

CONFERENCIA:

*EVOLUCIÓN DE LAS NORMAS
SÍSMICAS EN EL PERÚ.*



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

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.

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

REGIÓN

		1	2	3
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	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
$T = \frac{0.09h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras solamente con pórticos.
$T = \frac{0.05h}{\sqrt{D}}$	Para estructuras rígidas con gran cantidad de muros.
$T = \frac{0.07h}{\sqrt{D}}$	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.

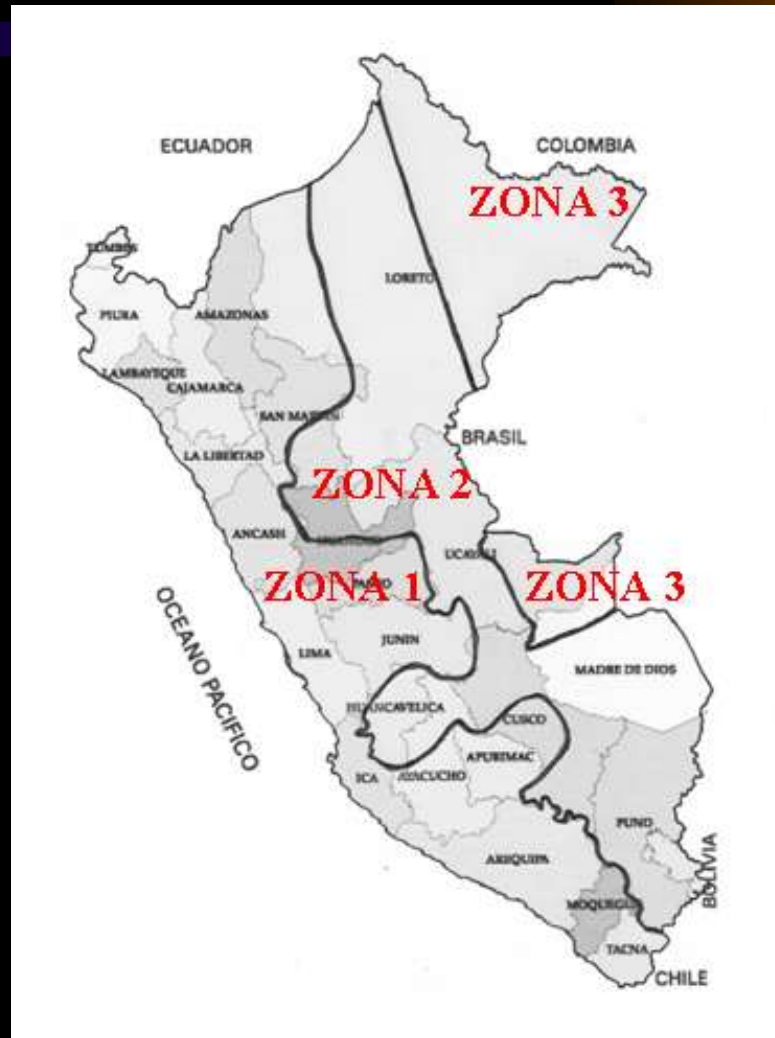


EN 1977 SE APRUEBA LA
INCORPORACIÓN DE LA NORMA
BÁSICA DE DISEÑO
SISMORRESISTENTE AL
REGLAMENTO NACIONAL DE
CONSTRUCCIONES, LA CUAL
REEMPLAZA A LA ANTERIOR.

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

1.0

ZONA 2

0.7

ZONA 3

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”

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

CARACTERÍSTICAS 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: 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.	5.0
Edificios 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 incluidos 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 albañilería 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.

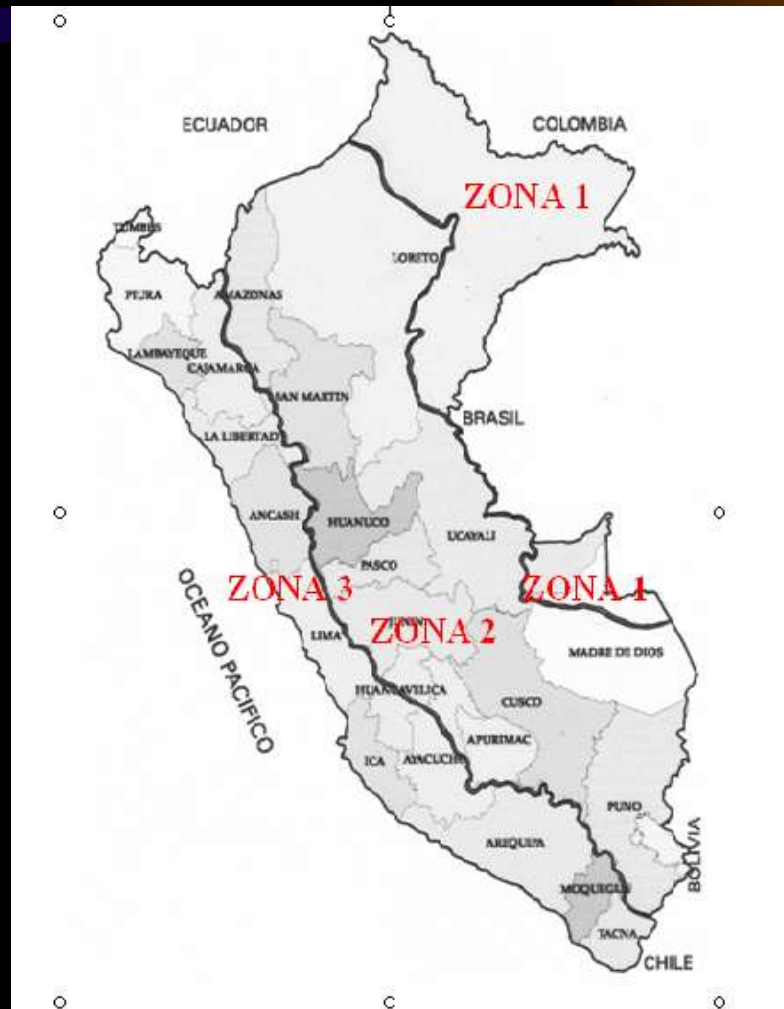
SE DECIDIÓ CAMBIAR LA NORMA.

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

0.4

ZONA 2

0.3

ZONA 1

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.

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

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/h_{e_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.

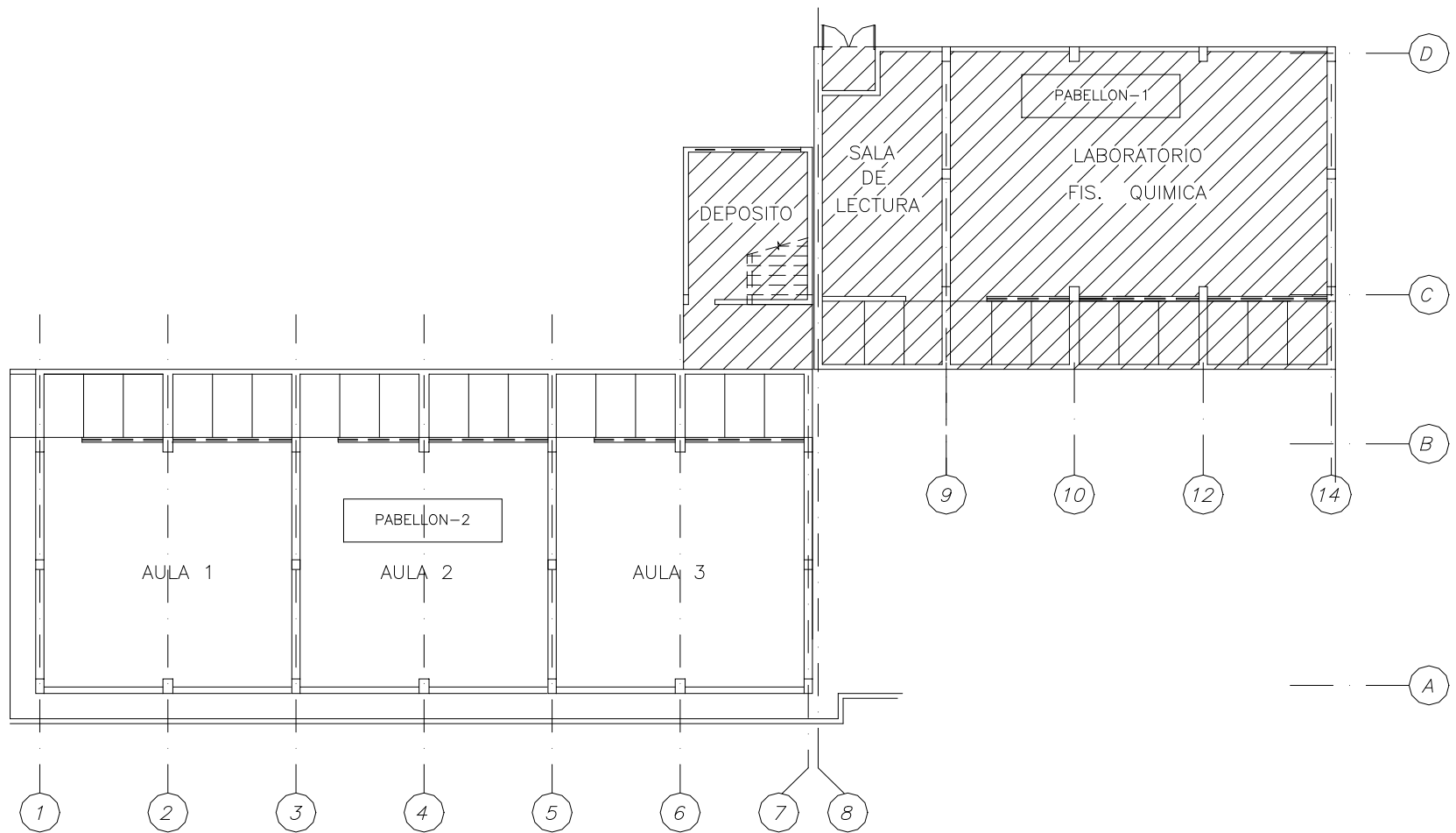
SE AMPLIFICAN LAS FUERZAS DE SISMO POR 1.25 (PARA CONSIDERAR UN SISMO AMPLIFICADO A CARGAS ÚLTIMAS), LO CUAL OBLIGA A VARIAR LOS FACTORES DE REDUCCIÓN POR DUCTILIDAD.

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.



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

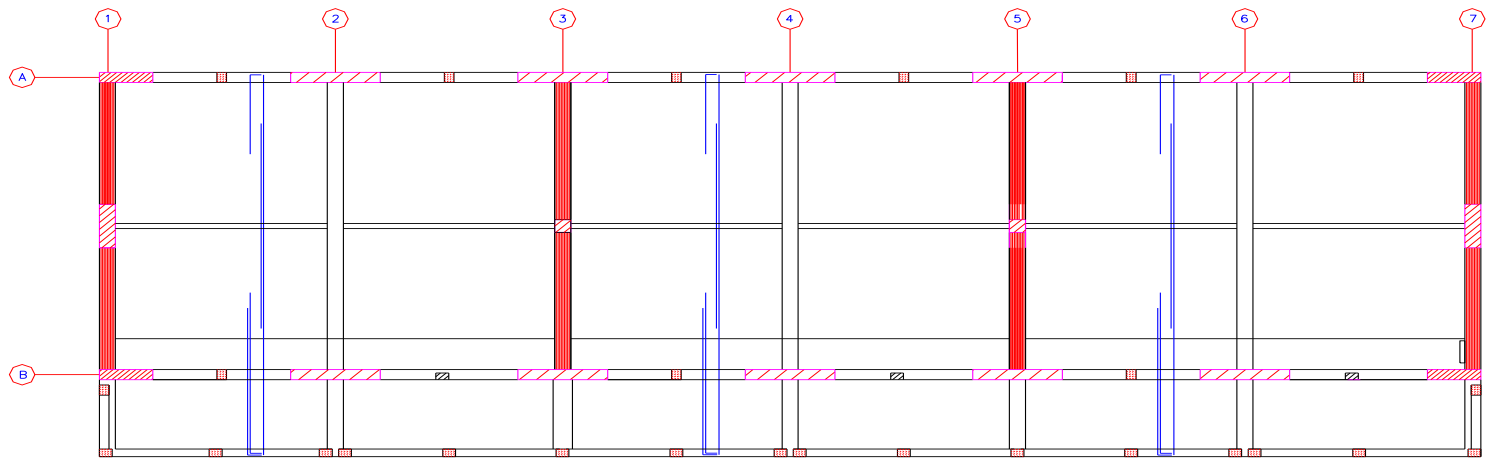


COMPAREMOS LOS COLEGIOS
INFES, DESPUÉS DE LA NORMA DE
1997, OBSERVANDO MODELOS CON
MAYOR RIGIDEZ EN LA DIRECCIÓN
LONGITUDINAL.

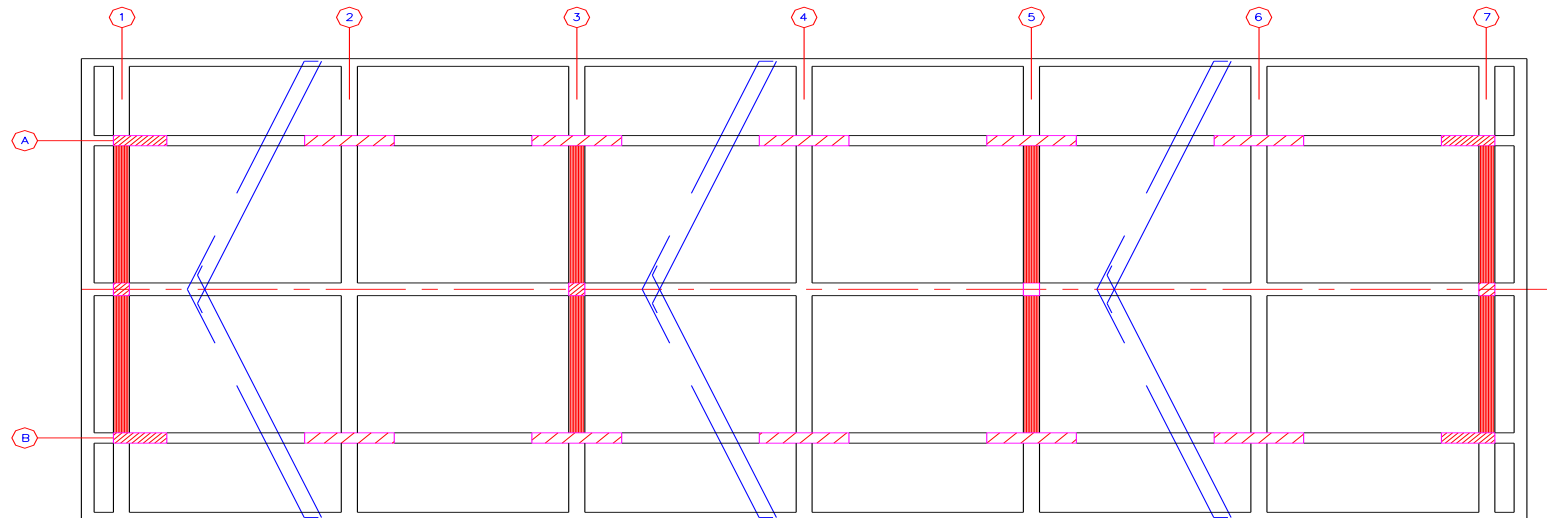
LOS QUE YA ESTABAN
CONSTRUIDOS EN AREQUIPA,
FUNCIONARON MUY BIEN.

MODERNIZACION EDUCATIVA





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 “T_p” 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 $T=0.4\text{seg}$, $T=0.8\text{seg}$ Y
 $T=1.5\text{seg}$, 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 $T=0.4\text{seg}$, $T=0.8\text{seg}$ Y $T=1.5\text{seg}$, 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 $T=0.4\text{seg}$, $T=0.8\text{seg}$ Y $T=1.5\text{seg}$, 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.