A CARGAS ÚLTIMAS), LO CUAL OBLIGA A VARIAR LOS FACTORES DE REDUCCIÓN POR DUCTILIDAD.

ESTA NORMA SE PUBLICA EL 2003.

EL SISMO DE AREQUIPA PERMITIÓ COMPROBAR QUE LA NORMA DE 1997 CORRIGIÓ EL PROBLEMA DEL CÁLCULO DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES.

SE HICIERON NUEVOS PROYECTOS DE COLEGIOS Y AHORA SE NECESITABA COLUMNAS GRANDES EN LA DIRECCIÓN DONDE NO HABÍA MUROS.

LOS PRIMEROS COLEGIOS INFES TENÍAN EN UNA DIRECCIÓN MUROS DE ALBAÑILERÍA Y PÓRTICOS, PERO EN LA DIRECCIÓN LONGITUDINAL SOLAMENTE PÓRTICOS FLEXIBLES, CON EL PROBLEMA DE LA COLUMNA CORTA EN UN EJE DE LOS DOS EXISTENTES EN LOS PABELLONES DE AULAS.

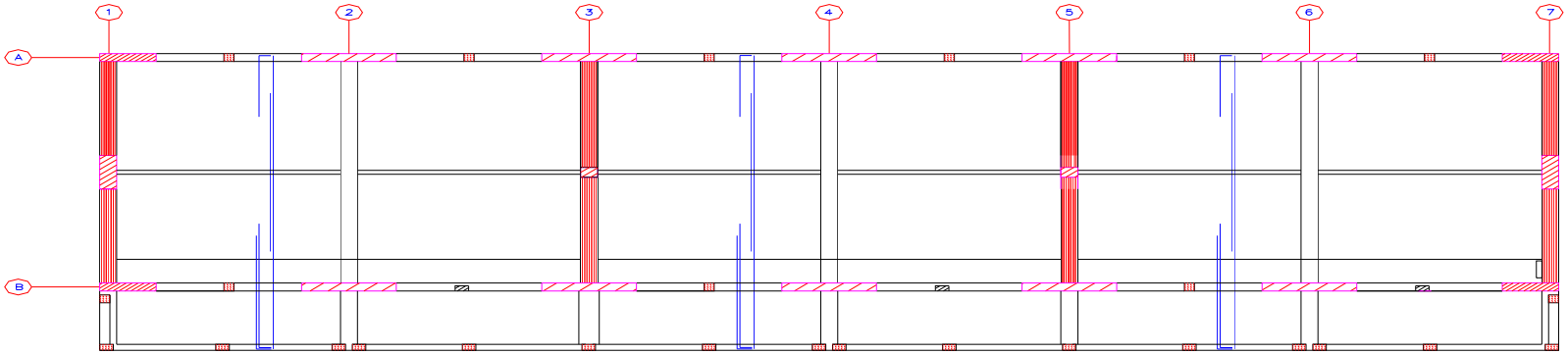

PABELLON-1
SALA DE LECTURA
LABORATORIO FIS. QUIMICA
DEPOSITO
PABELLON-2
AULA 1
AULA 2
AULA 3
D
C
B
A
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
12
14

- A PESAR DE TENER EL TECNOPOR, SEPARANDO 2CM LAS COLUMNAS DE LOS TABIQUES, LOS COLEGIOS SUFRIERON DAÑOS, PORQUE LA DEFORMACIÓN ERA MAYOR.

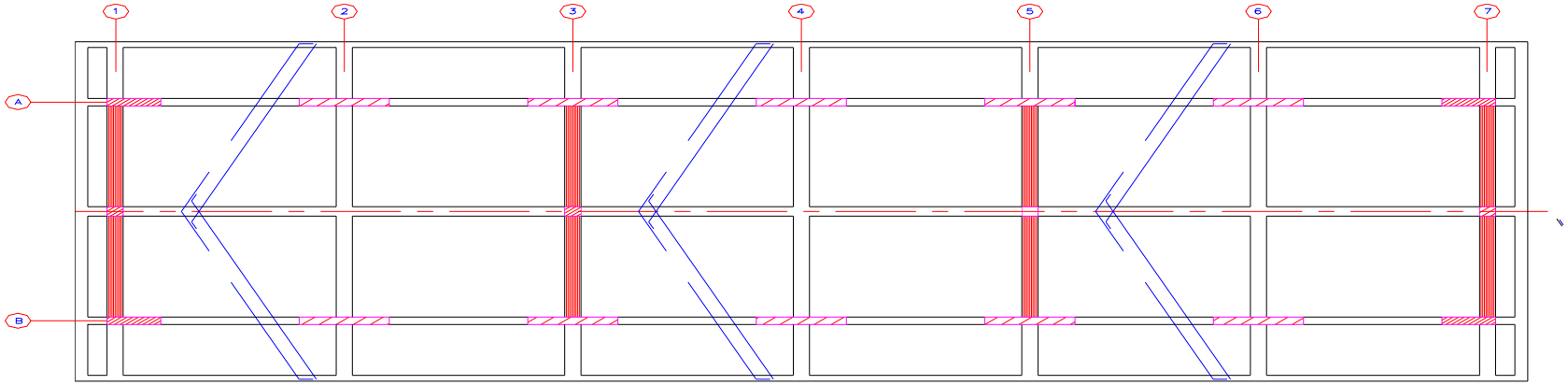
COMPAREMOS LOS COLEGIOS INFES, DESPUÉS DE LA NORMA DE 1997, OBSERVANDO MODELOS CON MAYOR RIGIDEZ EN LA DIRECCIÓN LONGITUDINAL.

LOS QUE YA ESTABAN CONSTRUÍDOS EN AREQUIPA, FUNCIONARON MUY BIEN.

MODERNIZACION EDUCATIVA
PEPSI
PEPSI



ENCOFRADO 1° PISO



ENCOFRADO 2° PISO

EN LA NUEVA NORMA DE 2003 SE TIENE:

FUERZA CORTANTE EN LA BASE

$$V = \frac{ZUSC}{R} P$$

$$C/R \geq 0.125$$

LAS ZONAS SISMICAS 1,2 Y 3 Y LOS VALORES DE “Z” NO CAMBIAN RESPECTO A LA NORMA ANTERIOR.

LOS PARÁMETROS DEL SUELO “S” Y “Tp” TAMPOCO CAMBIAN.

LOS VALORES DE U Y C SE MANTIENEN IGUALES.

LOS LÍMITES DE LAS DEFORMACIONES LATERALES DE ENTREPISO TAMPOCO VARÍAN.

VALORES DE “R”

SISTEMA ESTRUCTURAL	R
ACERO	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9.5
Otras estructuras de acero-Arriostres excéntricos	6.5
Otras estructuras de acero-Arriostres en cruz	6
CONCRETO ARMADO	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
ALBAÑILERÍA ARMADA O CONFINADA	3
MADERA	7

LA NORMA DE 1997 Y LA DEL 2003 SON MUY PARECIDAS.

PODEMOS DECIR QUE DESDE 1997 LA NORMA NOS OBLIGA A HACER EDIFICIOS MÁS RÍGIDOS, PARA TENER DEFORMACIONES LATERALES MENORES.

SI HACEMOS COMPARACIONES DE FUERZAS ENTRE LAS NORMAS, TENEMOS:

PARA TRES EDIFICIOS DE VIVIENDAS, UBICADOS EN AREQUIPA CON PERIODOS DE T=0.4seg, T=0.8seg Y T=1.5seg, CUYA ESTRUCTURACIÓN ESTÁ CONFORMADA POR MUROS DE CORTE DE CONCRETO ARMADO SE OBTUVO LOS SIGUIENTES VALORES PARA LA FUERZA CORTANTE SÍSMICA EN LA BASE:

VALORES COMPARATIVOS DEL CORTANTE BASAL

Norma	1970	1977	1997	2003
T=0.4seg.	9.00%P	11.40%P	13.33%P	16.66%P
T=0.8seg.	7.16%P	7.27%P	5.60%P	7.00%P
T=1.5seg.	5.81%P	5.33%P	4.00%P	5.00%P

PARA OTROS TRES EDIFICIOS DE VIVIENDAS, UBICADOS EN AREQUIPA CON PERIODOS DE T=0.4seg, T=0.8seg Y T=1.5seg, CUYA ESTRUCTURACIÓN ESTÁ CONFORMADA POR PÓRTICOS Y MUROS DE CORTE DE CONCRETO ARMADO, SE OBTUVO LOS SIGUIENTES VALORES PARA LA FUERZA CORTANTE SÍSMICA EN LA BASE:

VALORES COMPARATIVOS DEL CORTANTE BASAL

Norma	1970	1977	1997	2003
T=0.4seg.	6.79%P	6.86%P	10.00%P	14.30%P
T=0.8seg.	5.39%P	4.36%P	4.20%P	6.00%P
T=1.5seg.	4.37%P	3.20%P	4.00%P	5.00%P

PARA OTROS TRES EDIFICIOS DE VIVIENDAS, UBICADOS EN AREQUIPA CON PERIODOS DE T=0.4seg, T=0.8seg Y T=1.5seg, CUYA ESTRUCTURACIÓN ESTÁ CONFORMADA POR PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO, SE OBTUVO LOS SIGUIENTES VALORES PARA LA FUERZA CORTANTE SÍSMICA EN LA BASE:

VALORES COMPARATIVOS DEL CORTANTE BASAL

Norma	1970	1977	1997	2003
T=0.4seg.	5.43%P	5.72%P	10.00%P	12.50%P
T=0.8seg.	4.31%P	3.63%P	4.20%P	5.25%P
T=1.5seg.	3.50%P	2.67%P	4.00%P	5.00%P

CONCLUSIONES

EL PERÚ CUENTA CON NORMAS ACTUALIZADAS QUE PERMITEN HACER DISEÑOS ESTRUCTURALES ACORDES CON LAS EXIGENCIAS MUNDIALES EN SISMORRESISTENCIA.

TENEMOS NORMAS ACTUALIZADAS EN SISMOS, EN CARGAS, EN ALBAÑILERÍA Y EN CONCRETO ARMADO.

EL AÑO 2009 SE HA PUBLICADO LA NUEVA NORMA DE DISEÑO EN CONCRETO ARMADO, QUE SIGUE LOS CRITERIOS DEL ACI, PERO QUE TIENE UNA SERIE DE ACTUALIZACIONES EN EL DISEÑO PROPIAS DE NUESTRA REALIDAD.

ESTA NORMA HA SIDO PRESENTADA EN CHICAGO, EN EL ÚLTIMO CONGRESO DEL ACI (MARZO 2010), EN UNA EXPOSICIÓN DEL ING. G. OTTAZZI (PRESIDENTE DEL COMITÉ) CON MUY BUENA ACEPTACIÓN.

EN EL SISMO DE CHILE, HEMOS VISTO VARIAS FOTOS DONDE SE APRECIA QUE LOS MUROS O PLACAS, NO TIENEN CONFINAMIENTO DE ESTRIBOS EN LOS NÚCLEOS EXTREMOS. EN NUESTRA NORMA ESTO ES OBLIGATORIO.

FINALMENTE RECORDEMOS QUE EL DISEÑO SISMORRESISTENTE CONSIDERA:

QUE NO DEBE HABER DAÑOS EN SISMOS LEVES.

QUE SE ACEPTAN DAÑOS EN LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES EN SISMOS MODERADOS (TABIQUES, etc)

QUE SE ACEPTAN DAÑOS EN LA PROPIA ESTRUCTURA EN SISMOS SEVEROS, EVITANDO EL COLAPSO Y LA PÉRDIDA DE VIDAS.

CONSIDERO QUE EL PASO SIGUIENTE ES TENER UNA NORMA PERUANA PARA CONSIDERAR LA INCLUSIÓN DE DISIPADORES DE ENERGÍA EN LOS EDIFICIOS.

ESTO AYUDARÁ A SU MAYOR USO.

GRACIAS.