

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE  
SEIS NIVELES MÁS UN SÓTANO DE ACUERDO A LA  
NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE  
EDIFICACIONES AYACUCHO 2016**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:  
HENRY BAUTISTA YAURI**

**AYACUCHO – PERÚ  
2016**

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme lograr mis metas.

Con un inmenso cariño y amor, a mis padres **Crisólogo** e **Isabel** por darme la existencia y sacrificio ante toda adversidad.

A mis **hermanas**; Gladys, Marisol, Liliana y Yuly; que son pilares de valor y ejemplos a seguir.

A todos mis **amigos**:  
a los que se fueron y nos ven desde arriba y a los que siguen luchando por salir adelante.

Al maestro Daniel F.  
que aún me siguen brillando  
sus enseñanzas culturales

## **AGRADECIMIENTOS**

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA, Facultad de Ciencias Agrarias, y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme acogido en sus aulas para formarme profesionalmente.

A los Docentes de la Escuela de Ingeniería Agrícola quienes me brindaron todo el esfuerzo, sacrificio con sus aportes académicos y conocimientos durante mi formación profesional.

A mi Asesor, el Ingeniero Vance Giorgio Fernández Huamán, por su orientación y sabios consejos, que han permitido la elaboración de mi tesis

# INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
I REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	4
1.2.1 Estructura.....	4
1.2.2 Fuerza.....	4
1.2.3 Equilibrio de una fuerza.....	4
1.2.4 Compresión.....	4
1.2.5 Tracción.....	5
1.2.6 Corte.....	5
1.2.7 Esfuerzos.....	5
a) Esfuerzo normal (axial).....	5
b) Esfuerzo tangencial (cortante).....	6
1.2.8 Tipos de análisis.....	7
a) Análisis estático.....	7
b) Análisis dinámico.....	7
1.2.9 Tipos de carga.....	8
1.2.9.1 Cargas estáticas.....	8
a) Cargas permanentes o muertas.....	8
b) Carga viva o sobrecarga.....	9
1.2.9.2 Cargas dinámicas.....	9
1.2.10 Sismo.....	9
a) Como se originan los sismos.....	9



b)	Ondas sísmicas.....	12
c)	Riesgo sísmico.....	14
d)	Influencia del suelo durante un sismo .....	15
1.3	ESTRUCTURACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO .....	17
1.3.1	Criterios de estructuración y diseño .....	17
a)	Simplicidad y simetría .....	17
b)	Resistencia y ductilidad.....	18
c)	Hiperestaticidad y monolitismo .....	20
d)	Uniformidad y continuidad de la estructura.....	20
e)	Rigidez lateral .....	21
f)	Losas permitiendo considerar como una unidad rígida.....	22
g)	Elementos no estructurales .....	23
h)	Sub-estructura o cimentación.....	25
1.3.2	Elementos estructurales.....	25
a)	Vigas (comportamiento y tipos) .....	26
b)	Columnas (comportamiento y tipos) .....	27
c)	Muros o placas.....	28
1.3.3	Predimensionamiento de elementos estructurales .....	29
a)	Predimensionamiento de vigas.....	29
b)	Predimensionamiento de columnas.....	30
c)	Predimensionamiento de placas o muros de concreto .....	32
1.3.4	Metrado de cargas .....	32
1.3.5	Antecedentes de la norma sismorresistente .....	33
a)	1970, primera norma peruana de nivel nacional.....	33
b)	1977 segunda norma peruana .....	34
c)	1997, tercera norma peruana .....	35
d)	2003 actualización de la tercera norma peruana .....	36
e)	2016, norma peruana de diseño sismorresistente .....	38
1.3.6	Programa ETAB´S.....	46
II	MATERIAL Y MÉTODOS.....	48
2.1	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	48
2.1.1	Ubicación política .....	48

2.1.2	Ubicación geográfica.....	49
2.1.3	Vías de acceso.....	50
2.2	MATERIAL.....	50
2.3	METODOS.....	51
2.3.1	Fase preliminar.....	51
2.3.2	Fase de campo.....	51
2.3.3	Fase de gabinete.....	51
a)	Predimensionamiento.....	52
b)	Descripción de la edificación para el programa ETABS 9.7.4. .....	53
c)	Propiedades de materiales.....	54
d)	Parámetros sísmicos.....	55
e)	Uso del programa ETABS.....	58
1)	Procesamiento de la alternativa 01.....	58
2)	Procesamiento de la alternativa 02.....	90
3)	Procesamiento de la alternativa 03.....	99
III	RESULTADOS.....	109
3.1	ALTERNATIVA 01:.....	109
3.2	ALTERNATIVA 02:.....	112
3.3	ALTERNATIVA 03:.....	115
IV	DISCUSIÓN.....	119
V	CONCLUSIONES.....	121
VI	RECOMENDACIONES.....	123
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
	ANEXO	

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factor de zona .....	38
Tabla 2: Factor de suelo respecto a la zona .....	39
Tabla 3: Periodos de acuerdo al perfil del suelo .....	39
Tabla 4: Categorías y sistemas estructurales.....	42
Tabla 5: Sistemas de estructuración .....	43
Tabla 6: Irregularidades Estructurales .....	44
Tabla 7: Categorías y regularidad de edificaciones .....	45
Tabla 8: Datos a partir de la hoja de cálculo Espectro de sismo .....	55
Tabla 9: Combinación de cargas, para ETABS de la Norma E.060 del RNE .....	79
Tabla 10: Datos de periodo T(s) y aceleración de desplazamiento (Sa) ..	80
Tabla 11: Datos de extraídos de la hoja de cálculo. Alternativa 01 .....	83
Tabla 12: Factor de escalamiento de fuerzas. Alternativa 01 .....	85
Tabla 13: Datos de hoja de cálculo. Alternativa 02 similares a la alternativa 01 .....	94
Tabla 14: Factor de escalamiento de fuerzas. Alternativa 02.....	96
Tabla 15: Datos de hoja de cálculo. Alternativa 03 similares a la alternativa 01 y 02.....	104
Tabla 16: Factor de escalamiento de fuerzas. Alternativa 02 .....	106
Tabla 17: Resultado de rigidez de la alternativa 01 .....	110
Tabla 18: Alternativa 01 Piso Vs SX .....	111
Tabla 19: Alternativa 01 Piso Vs SY .....	111
Tabla 20: Resultado de rigidez de la alternativa 02 .....	112
Tabla 21: Alternativa 02 Piso Vs SX .....	113
Tabla 22: Alternativa 02 Piso Vs SY .....	114
Tabla 23: Resultado de rigidez de la alternativa 03 .....	115
Tabla 24: Alternativa 03 Piso Vs SX .....	116
Tabla 25: Alternativa 03 Piso Vs SY .....	117

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esfuerzo de compresión .....	6
Figura 2: Esfuerzo de tracción .....	6
Figura 3: Esfuerzo de corte.....	6
Figura 4: Análisis estático .....	7
Figura 5: Análisis dinámico .....	8
Figura 6: Modelo de las corrientes de convección .....	10
Figura 7: Ocurrencias de un sismo .....	11
Figura 8: Ondas sísmicas .....	14
Figura 9: Influencia del suelo durante un sismo .....	15
Figura 10: Amplificación de ondas sísmicas en el suelo .....	16
Figura 11: Edificación con mucha rigidez en extremo y con reducción de losa.....	18
Figura 12: Edificación con abertura que no podrá transferir fuerza sísmica hacia el eje 4 .....	23
Figura 13: Elementos estructurales .....	26
Figura 14: Tipos de vigas (h= peralte de viga) .....	27
Figura 15: Transmisión de las cargas verticales .....	33
Figura 16: Mapa regionalización sísmica 1970 .....	34
Figura 17: Mapa zonificación sísmica 1977 .....	35
Figura 18: Mapa zonificación sísmica 1997 .....	36
Figura 19: Zonificación sísmica 2003.....	37
Figura 20: Zonificación sísmica 2016.....	38
Figura 21: Ubicación Departamental y Provincial del distrito de Carmen Alto .....	49
Figura 22: Vista panorámica del área del terreno .....	49
Figura 23: Vista satelital de la vía de acceso .....	50
Figura 24: Vista en planta de la edificación.....	52
Figura 25: Vista 3D de la estructura.....	54
Figura 26: Hoja de cálculo “Espectro de sismo de la norma E.030-2016” .....	56
Figura 27: Periodo (Ts) y aceleración (Sa). “Espectro de sismo de la norma E.030-2016” .....	57

Figura 28: Pantalla inicio del programa.....	58
Figura 29: Definición de grillas.....	59
Figura 30: Definición de pisos.....	59
Figura 31: Definición de ejes .....	60
Figura 32: Definición de distancias .....	60
Figura 33: Definición de alturas .....	61
Figura 34: Definición de alturas personalizadas.....	62
Figura 35: Definición de Grid only.....	62
Figura 36: Definición de materiales.....	64
Figura 37: Definición del concreto.....	64
Figura 38: Definición propiedades del concreto .....	65
Figura 39: Definición propiedades del concreto para el análisis.....	65
Figura 40: Definición propiedades del concreto para el diseño .....	66
Figura 41: Definición de secciones .....	66
Figura 42: Definición de columnas .....	67
Figura 43: Configuración de columna .....	67
Figura 44: Definición de vigas.....	68
Figura 45: Definición de losas.....	69
. Figura 46: Definición de losa aligerada .....	69
Figura 47: Definición de losa maciza .....	70
Figura 48: Vista en planta de los ejes establecidos .....	70
Figura 49: Propiedades de elementos y combinación de niveles .....	71
Figura 50: Vista en planta. Elementos plasmados en el ETABS .....	71
Figura 51: Definición de apoyos en la base de la estructura .....	72
Figura 52: Definición de apoyos en la base de la estructura .....	72
Figura 53: Definición de diafragmas .....	73
Figura 54: Configuración de diafragmas .....	73
Figura 55: Configuración de diafragma semi rígido.....	74
Figura 56: Ejemplo, resultado de la configuración de diafragma .....	74
Figura 57: Definición de cargas estáticas .....	75
Figura 58: Definición de tipos de cargas .....	75
Figura 59: Definición de cargas verticales .....	76

Figura 60: Definición de tipos de cargas .....	77
Figura 61: Configuración de tipos de cargas.....	77
Figura 62: Configuración para otra carga.....	77
Figura 63: Definición de cargas .....	78
Figura 64: Combinación de cargas .....	79
Figura 65: Resultado de combinación de cargas .....	79
Figura 66: Ingreso de datos de espectro.....	81
Figura 67: Configuración del espectro .....	81
Figura 68: Procedimiento de ingreso tabla de análisis y resultados .....	82
Figura 69: Procedimiento para ver el peso seleccionando carga viva y muerta Alt.01 .....	82
Figura 70: Datos de peso Summation de DEAD-LIVE en FZ alternativa 01 .....	83
Figura 71: Procedimiento para mostrar ventana de resultado VX-VY alternativa 01 .....	84
Figura 72: Ventana referencial mostrando fuerza constante VX - VY alternativa 01 .....	85
Figura 73: Definición de nuevo espectro .....	86
Figura 74: Configuración de espectros en X-Y. Alternativa 01 .....	87
Figura 75: Vista en elevación del desplazamiento eje 3 en SX. Alternativa 01 .....	88
Figura 76: Ventana de análisis en X. Alternativa 01 .....	88
Figura 77: Ventana de resultados del análisis.....	89
Figura 78: Ventana de resultados:desplazamiento Alternativa 01 .....	89
Figura 79: Ventana tomando en cuenta UX-UY. Alternativa 01 .....	89
Figura 80: Ventana representativa de definición de muro de 25cm.....	91
Figura 81: Definición de muro de 25cm .....	91
Figura 82: Vista en planta: columnas, vigas, muro y placa plasmada en el ETABS. Alternativa 02 .....	92
Figura 83: Procedimiento para ver el peso seleccionando carga viva y muerta. Alternativa 02.....	93

Figura 84: Datos de peso Summation de DEAD-LIVE en FZ alternativa 02 .....	93
Figura 85: Procedimiento para mostrar ventana de resultado VX-VY. Alternativa 02.....	95
Figura 86: Ventana referencial mostrando fuerza contante VX - VY alternativa 02 .....	95
Figura 87: Configuración de espectros en X-Y. Alternativa 02 .....	96
Figura 88: Vista en elevación del desplazamiento eje 3 en SX alternativa 02 .....	97
Figura 89: Ventana de análisis en X alternativa 02 .....	98
Figura 90: Ventana de resultados del análisis. Alternativa 02 .....	98
Figura 91: Ventana de resultados del análisis desplazamiento X-Y-Z .Alternativa 02.....	99
Figura 92: Definición de columna T .....	100
Figura 93: Definición de tipo de elemento columna .....	101
Figura 94: Definición de columna L.....	101
Figura 95: Vista en planta edificación, alternativa 03 .....	102
Figura 96: Procedimiento para ver el peso seleccionando carga viva y muerta. Alternativa 03.....	103
Figura 97: Datos de peso Summation de DEAD-LIVE en FZ alternativa 03 .....	103
Figura 98: Procedimiento para mostrar ventana de resultado VX-VY. Alternativa 03.....	105
Figura 99: Ventana referencial mostrando fuerza contante VX - VY alternativa 03 .....	105
Figura 100: Configuración de espectros en X-Y. Alternativa 03 .....	106
Figura 101: Vista en elevación del desplazamiento eje 3 en SX alternativa 03 .....	107
Figura 102: Ventana de análisis en X alternativa 03 .....	107
Figura 103: Ventana de resultados del análisis. Alternativa 03 .....	108
Figura 104: Ventana de resultados del análisis desplazamiento X-Y-Z .Alternativa 03.....	108

Figura 105: Alternativa 01 Piso Vs Sx.....	111
Figura 106: Alternativa 01 Piso Vs Sy.....	112
Figura 107: Alternativa 02 Piso Vs Sx.....	114
Figura 108: Alternativa 02 Piso Vs SY .....	114
Figura 109: Alternativa 03 Piso Vs Sx.....	116
Figura 110: Alternativa 03 Piso Vs Sy.....	117
Figura 111: Alternativa 01,02 y 03 Piso Vs Sx .....	118
Figura 112: Alternativa 01,02 y 03 Piso Vs Sy .....	118



## RESUMEN

Este trabajo de tesis tiene como título, “Comportamiento Sísmico de una estructura de seis niveles más un sótano de acuerdo a la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones Ayacucho 2016”, ubicado entre las intersecciones de los jirones Huancavelica y Sol Naciente, distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, sobre un terreno de 177.30 m<sup>2</sup>.

La edificación será destinada como cochera, vivienda y oficinas, conformado por muros de corte, columnas y vigas de concreto armado, los techos estarán conformados por losas aligeradas y losa maciza.

Según el informe del Sistema de Defensa Civil, considera a la zona como suelo de Tipo I, (roca del tipo aglomerado volcánico, andesita Acuchimay y basalto de estructura vacuolar de muy buenas condiciones geotécnicas). Para los datos se empleó un hoja de cálculo (espectro de sismo) y con la norma E.030 se indicaron como zona sísmica Z3 ( $Z=0.35$ ); perfil de suelo S1 ( $S=1.0$ ); factor de uso ( $U=1.0$ ); Factor de amplificación sísmica ( $C=2.14$ ); Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R=6.8$ ) y para el predimensionamiento, se tomó los criterios que en su libro recomienda el Ing. Antonio Blanco Blasco.

Con estos datos se desarrolló un modelo matemático haciendo uso del programa ETABS v9.7.4, el cual nos permitió observar el comportamiento sísmico de la estructura y poder determinar el desplazamiento de los elementos en ambas direcciones (X, Y) de la estructura, basado según los Límites de distorsión de entrepiso, de 0.007, de la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Para ello se tomaron tres alternativas: una con columnas de 25cm x 35cm y vigas de 25cm x 70cm, 25cm x 50cm, 25cm x 60cm; a la segunda alternativa se le añadió muros o placas de 15cm y 25 cm; y en la tercera alternativa se variaron las columnas a 25cm x 60cm e incluyeron columnas “T” y “L”.

En las alternativas uno y dos los resultados fueron desfavorables, pidiendo incrementar rigidez en ambas direcciones (X-Y); en la alternativa tres, el desplazamiento no excedió a 0.007 indicado por la norma E.030, garantizando así, la rigidez de la estructura.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo al último suceso del 16 de abril del presente año, que tuvo el vecino país de Ecuador, La Corporación de radiodifusión británica (BBC) informó que el terremoto de 7.8 en la escala de Richter, dejó más de 600 muertos y 243 edificios han resultado afectados. De tal manera que la experta, Dra. María José Jurado Rodríguez, investigadora del Instituto de Ciencias de la Tierra Jaime Almera afirma que *"Lo cierto es que los terremotos no causan víctimas en general, como mucho desprendimientos en montañas con pendientes inestables, como sucedió en el Tíbet"*, sino más bien, *"Son las construcciones que se derrumban lo que causa víctimas"*.

En la Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú, (Tavera, 2014), nos indica que la zona costera del Perú es la de mayor riesgo ante la ocurrencia de sismos de elevada magnitud con relativa frecuencia. Durante los últimos 500 años de historia, todas las ciudades cercanas a la zona costera han sido afectadas por sismos en menor y mayor grado, mientras que, los deslizamientos se hicieron presentes en zonas de acantilados y en las vertientes de la cordillera Andina. Así mismo indica que en la zona andina, de manera puntual se presentan sismos de gran magnitud como en la zona del Huaytapallana (Junín), Ayacucho, Cusco, Abancay y Arequipa debido a la presencia de importantes sistemas de fallas inversas y normales.

Bajo estas premisas, esta tesis tiene por objetivo determinar el comportamiento sísmico de una edificación de seis niveles más un sótano teniendo en cuenta diversas configuraciones estructurales, mediante los criterios técnicos que cuenta la Normas E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, ubicado en el distrito de Carmen Alto, de suelo TIPOI de muy buenas condiciones geotécnicas, según el Instituto Nacional de Defensa civil. Para lo cual, se deberán comprobar el comportamiento con

tres alternativas propuestas, las que tendrán configuraciones estructurales a base de:

- Columnas y vigas rectangulares
- Columnas, vigas rectangulares y placas, finalmente con
- Columnas de sección diversa, vigas rectangulares y placas.

Para la comprobación de las configuraciones propuestas, se tomarón datos a partir del predimensionamiento, de acuerdo a los criterios que indica Antonio Blanco Blasco en su libro *“Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado”*.

También se empleó, la hoja de cálculo (espectro de sismo de la norma E.030), que posteriormente se incorporó al programa ETABS, obteniendo como resultado las diferentes variaciones en los ejes X -Y, respetando el “Limite para la distorsión del entrepiso” que es el 0.007, admisible según lo establecido en la Normas E.030 del reglamento nacional de edificaciones.

Teniendo como resultado una edificación, con una configuración estructural que garantice el comportamiento sísmico de una edificación de seis niveles más un sótano, teniendo en cuenta la Normas E.030 del reglamento nacional de edificaciones

## I REVISIÓN DE LITERATURA

### 1.1 ANTECEDENTES

En el trabajo realizado por, (Herrera, 2012), "*Evaluación del comportamiento sismorresistente y diseño óptimo de un edificio existente de concreto armado de baja altura*", evaluaron la respuesta sísmica de un edificio existente de concreto armado de dos niveles, teniendo en principio, un análisis elástico aplicado a la edición original para verificar las derivas de entrepiso, y con un diseño por requerimientos sismorresistentes. Se proyectó el segundo edificio bajo la condición columna fuerte-viga débil, mientras que el tercer edificio se proyectó con un enfoque de diseño sísmico por desplazamiento, seguidamente se realizaron análisis dinámicos en el plano y tridimensional, determinando curvas de capacidad, reserva de resistencia, ductilidad estructural, el punto de desempeño estructural, derivas globales y de entrepiso para cada edificio, y de forma singular efectos torsionales para el edificio redimensionado. Obteniendo en el edificio original un comportamiento sísmico desfavorable, mientras que los edificios redimensionados presentaron buen desempeño sísmico ante los Estados Límites considerados.

Posteriormente (Blanco, 2012), en su trabajo, "*Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente*"; realizó una investigación y recopilación de información sobre el comportamiento sismorresistente de algunas edificaciones a nivel mundial, analizando las causas de los daños y la posible solución para disminuirlos en un futuro.

Analizó recomendaciones de varios países, tanto en las normas vigentes, como en experiencias previas, para resumirlas y darles un punto de partida a los profesionales para lograr un diseño sismorresistente. Teniendo como objetivo principal del diseño sismorresistente es salvar vidas y, adicionalmente, minimizar los daños materiales.

Concluyendo así, que la responsabilidad de los ingenieros para lograr dichos objetivos depende del diseño estructural, estudio de suelos, supervisión de los materiales utilizados y los procesos constructivos adecuados.

## **1.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

(Delgado, 2011) en su aporte bibliográfico, "*Diseño de Estructuras Aperticadas de Concreto Armado*", insta definiciones las cuales se muestra a continuación:

### **1.2.1 Estructura**

Se llama así a un conjunto de elementos resistentes que colaboran entre sí para soportar fuerzas o cargas manteniendo en todo momento su equilibrio, es decir todas las fuerzas que actúan sobre la estructura se compensan mutuamente.

### **1.2.2 Fuerza**

Es toda causa física capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo. Al aplicar una fuerza a un cuerpo se produce otra fuerza igual y de sentido contrario llamada reacción.

### **1.2.3 Equilibrio de una fuerza**

Toda estructura está en equilibrio cuando las fuerzas que actúan sobre él, se compensan mutuamente.

### **1.2.4 Compresión**

Si las fuerzas se aproximan unas a otras, el cuerpo se comprime y en él se producen esfuerzos de compresión.

### **1.2.5 Tracción**

Si las fuerzas se alejan unas a otras, el cuerpo se comprime y en él se produce esfuerzos de tracción.

### **1.2.6 Corte**

Si el cuerpo es sometido a dos fuerzas paralelas próximas y de sentido contrario, se obtienen esfuerzos de corte y cizallamiento.

### **1.2.7 Esfuerzos**

Se denomina a si a las fuerzas interiores que se generan en un cuerpo que está bajo la acción de una carga.

La dirección y el sentido de la fuerza o carga determinaran la clase de esfuerzo que se producen.

Existen dos tipos de esfuerzos fundamentales:

- Esfuerzo normal (axial): son esfuerzos paralelos al eje del elemento, pueden ser de compresión o de tracción
- Esfuerzo tangencial (cortante): son esfuerzos perpendiculares al eje del elemento, que tienden a desplazar una porción del elemento respecto del otro.

#### **a) Esfuerzo normal (axial)**

##### **Esfuerzos de compresión**

Un elemento estructural sometido a esfuerzos de compresión, sus partículas constituyentes son comprimidas; encogiéndose en la dirección en que actúan y expandiéndose perpendicular a ellas.

En el caso de columnas, la resistencia de estas debido a la compresión, está en función a su esbeltez, siendo la esbeltez la relación que existe entre la altura y el espesor del elemento comprimido.



Figura 1: Esfuerzo de compresión  
Fuente: [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com)

### **Esfuerzos de tracción**

Cuando los elementos estructurales son sometidos a esfuerzos de tracción, sus partículas constituyentes se apartan de ellas.

La dimensión del cuerpo aumenta en la dirección de la fuerza y disminuye en la perpendicularidad.



Figura 2: Esfuerzo de tracción  
Fuente: [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com)

### **b) Esfuerzo tangencial (cortante)**

El esfuerzo de corte origina deformaciones que se presentan como una tendencia al desplazamiento de una parte del cuerpo con respecto a otra.

En las vigas, el esfuerzo de corte produce desplazamiento en la dirección longitudinal (horizontal) y en la dirección transversal (vertical)

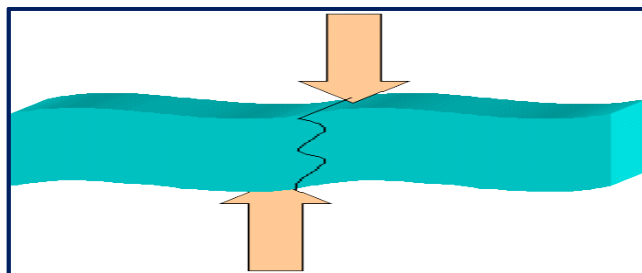


Figura 3: Esfuerzo de corte  
Fuente: [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com)

### 1.2.8 Tipos de análisis

#### a) Análisis estático

Lo que caracteriza a este tipo de análisis el hecho que las cargas actuantes sobre la estructura no dependen del tiempo.

$$V = (Z \times U \times C \times S / R) \times P \quad \dots\dots \text{Ec. 12}$$
$$C/R \geq 0,125$$

Dónde:

V = Fuerza cortante en la base de la estructura

Z = Factor de zona

U = Factor de uso o importancia

C = Factor de amplificación sísmica

S = Factor de amplificación del suelo

R = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

P = Peso total de la edificación

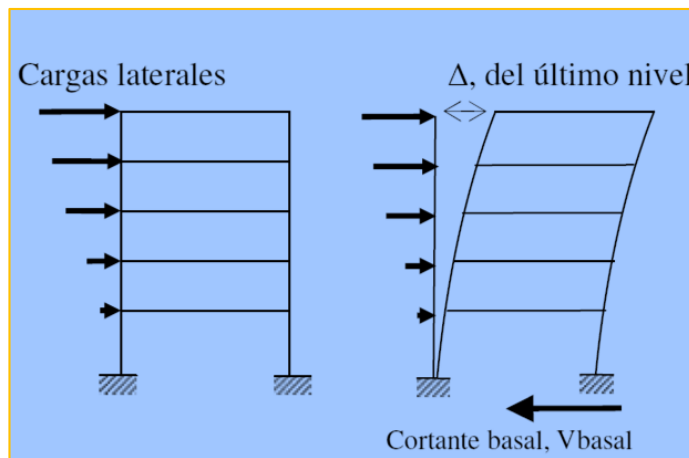


Figura 4: Análisis estático  
Fuente: [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com)

#### b) Análisis dinámico

Lo que caracteriza a este tipo de análisis, es que las cargas actuantes son variables con el tiempo debiendo requerirse la participación de las fuerzas de inercia en la estimación de la respuesta de la estructura. Las acciones sísmicas, así como otras acciones no gravitatorias, son cargas dinámicas.



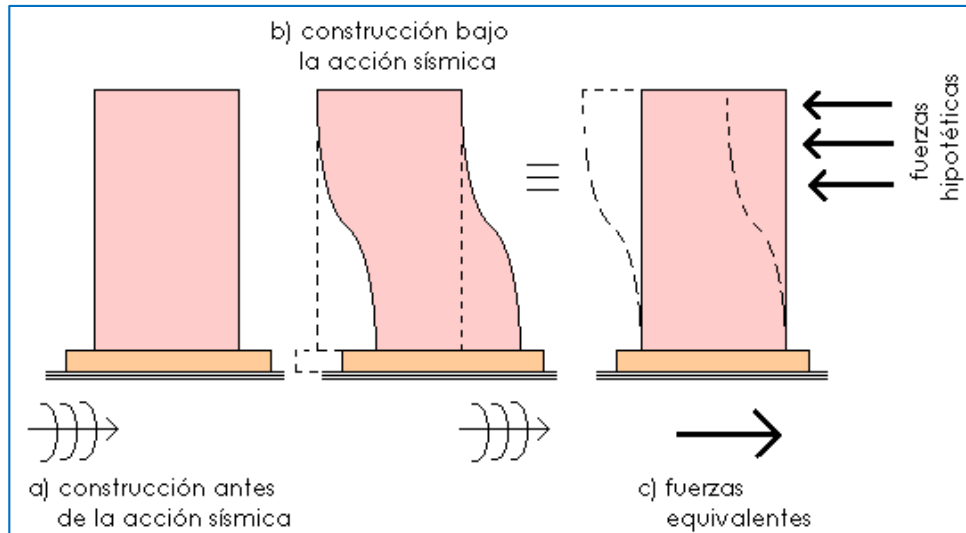


Figura 5: Análisis dinámico  
Fuente: [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com)

### 1.2.9 Tipos de carga

En el texto “*Análisis de Edificaciones*”, (San Bartolome, 2005) refiere que, las cargas (o sollicitaciones) que pueden actuar en un edificio clasifican en los siguientes tipos: cargas estáticas, cargas dinámicas y otras sollicitaciones. Y a estas cargas las definen de la siguiente manera:

#### 1.2.9.1 Cargas estáticas

Son aquellas que se aplican lentamente sobre la estructura, lo cual hace que se originen esfuerzos y deformaciones que alcanzan sus valores máximos en conjunto con la carga máxima. Prácticamente, estas sollicitaciones no producen vibraciones en la estructura, y a su vez se clasifican en:

##### a) Cargas permanentes o muertas

Son cargas gravitacionales que actúan durante la vida útil de la estructura, como por ejemplo: el peso propio de la estructura y el peso de los elementos añadidos a la estructura (acabados, tabiques, maquinarias para ascensores y cualquier otro dispositivo de servicio que quede fijo en la estructura). Considerándolas así como:

## **b) Carga viva o sobrecarga**

Son cargas gravitacionales de carácter movable, que podrían actuar en forma esporádica sobre los ambientes del edificio. Entre estas sollicitaciones se tiene: al peso de los ocupantes, muebles, nieve, agua, equipos removibles, puente grúa, etc. Las magnitudes de estas cargas dependen del uso al cual se destinen los ambientes.

### **1.2.9.2 Cargas dinámicas**

Son aquellas cuya magnitud, dirección y sentido varían rápidamente con el tiempo, por lo que los esfuerzos y desplazamientos que originan sobre la estructura, también cambian con el tiempo; cabe indicar que el instante en que ocurre la máxima respuesta estructural, no necesariamente coincide con el de la máxima sollicitación. Estas cargas pueden ser: Vibraciones Causadas por Maquinarias, el viento y cargas sísmicas

### **1.2.10 Sismo**

En el texto, "*Diseño de Estructuras de Concreto Armado*" (Harmsem, 2005), menciona que los sismos son movimientos de la corteza terrestre originados por un constante reajuste geológico de la Tierra. Se presentan en regiones localizadas del planeta; nuestro país se ubica en una de ellas. Los sismos generan movimientos oscilatorios en las estructuras sometidas a ellos. La magnitud de los desplazamientos depende principalmente de la rigidez de la estructura y de las características del movimiento del suelo.

## **a) Como se originan los sismos**

### **Composición de la Tierra**

(Aguiar, 2008) menciona que los continentes se han movido en forma muy lenta desde tiempos muy remotos y que actualmente continúan moviéndose. Para entender esto, es necesario analizar la composición de la tierra, la misma que tiene un radio que está alrededor de los 6400 Km.

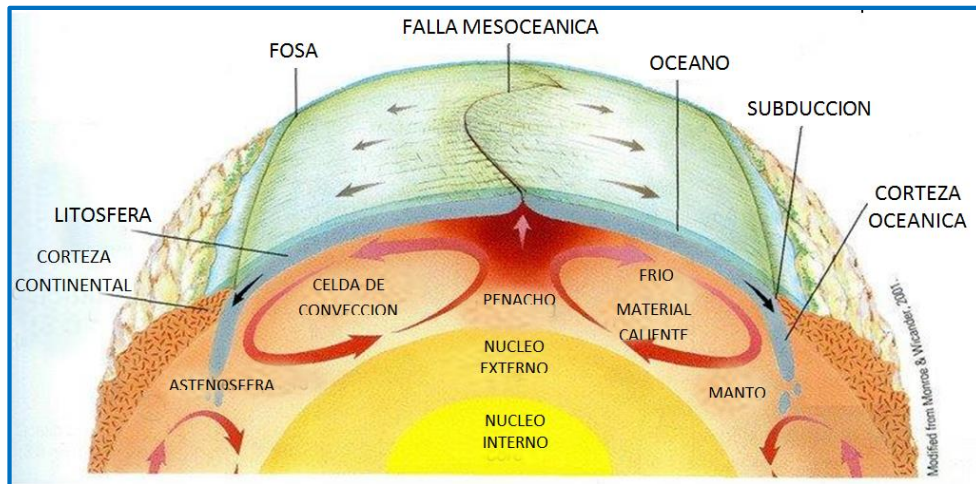


Figura 6: Modelo de las corrientes de convección  
Fuente: .Aguiar. Análisis sísmico de edificios

Del mismo modo, sostiene que en el centro se tiene un núcleo interno que es sólido pero el material que lo recubre es líquido y finalmente se tiene la corteza terrestre que es sólida, la misma que tiene un espesor variable. Es importante destacar que la corteza terrestre se encuentra sobre un manto líquido y que es más pequeña bajo el mar y más ancha bajo las montañas, todo ello con relación al grosor de la corteza en el resto del mundo.

Por otra parte, cuando se realizan excavaciones, estas no han llegado más allá de un kilómetro y lo que se ha observado es que la temperatura y la presión aumentan a medida que la profundidad crece.

El centro de la tierra está compuesto por materiales y minerales a muy altas temperaturas, es una gran fuente de calor sobre la que se halla el manto líquido, cuyo material está en continuo movimiento, el material de abajo, sube y el material de arriba baja, como lo ilustra la figura 6. A esta hipótesis se denomina corriente de convección y es la causa para que los continentes continúen moviéndose en diferentes direcciones.

En América del Sur, se tiene fundamentalmente el enfrentamiento de la Placa de Nazca o Placa Oceánica con la Placa de Sudamérica o Placa Continental. Este enfrentamiento produce el fenómeno de subducción, por

el cual la placa de Nazca por ser más rígida y fuerte se introduce por debajo de la Placa Sudamericana y continua moviéndose hacia el manto. Como se indicó este choque genera los sismos que es lo que interesa en el presente capítulo.

Sin embargo se debe manifestar que como consecuencia del movimiento continuo de las placas tectónicas se tienen las erupciones volcánicas y los sismos.

### **Origen de los sismos**

A veces la corteza terrestre libera energía de forma brusca produciéndose un terremoto.

La liberación de energía se produce por la pérdida de estabilidad de la corteza terrestre.

La corteza terrestre está formado por quince placas tectónicas, que al encontrarse en continuo movimiento hace que las capas pudieran chocar, superponerse o deslizarse entre sí.

El lugar de la corteza terrestre donde se produce el sismo se llama hipocentro y el lugar de la superficie terrestre más cercano al mismo se denomina epicentro.

Desde el hipocentro se liberan ondas llamadas Sísmicas las cuales el primer punto que alcanza en la superficie es el epicentro, (Cruz, 2013).

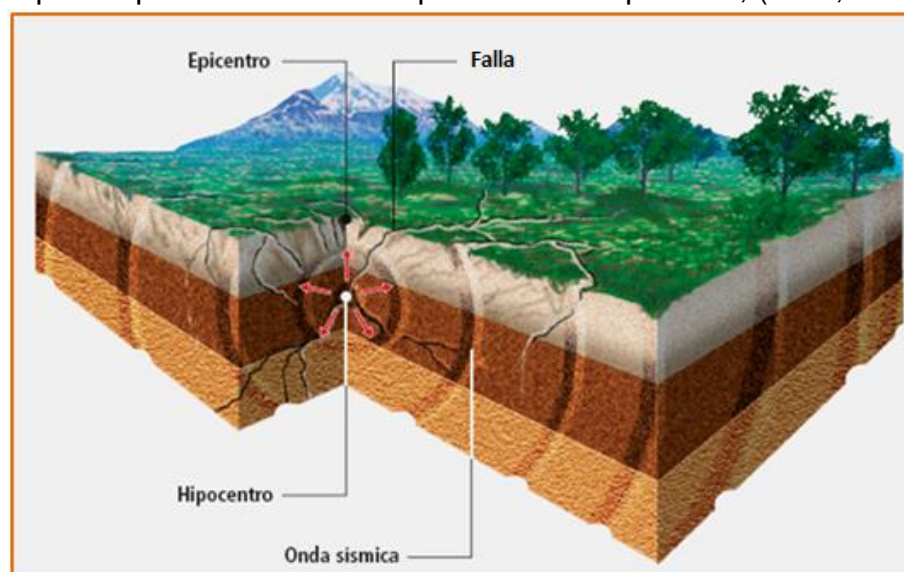


Figura 7: Ocurrencias de un sismo  
Fuente: [www.sismos.com](http://www.sismos.com)

## **b) Ondas sísmicas**

Al ocurrir un terremoto, las ondas sísmicas se propagan en todas direcciones partiendo desde el hipocentro. Sin embargo, no todos los tipos de ondas son iguales ya que existen diferencias importantes entre ellas.

En un terremoto se transmiten ondas que viajan por el interior de la tierra. Siguen caminos curvos debido a la variada densidad y composición del interior de la Tierra.

A este tipo de ondas se llaman ondas internas, centrales o de cuerpo, transmiten los temblores preliminares de un terremoto pero poseen poco poder destructivo. Las ondas de cuerpo son divididas en dos grupos: ondas primarias (P) y secundarias (S).

También se propagan ondas por la superficie. Son las que más tardan en llegar. Debido a su baja frecuencia provocan resonancia en edificios con mayor facilidad que las ondas de cuerpo causando los efectos más devastadores. Hay ondas superficiales de dos tipos: de Rayleigh y de Love.

### **Ondas internas, centrales o de cuerpo:**

#### **Ondas Primarias (P)**

Las ondas P (primarias) son ondas longitudinales, lo cual significa que el suelo es alternadamente comprimido y dilatado en la dirección de la propagación. Estas ondas generalmente viajan a una velocidad 1.73 veces de las ondas S y pueden viajar a través de cualquier tipo de material. Velocidades típicas son 330m/s en el aire, 1450m/s en el agua y cerca de 5000m/s en el granito.

#### **Ondas Secundarias (S)**

Las ondas S (secundarias) son ondas transversales o de corte, lo cual significa que el suelo es desplazado perpendicularmente a la dirección de propagación, alternadamente hacia un lado y hacia el otro. Las ondas S pueden viajar únicamente a través de sólidos debido a que los líquidos no

pueden soportar esfuerzos de corte. Su velocidad es alrededor de 58% la de una onda P para cualquier material sólido. Usualmente la onda S tiene mayor amplitud que la P y se siente más fuerte que ésta.

### **Ondas superficiales:**

#### **Ondas de Rayleigh**

Cuando un sólido posee una superficie libre, como la superficie de la tierra, pueden generarse ondas que viajan a lo largo de la superficie. Estas ondas tienen su máxima amplitud en la superficie libre, la cual decrece exponencialmente con la profundidad, y son conocidas como ondas de Rayleigh en honor al científico que predijo su existencia. La trayectoria que describen las partículas del medio al propagarse la onda es elíptica retrógrada y ocurre en el plano de propagación de la onda. Una analogía de estas ondas lo constituyen las ondas que se producen en la superficie del agua.

#### **Ondas de Love**

Otro tipo de ondas superficiales son ondas de Love llamadas así en honor del científico que las estudió. Estas se generan sólo cuando un medio elástico se encuentra estratificado, situación que se cumple en nuestro planeta pues se encuentra formado por capas de diferentes características físicas y químicas. Las ondas de Love se propagan con un movimiento de las partículas, perpendicular a la dirección de propagación, como las ondas S, sólo que polarizadas en el plano de la superficie de la Tierra, es decir sólo poseen las componentes horizontales a superficie. Las ondas de Love pueden considerarse como ondas S "atrapadas" en la superficie. Como para las ondas de Rayleigh, la amplitud de las mismas decrece rápidamente con la profundidad. En general su existencia se puede explicar por la presencia del vacío o un medio de menor rigidez, tiende a compensar la energía generando este tipo especial de vibraciones.

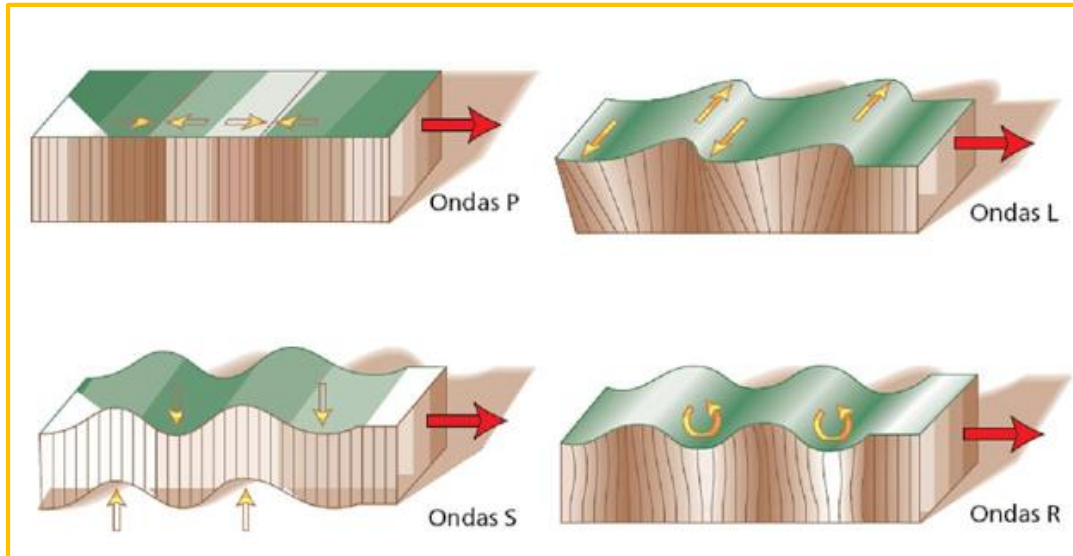


Figura 8: Ondas sísmicas  
Fuente: [www.sismos.com](http://www.sismos.com)

### c) Riesgo sísmico

(Córdova, 2014) menciona que, es el grado de pérdida, destrucción o daño esperado debido a la ocurrencia de un determinado sismo. Las que implica lo siguiente:

#### **Peligro sísmico**

Es la probabilidad de que ocurra un sismo potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado. El Perú se encuentra en la zona sísmica más activa del mundo, en el llamado "Cinturón de Fuego del Pacífico". La placa de Nazca se mueve aproximadamente 10 cm por año contra la placa sudamericana que se mueve 4cm por año en sentido contrario, lo cual genera una gran acumulación de energía, liberándose en forma de actividad sísmica.

#### **Vulnerabilidad sísmica:**

(Córdova, 2014) refiere que la vulnerabilidad sísmica, es una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su comportamiento, que puede entenderse como predisposición intrínseca de un elemento o grupo de elementos expuesto a ser afectado o ser susceptible a sufrir daño, ante la ocurrencia de un evento sísmico determinado.

#### d) Influencia del suelo durante un sismo

##### Amplificación

Es un proceso en el cual la intensidad y duración de las vibraciones por el terremoto aumentan de acuerdo al tipo de suelo; mientras la vibración de las ondas sísmicas se propaga hacia la superficie, puede ser amplificada, dependiendo de la naturaleza de la roca, especialmente por el tipo de suelo, y la profundidad de su estrato. Un estrato de suelo blando, dependiendo de su profundidad, puede generar una amplificación de la onda sísmica en 1.5-6 veces más de la que sucede en la roca. Por lo tanto, la amplificación y la intensidad de un terremoto no son las mismas en la zona afectada. (Chopra, 2014).

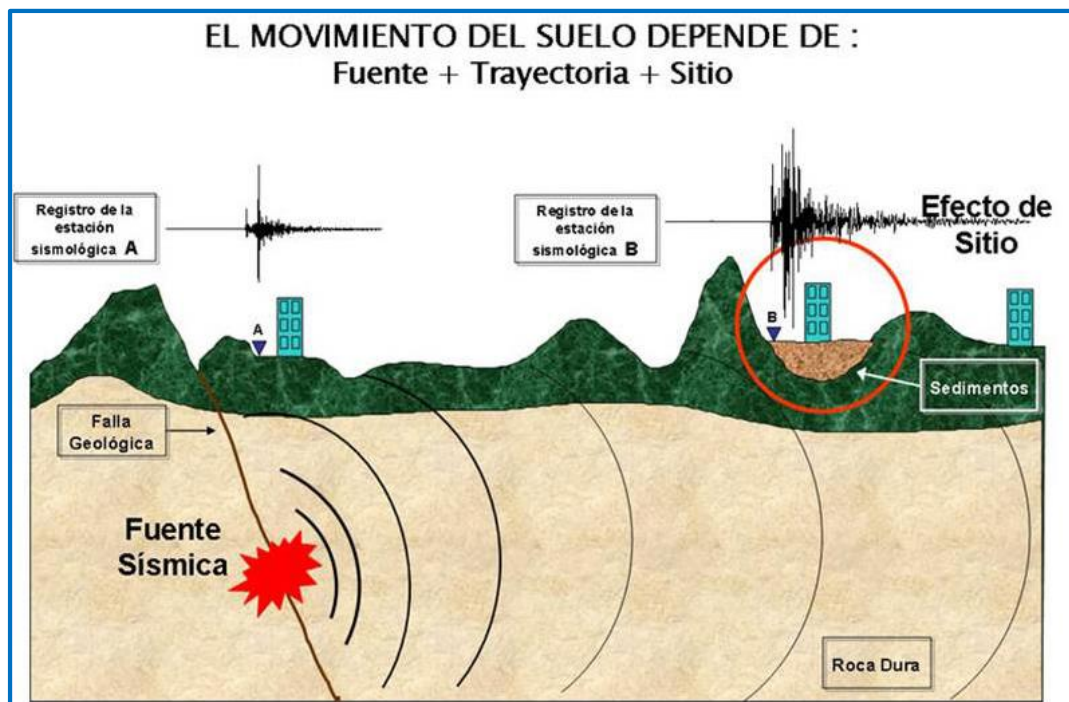


Figura 9: Influencia del suelo durante un sismo  
Fuente: [www.sismos.com](http://www.sismos.com)

##### Tipo de suelo:

(Bozzo, 2004) Cada tipo de suelo responde de manera diferente a ondas sísmicas, unos vibran con ondas largas y otros con ondas cortas.

Las construcciones que se encuentran sobre sedimentos blandos como arcillas, limos, depósitos aluviales, valles de inundación, etc. serán



sacudidas con mucho mayor intensidad que aquellas que están sobre lavas o rocas calcáreas.

En la siguiente figura se muestra cómo las ondas que salen del hipocentro son similares en amplitud. Mientras que las que llegan a la casa de la derecha no experimentan mayores cambios en su trayectoria, las que llegan a la casa de la izquierda si lo hacen. La casa de la derecha es una edificación que se ubica sobre un suelo de tipo rocoso o suelo firme y por tanto no amplifica mucho la señal. La casa de la izquierda podríamos decir que es una edificación, que se haya sobre sedimentos blandos que amplifican las ondas sísmicas.

Tal es así, que la amplificación sísmica es mayor en un suelo blando que en una rocosa.

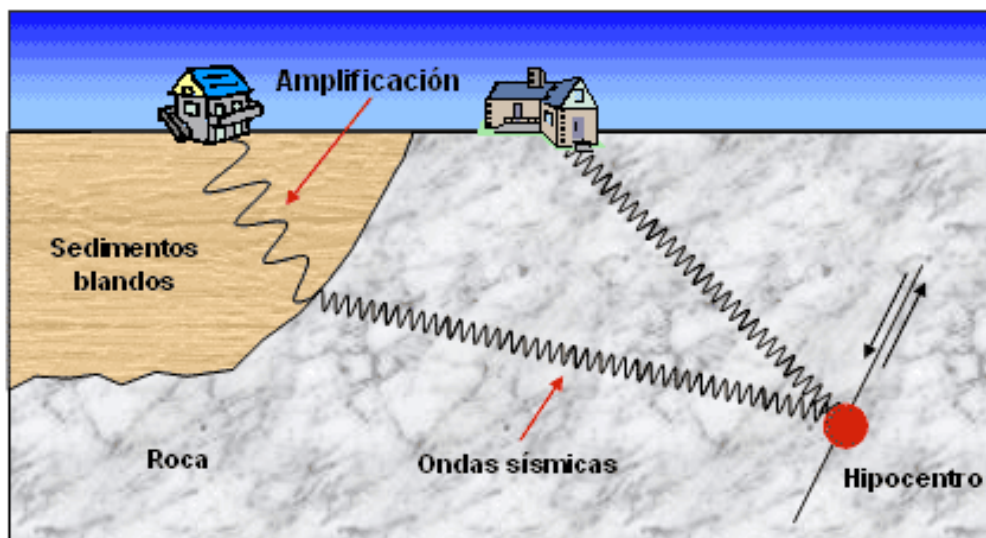


Figura 10: Amplificación de ondas sísmicas en el suelo  
Fuente: [www.sismos.com](http://www.sismos.com)

### **Efecto topográfico**

(Rosenblueth, 2012) La razón por la cual se amplifica tanto, las ondas sísmicas, además del tipo de suelo, puede ser la topografía. Podríamos decir que las montañas se asemejan a edificios o estructuras elevadas en los que en las partes altas el movimiento sísmico es percibido con más fuerza que en la base.

## **1.3 ESTRUCTURACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO**

### **1.3.1 Criterios de estructuración y diseño**

El aporte que realiza (Blanco, 2011), *“Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto armado”*; indica que mientras más compleja es la estructura, más difícil resulta predecir su comportamiento sísmico. Por esta razón, aconseja que la estructuración sea lo más simple y limpia posible, de manera que la idealización necesaria para su análisis sísmico se acerque lo más posible a la estructura real. Debe además tratarse que los elementos no estructurales distorsionen la distribución de fuerzas considerada, pues se generan fuerzas en elementos que no fueron diseñadas para esas condiciones.

Los principales criterios que son necesarios tomar en cuenta, según el autor, para lograr una estructura sismoresistente, son:

#### **a) Simplicidad y simetría**

Blanco también nos menciona que, la experiencia ha podido demostrar que las estructuras simples se comportan mejor durante los sismos. Hay dos razones principales para que esto sea así. Primero, nuestra habilidad para predecir el comportamiento sísmico de una estructura es marcadamente mayor para las estructuras simples que para las complejas; y segundo, nuestra habilidad para idealizar los elementos estructurales es mayor para las estructuras simples que para las complicadas.

El hacer un modelo para realizar el análisis estructural de un pórtico perfectamente definido o de una placa continua puede resultar sencillo y los resultados pueden reflejar aproximadamente bien el comportamiento real; sin embargo, cuando las estructuras son complejas existen dificultades en el modelo a realizar, haciéndose simplificaciones que no permiten asegurar la similitud del modelo y el comportamiento real.

La simetría de la estructura en dos direcciones es deseable por las mismas razones; la falta de simetría produce efectos torsionales que son difíciles de evaluar y pueden ser muy destructivos.

Las fuerzas de sismo se podrán idealizar actuando en el centro de masas de cada piso, mientras las fuerzas que absorben los elementos estarán ubicadas en el centro de rigidez; si no existe coincidencia entre el centro de masas y el centro de rigidez el movimiento sísmico no solo ocasionara un movimiento de traslación, sino adicionalmente un giro en la planta estructural (torsión), la cual hace incrementar los esfuerzos debidos al sismo, pudiéndose sobrepasar los esfuerzos resistentes (ver figura 11). Los cálculos que se realizan en este aspecto son aproximaciones y mientras más excentricidad exista se tendrán mayores problemas.

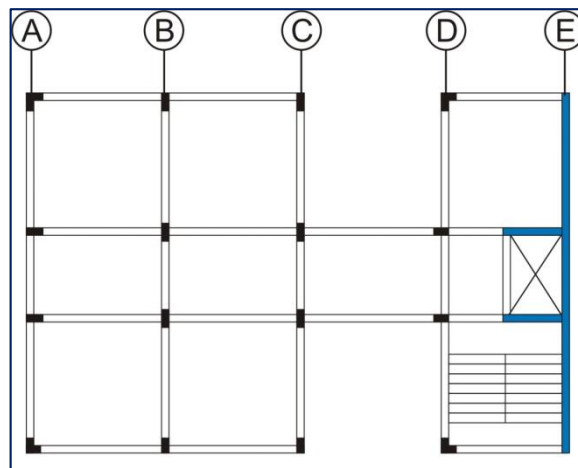


Figura 11: Edificación con mucha rigidez en extremo y con reducción de losa  
Fuente: Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado (Antonio Blanco Blasco)

### b) Resistencia y ductilidad

Por otra parte, Blanco nos dice que las estructuras deben tener resistencia sísmica adecuada en todas las direcciones. El sistema de resistencia sísmica debe existir por los menos en dos direcciones ortogonales o aproximadamente ortogonales, de tal manera que se garantice a la estabilidad tanto de la estructura como un todo, como de cada uno de sus elementos.

Las cargas deben transferirse desde su punto de aplicación hasta su punto final de resistencia. Por lo tanto debe proveerse una trayectoria o trayectorias continuas, con suficiente resistencia o rigidez para garantizar al adecuado transporte de las cargas.

La característica fundamental de la sollicitación sísmica es su eventualidad. Ello se traduce en que en un determinado nivel de esfuerzos se produce en la estructura durante un corto tiempo.

Por esta razón, las fuerzas de sismo se establecen para valores intermedios de la sollicitación, confiriendo a la estructura una resistencia inferior a la máxima necesaria, debiendo complementarse el saldo otorgándole una adecuada ductilidad. Esto requiere preparar a la estructura para ingresar en una etapa plástica, sin que llegue a la falla.

Otro antecedente importante que debe ser tomado en cuenta en la concepción de estructuras aporticadas, es la ubicación de las rótulas plásticas. El diseño debe tender a que estas se produzcan en los elementos que contribuyan menos a la estabilidad de la estructura.

Por esta razón, es conveniente que ellas se produzcan en las vigas, independiente al hecho que por estar más cerca de su resistencia última, contribuyen a disipar más tempranamente la energía sísmica. Este control en la ubicación de las rótulas plásticas tiene la ventaja adicional de permitir que la ductilidad se otorgue en los puntos en que ella es necesaria, lo cual permite un diseño más económico.

Un antecedente que es conveniente tener presente en la estructuración es que la ductilidad depende de la carga aplicada al elemento. Este efecto actúa en forma diferente, según el tipo de material constituyente. Si este es concreto armado, un aumento de la carga se traduce en un aumento de la resistencia con disminución de la ductilidad.

Los criterios de ductilidad deben también extenderse al dimensionamiento por corte, ya que en el concreto armado la falla por corte es de naturaleza frágil. Para lograr este objetivo, debe verificarse en el caso de una viga, que la suma de los momentos flectores extremos divididos por la luz sea menor que la capacidad resistente al corte de la viga; y en general, para cualquier elemento, que la resistencia proporcionada por corte sea mayor que la resistencia proporcionada por flexión.

Al suministrar ductilidad a una estructura de concreto armado, debe garantizarse que la falla se produzca por fluencia del acero y no por compresión del concreto.

### **c) Hiperestaticidad y monolitismo**

De la misma forma, el autor nos refiere, que como concepto general de diseño sismorresistente debe indicarse la conveniencia de que las estructuras tengan una disposición hiperestática.

Ellos logra una mayor capacidad resistente, al permitir que, por producción de rotulas plásticas, se disipe en mejor forma la energía sísmica y, por otra parte, al aumentar la capacidad resistente se otorga a la estructura un mayor grado de seguridad.

En el diseño de estructuras donde es sistema de resistencia sísmica no sea hiperestático, es necesario tener en cuenta el efecto adverso que implicaría la falla de un de los elementos o conexiones en la estabilidad de la estructura.

Un caso especial lo forman las estructuras tipo torre o péndulo invertido, en las cuales no es factible asignar a la estructura los valores usuales de ductilidad ya que se trata de estructuras isostáticas en las que se concentran. Los máximos esfuerzos provenientes de las sollicitaciones sísmicas en la zona inferior del elemento vertical de soporte.

### **d) Uniformidad y continuidad de la estructura**

En este punto el autor señala que, la estructura debe ser continua tanto en planta como en elevación con elementos que no cambien bruscamente de rigidez, de manera de evitar concentraciones de esfuerzos.

Si se usan placas (muros de concreto armado) y se requiere eliminarlas en algún nivel, no deberá hacerse un cambio brusco sino reducciones paulatinas de manera de obtener una transición.

Si las placas se interrumpen en los niveles inferiores (caso típico de edificios con estacionamiento), el problema es aún mayor, pues adicional al hecho de la concentración e esfuerzos, se concentran las demandas de

ductilidad en las columnas inferiores (dado en comportamiento similar a cuerpo rígido de la placa superior), lo cual es muy difícil de conseguir dadas las características propias de las columnas.

#### **e) Rigidez lateral**

Blanco, también refiere que; para que una estructura pueda resistir fuerzas horizontales sin tener deformaciones importantes, será necesario proveerla de elementos estructurales que aporten rigidez lateral en sus direcciones principales.

Las deformaciones importantes durante un sismo, ocasionan mayor efecto de pánico en los usuarios de la estructura, mayores daños en los elementos no estructurales y en general mayores efectos perjudiciales, habiéndose comprobado un mejor comportamiento en estructuras rígidas que en estructuras flexibles.

Las estructuras flexibles tienen la ventaja de ser más fáciles de analizar y de alcanzar la ductilidad deseada, al menos analíticamente.

**Sus desventajas son:** que el pórtico flexible tiene dificultades en el proceso constructivo ya que puede existir gran congestión de armadura en los nudos, que los elementos no estructurales pueden invalidar el análisis ya que al ser difíciles de separar completamente de la estructura, es posible que introduzcan una distribución diferente de esfuerzos y que las deformaciones laterales sean significativas siendo a menudo excesivas.

Las estructuras rígidas tienen la ventaja de no tener mayores problemas constructivos y no tener que aislar y detallar cuidadosamente los elementos no estructurales, pero poseen la desventaja de no alcanzar ductilidades elevadas y su análisis es más complicado.

Actualmente es práctica generalizada la inclusión de muros de corte en edificios aporricados a fin de tener una combinación de elementos rígidos y flexibles. Con ello se consigue que el muro limite la flexibilidad del pórtico, disminuyendo las deformaciones, en tanto que este último le

confiere hiperestaticidad al muro y, por lo tanto, le otorga una mejor posibilidad de disipación de energía sísmica.

**f) Losas permitiendo considerar como una unidad rígida**

Corroborando, Blanco, nos que en los análisis es usual considerar como hipótesis básica la existencia de una losa rígida en su plano, que permite la idealización de la estructura como una unidad, donde las fuerzas horizontales aplicadas pueden distribuirse en las columnas y muros (placas) de acuerdo a su rigidez lateral, manteniendo todas una misma deformación lateral para un determinado nivel.

Esta condición debe ser verificada teniendo cuidado de no tener losas con grandes aberturas que debiliten la rigidez de estas (ver figura 12). Debe tenerse especial cuidado en las reducciones de planta con zonas tipo puente.

Las estructuras alargadas en planta tienen mayor posibilidad de sufrir diferentes movimientos sísmicos aplicados en sus extremos, situación que puede producir resultados indeseables. Una solución a este problema es independizar el edificio en dos o más secciones, mediante juntas de separación sísmica, que deben ser debidamente detalladas y construidas para evitar el choque de dos edificaciones vecinas; la misma solución es aplicable para separar secciones de edificaciones con formas de T, L o H en planta.

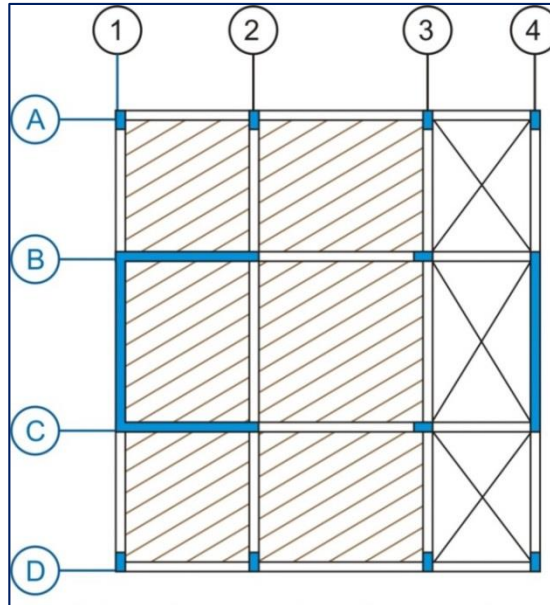


Figura 12: Edificación con aberturas que no podrá transferir fuerza sísmica hacia el eje 4  
Fuente: Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado (Antonio Blanco Blasco)

### g) Elementos no estructurales

Otro aspecto que tomado en cuenta, (Blanco, 2011) en una estructuración es la influencia de los elementos secundarios.

Estos desempeñan un papel positivo en el sentido de que colaboran a un mayor amortiguamiento dinámico, debido principalmente a que al producirse agrietamientos internos aumentan los rozamientos. En los sismos violentos, al agrietarse en forma importante contribuyen a disipar energía sísmica, aliviando a los elementos resistentes.

Sin embargo, presentan también algunos efectos negativos, causados principalmente por el hecho de que, al tomar esfuerzos no previstos en el cálculo, distorsionan la distribución supuesta de esfuerzos.

Por esta razón debe ser convenientemente considerado en el diseño de estructuras flexibles.

En algunos casos la tabiquería puede presentar efectos nocivos en la estructura; así tenemos por ejemplo en caso de tabiquería colocada en forma asimétrica en planta, o tabiquería que produce columnas cortas (ventanas altas). En estos casos debe corregirse estos efectos mediante la independización de los tabiques o mediante la inclusión de otros elementos de concreto armado que anulen los efectos mencionados.



Si la estructura es rígida, estando conformada por muros de concreto (placas) y pórticos es probable que la rigidez de los tabiques de ladrillo sea pequeña en comparación con la de los elementos de concreto armado; en estos casos, despreciar en el análisis de los tabiques no será tan importante.

Si la estructura está conformada básicamente por pórticos, con abundancia de tabiquería, esta no se podrá despreciar en el análisis, pues su rigidez será apreciable, obteniéndose una rigidez del conjunto tabiquería-pórticos muy diferente a la de los pórticos solamente. En estos casos se deberá realizar el análisis usando modelos estructurales que incluyan la tabiquería, diseñándose esta y los elementos de concreto armado.

Muchas de las estructuras de concreto armado usuales se componen adicionalmente de elementos de albañilería, sea por la inclusión de muros denominados “portantes” por el hecho de cargar las losas de los techos, o por la inclusión de muros denominados “tabiques” por el hecho de ser elementos divisorios de ambientes o cerramientos que no tienen como misión soportar cargas de gravedad.

En el primer caso a las estructuras se les denomina “de albañilería” y debe tenerse presente la inclusión de muros resistentes de cargas de gravedad y de cargas horizontales de sismo en las dos direcciones principales de la estructura. Si se compara la rigidez lateral de un muro de albañilería y de un pórtico de concreto armado formado por columnas y vigas, de dimensiones normales para una estructura “de albañilería”, se encuentra que el muro tiene mayor rigidez siendo por tanto este el elemento principal de la estructura.

El diseño deberá contemplar por tanto la participación real de ambos elementos, albañilería y pórticos de concreto armado.

Si en una dirección se tiene abundantes muros y en la otra muy pocos, se tendrá una resistencia adecuada en la primera e inadecuada en la segunda. En la dirección con pocos muros y probablemente con pórticos de poca rigidez (columnas y vigas de dimensiones moderadas), los muros

a pesar de ser escaso, tienen una rigidez lateral apreciable y probablemente mayor que la de los pórticos, presentándose entonces esfuerzos elevados en los muros, sobrepasándose los esfuerzos admisibles; en estos casos los muros fallaran y recién después de haber fallado, al haber perdido su rigidez se redistribuirán los esfuerzos hacia los pórticos de concreto armado.

#### **h) Sub-estructura o cimentación**

Por otra parte el autor nos dice que, cuando una estructura esta cimentada sobre dos tipos diferentes de suelos los cuidados deben ser mayores para obtener una acción integral.

Otro aspecto que debe considerarse en el análisis estructural es la posibilidad de giro de la cimentación; normalmente los ingenieros están acostumbrados a considerar un empotramiento en la base de las columnas y muros, lo cual no es cierto en la mayoría de casos.

Mientras menos duros sean los terrenos de cimentación es mayor la importancia de considerar la posibilidad de giro de la cimentación, el cual afecta desde la determinación del periodo de vibración, el coeficiente sísmico, la distribución de fuerzas entre placas y pórticos y la distribución de esfuerzos en altura (distintos pisos) hasta los diseños de diferentes elementos estructurales.

#### **1.3.2 Elementos estructurales**

Marianela Blanco en el 2012, en su aporte "*Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente*" menciona que, los elementos estructurales principales de toda edificación son las losas, vigas, columnas, muros o placas, escaleras y la cimentación.

Adicional a estos se tiene otros menos importantes como son los parapetos, tabiques y los muros de contención (sótanos, de sistemas o de tanques).

Para este trabajo de tesis nos enfocaremos en los elementos siguientes: vigas, columnas y muros o placas las que (Blanco, 2011) define los siguientes:

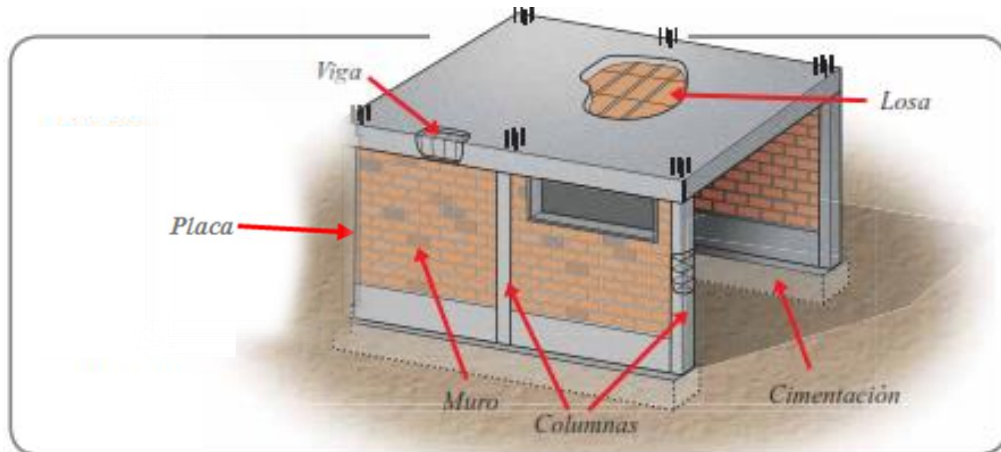


Figura 13: Elementos estructurales  
Fuente: Manual Construye seguro (Aceros Arequipa)

#### a) Vigas (comportamiento y tipos)

(Blanco, 2011), son los elementos que reciben la carga de las losas y las transmiten hacia otras o directamente hacia las columnas o muros.

Generalmente las vigas forman los denominados ejes de la estructura, teniendo las columnas ubicadas en sus intersecciones. El conjunto formado por las vigas y las columnas reciben el nombre de pórtico.

Además de la función ya indicada (relativa a dar apoyo a las losas y transmitir su carga hacia las columnas o muros), las vigas tienen una función sísmica importantísima. Esta es la de constituir junto con las columnas y muros los elementos resistentes a los diferentes esfuerzos producidos por las fuerzas horizontales de sismos (cortantes, momentos y axiales), y ser los elementos que ayudan a proporcionar rigidez lateral.

Las vigas pueden ser peraltadas o chatas dependiendo de su altura o peralte; se denomina viga peraltada a aquellas que tienen una altura mayor al espesor del techo, y por tanto es visible. Las vigas peraltadas pueden ser invertidas, cuando sobresale hacia la parte superior de la losa.

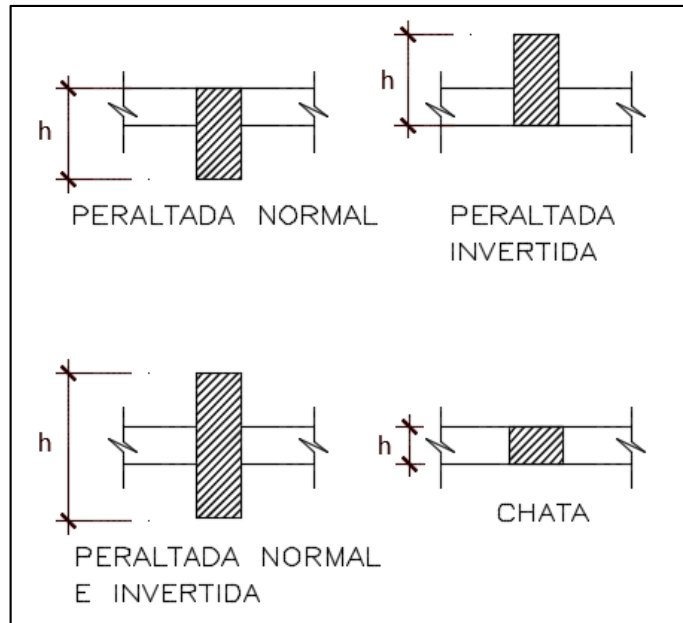


Figura 14: Tipos de vigas ( $h$ = peralte de viga)

Fuente: Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado (Antonio Blanco Blasco)

## b) Columnas (comportamiento y tipos)

Son los elementos, generalmente verticales, que reciben las cargas de las losas y de las vigas con el fin de transmitirlos hacia la cimentación y permiten que una edificación tenga varios niveles.

Desde el punto de vista sísmico, las columnas son elementos muy importantes, pues forman con la viga los denominados pórticos, que constituyen el esqueleto sismo-resistente junto con los muros, si estos existen.

Las columnas se construyen de diferentes secciones, siendo común el uso de columnas circulares, cuadradas y rectangulares; también puede usarse otro tipo de secciones como las poligonales o trapezoidales, las cuales suelen ser más caras debido al encofrado mayor y más dificultoso.

Las columnas son elementos principalmente sometidos a esfuerzos de compresión y simultáneamente a los de flexión (flexo compresión), debido a que tienen momentos flectores transmitidos por las vigas y reciben las cargas axiales de los diferentes niveles de la edificación. La sección transversal de la columna dependerá de la magnitud de la carga vertical que recibe y de la magnitud de los momentos flectores actuantes.

### **c) Muros o placas**

Son paredes de concreto armado que dan su mayor dimensión en una dirección, muy superior a su ancho, proporcionan gran rigidez lateral y resistencia en esa dirección. Algunos autores definen a los muros como columnas de sección transversal muy alargada, destacando el hecho que en la realidad una columna y una placa reciben los mismos esfuerzos, ya que ambos cargan las vigas y las losas y reciben momentos de estas.

Sin embargo, el hecho de tener su largo notoriamente superior a su ancho, hace que las placas tengan un comportamiento interior diferente (importantes deformaciones por corte), convirtiéndose en elementos de gran rigidez lateral y resistencia en la dirección de su largo.

La gran rigidez lateral que proporcionan los muros o placas, superior a la que puede proporcionar un pórtico formado por columnas y vigas, hace que en la actualidad, con una conciencia más clara, hacia el diseño sismo resistente, se les use en casi todo tipo de edificaciones.

Uno de los principales problemas de las fuerzas horizontales de sismo son las excesivas deformaciones horizontales; cuando un edificio es muy flexible (es decir, tiene deformaciones laterales importantes) se generan mayores problemas durante un sismo, como son un mayor efecto de pánico en sus ocupantes, posibles choques con edificaciones vecinas, mayor posibilidad de rotura de vidrios, desprendimiento de cornisas, enchapes y parapetos, mayores fisuras en tabiques de albañilería, mayores efectos de esbeltez en columnas, etc.

Frente a estos problemas uno de los criterios de diseño más importante es el de limitar los desplazamientos laterales de una edificación durante los sismos y una de las mejores formas para lograr este objetivo es recurrir al uso de muros o placas en las dos direcciones.

Dada su gran rigidez, los muros terminan absorbiendo la mayor parte de los cortantes de sismo (fuerzas horizontales acumuladas), lo cual obliga a ser muy cuidadoso con su ubicación en planta, con el objeto de no crear efectos de torsión si se colocan estos en forma asimétrica.

### **1.3.3 Predimensionamiento de elementos estructurales**

(Blanco, 2011) aporta en su texto, los criterios y recomendaciones prácticas para el dimensionamiento de los elementos estructurales principalmente (vigas, columnas, muros o placas) y los describe:

#### **a) Predimensionamiento de vigas**

Las vigas se dimensionan generalmente considerando un peralte del orden de  $1/10$  a  $1/12$  de la luz libre; debe aclararse que esta altura incluye el espesor de la losa del techo o piso

El ancho es menor importante que el peralte, pudiendo variar entre 0.3 a 0.5 m de altura. La norma peruana de concreto armado indica que las vigas deben tener un ancho mínimo de 25 cm, para el caso que estas formen parte de pórticos o elementos sismo-resistentes de estructuras de concreto armado. Esta limitación no impide tener vigas de menor espesor (15 ó 20 cm) si se trata de vigas que no forman pórticos.

Las vigas denominadas “secundarias” porque no cargan la losa de los pisos o techos, pueden tener menos peralte si se admite que ellas solo reciben esfuerzos debido al sismo; sin embargo, si se tiene en cuenta que los esfuerzos de sismo son muchas veces más importantes que los de cargas de gravedad, no deben reducirse mucho su peralte pues además se estará perdiendo rigidez lateral en esa dirección. Como ya se indicó anteriormente el objetivo es estructurar considerando rigidez lateral y resistencia en las dos direcciones de la edificación, y por lo tanto debe disponerse vigas peraltadas en las dos direcciones, a menos que se haya considerado un número importante de placas en la dirección secundaria (trabajando con muros en voladizo) con lo cual se podría disponer de vigas chatas.

Actualmente es común considerar vigas de igual peralte en las direcciones de la edificación, aumentando el ancho para el caso de las vigas principales.

Conforme se tengan luces más grandes, puede disminuirse el peralte obteniendo con la recomendación del décimo o doceavo de la luz y es

factible considerar hasta el catorceavo de la luz disponiendo de ancho del orden de 0.5 de la altura

Se indica a continuación dimensiones usuales de vigas:

- ✓  $L \leq 5.5$  m. 25 x 50, 30 x 50
- ✓  $L \leq 6.5$  m. 25 x 60, 30 x 60, 40 x 60
- ✓  $L \leq 7.5$  m. 25 x 70, 30 x 70, 40 x 70, 50 x 70
- ✓  $L \leq 8.5$  m. 30 x 75, 40 x 75, 30 x 80, 40 x 80
- ✓  $L \leq 9.5$  m. 30 x 85, 30 x 90, 40 x 85, 40 x 90

### **b) Predimensionamiento de columnas**

Las columnas al ser sometidas a carga axial y momento flector, tienen que ser dimensionadas considerando los dos efectos simultáneamente, tratando de evaluar cuál de los dos es el que gobierna en forma más influyente el dimensionamiento.

Si se trata de edificaciones con un buen número de pisos, tal que se pueda advertir que la carga axial es importante con relación al momento, se puede dimensionar buscando una sección total de modo que la carga axial en servicio produzca un esfuerzo de compresión del orden de  $0.45 f_c$ .

Si se trata de una edificación de pocos pisos y de luces importantes, es posible que los momentos produzcan excentricidades importantes y se busque una sección con más peralte para la dirección donde el momento es crítico.

El problema no es simple si se considera que existen cargas y momentos producidos por cargas de gravedad y por las cargas horizontales de sismo.

Normalmente para edificios aporricados, los momentos de sismo son siempre mayores a los de cargas de gravedad y por la carga horizontal de sismo.

Por otro lado, actualmente la mayoría de las edificaciones se diseñan con sistemas mixtos de pórticos y muros de corte, lo cual permite reducir significativamente los momentos en las columnas debidos a sismos.

1) Para edificios que tengan muros de corte en las dos direcciones, tal que la rigidez lateral y la resistencia van a estar principalmente controladas por los muros, las columnas se pueden dimensionar suponiendo un área igual a:

$$\text{Área de columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0,45 f'c} \dots\dots\dots \text{Ec. 01}$$

f'c: es el esfuerzo máximo de compresión en el concreto

2) Para el mismo tipo de edificios, el dimensionamiento de las columnas con menos carga axial, como es el caso de las exteriores o esquineras, se podrá hacer con un área igual a:

$$\text{Área de columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0,35 f'c} \dots\dots\dots \text{Ec. 02}$$

3) Para edificios íntegramente aporticados, menores o iguales a los cuatro pisos, las columnas deberán dimensionarse mediante alguna estimación del momento de sismo, demostrando la experiencia que se requerirán columnas con un área fluctuante entre 1000 y 2000 cm<sup>2</sup>, salvo que se tengan vigas con luces mayores a 7 m.

Así para este tipo de edificios, se dispondrá columnas de 35\*35, 40\*40, 25\*50, 30\*60, 30\*40, 30\*50, 40\*50, 40\*60 ó circulares de 40 ó 50 cm. de diámetro, no olvidando la importancia de colocar columnas con suficiente peralte en las dos direcciones, pues se trata de proporcionar la rigidez lateral en las dos direcciones.

Por consiguiente de debe cuidar el peralte en las columnas exteriores de los pórticos principales y secundarios. Siendo muy útil en estos casos emplear columnas esquinera en forma de "L" y exteriores en forma de "T", o un mixto de columnas rectangulares con alguna peraltada en la dirección principal (exteriores) y otras peraltadas en la dirección secundaria (interiores).



4) Para edificios con luces significativas (mayores a 7 u 8 m), deben tenerse especial cuidado en las columnas exteriores, pudiendo dimensionarse el peralte de columna en un 70% u 80% del peralte de la viga principal.

### **c) Predimensionamiento de placas o muros de concreto**

Es difícil poder fijar un dimensionamiento para las placas puesto que, como su principal función es absorber las fuerzas de sismo, mientras más abundante o importante sean tomanan un mayor porcentaje del corte sísmico total, aliviando más a los pórticos. Esto significa que podría predecirse de las placas si se desea que los pórticos tomen el 100% del cortante sísmico.

Sin embargo, el considerar edificaciones solamente con pórticos hace que se obtengan deformaciones laterales muy importantes, lo cual no es conveniente, por lo que es ideal combina placas y pórtico de acuerdo a las posibilidades arquitectónicas, con el cual se puede obtener un balance adecuado en la distribución de esfuerzos y se controla la flexibilidad de la edificación.

Las placas pueden hacerse de mínimo 10 cm de espesor, pero generalmente se considera de 15 cm de espesor en el caso de edificios de pocos pisos y de 20, 25 ó 30 cm conforme aumentemos el número de pisos o disminuamos su densidad.

### **1.3.4 Metrado de cargas**

(San Bartolome, 2005) indica que el metrado de cargas es una técnica con la cual se estiman las cargas actuantes sobre los distintos elementos estructurales que componen al edificio. Este proceso es aproximado ya que por lo general se desprecian los efectos hiperestáticos producidos por los momentos flectores, salvo que estos sean muy importantes.

Como regla general, al metrar cargas debe pensarse en la manera como se apoya un elemento sobre otro; por ejemplo las cargas existentes en un nivel se transmiten a través de la losa del techo hacia las vigas (o muros) que la soportan, luego, estas vigas al apoyar sobre las columnas, le

transfieren su carga; posteriormente, las columnas transmiten la carga hacia sus elementos de apoyo que son las zapatas; finalmente, las cargas pasan a actuar sobre el suelo de cimentación.

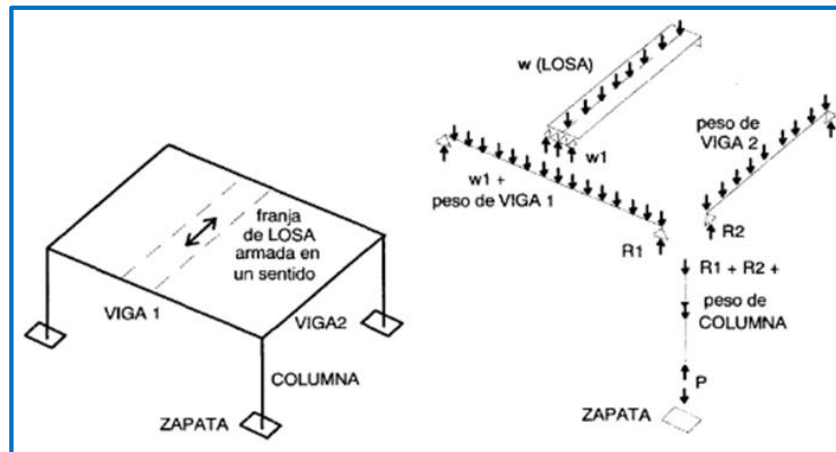


Figura 15: Transmisión de las cargas verticales  
Fuente: Análisis de edificios (Ángel San Bartolomé)

### 1.3.5 Antecedentes de la norma sismorresistente

(Cordova, 2014), nos expone los antecedentes de la ingeniería sismoresistencia:

- 1963: ACI introduce el diseño a la rotura.
- 1964: Primer proyecto de norma peruana, basada en la de SEAOC (Structural Engineers Association of California).
- 1970: Primera norma peruana de nivel nacional.
- 1977: Segunda norma peruana.
- 1997: Tercera norma peruana.
- 2003: Actualización de la tercera norma peruana

#### a) 1970, primera norma peruana de nivel nacional

Para la determinación de la fuerza sísmica lateral se utilizaba la siguiente expresión:

$$H = U K C P \dots\dots\dots Ec. 03$$

H = Fuerza sísmica lateral.

U = Coeficiente sísmico según la regionalización y uso de la edificación.

K = Tipo de estructura (sistema estructural)

C = Factor del % de carga permanente más carga viva (función del periodo de la estructura)

P = Peso de la edificación

No existía factor de amplificación de la fuerza y se indicaba que el profesional autor del proyecto determinaría el aumento de los coeficientes sísmicos que se pudiera requerir según la naturaleza del terreno.



Figura 16: Mapa regionalización sísmica 1970  
Fuente: zonificación sísmica de la primera norma peruana

### b) 1977 segunda norma peruana

Se incorpora la norma básica de diseño al reglamento nacional de construcciones, la que reemplaza a la norma anterior

$$H=ZUSCP/R_d..... Ec. 04$$

Dónde:

H = Fuerza cortante sísmica basal

Z = Factor debido a la zona

U = Factor debido al uso de la edificación

S = Factor debido al tipo de suelo

C = Coeficiente sísmico

P = Peso de la edificación



Figura 17: Mapa zonificación sísmica 1977  
Fuente: zonificación sísmica de la segunda norma peruana

### c) 1997, tercera norma peruana

#### Diseño sismorresistente NTE E.030

Debido al sismo de 1996 ocurrido en nazca, se observaron serios daños presentados en los colegios INFES.

En ese sismo se comprobó que las deformaciones laterales de las edificaciones eran mayores que los resultados que se obtenían con los coeficientes de la norma sísmica de 1977, por lo que se decide cambiar la norma.

El nivel de fuerzas no debería cambiarse, si no el cálculo de los desplazamientos laterales de o entrepiso (estructuras más rígidas).

Se hace una nueva norma, manteniendo el nivel de fuerzas, pero obteniéndose desplazamientos 2.5 veces mayores que los obtenidos con la antigua norma.

Para esto se cambian los coeficientes de la expresión general ( $H = ZUSC / R$ ), cambiando los valores de R, ahora multiplicados por 2.5.

$$V = \frac{ZUSC}{R} P \dots\dots Ec. 05 \quad C/R \geq 0.1 \quad C = 2.5 (T_P/T)$$

- V = Fuerza cortante sísmica basal
- Z = Factor debido a la zona
- U = Factor debido al uso de la edificación
- S = Factor debido al tipo de suelo
- C = Coeficiente sísmico.
- P = Peso de la edificación
- R = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas
- T<sub>P</sub> = Período que define la plataforma del factor C
- T = Período fundamental de la estructura para el análisis



Figura 18: Mapa zonificación sísmica 1997  
Fuente: zonificación sísmica de la tercera norma peruana

**d) 2003 actualización de la tercera norma peruana**

Debido al sismo del 2001 ocurrido en Moquegua, Arequipa y Tacna, se decide hacer algunos ajustes a la norma sísmica del 2003.

En esta oportunidad se amplifican las fuerzas sísmicas por 1.25 de tal manera de tener un sismo amplificado a cargas últimas, lo que implicaba modificar los factores de reducción sísmica “R”

$$V = \frac{ZUSC}{R} P \dots\dots\dots \text{Ec.06} \quad C/R \geq 0.125 \quad C = 2.5 (T_P/T); C \leq 2.5$$

V = Fuerza cortante en la base de la estructura

Z = Factor de zona

U = Factor de uso o importancia

S = Factor de amplificación del suelo

C = Factor de amplificación sísmica.

P = Peso total de la edificación

R = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

TP = Período que define la plataforma del factor C

T = Período fundamental de la estructura para el análisis



Figura 19: Zonificación sísmica 2003  
Fuente: Zonificación sísmica, actualizada de la tercera norma peruana

**e) 2016, norma peruana de diseño sismorresistente**

La norma E.030 establece las condiciones mínimas para que el diseño tenga un comportamiento sísmico acorde a los principios siguientes:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad

Los parámetros que se tomaron en cuenta según la norma sismorresistente E.030 son:

**1) Zonificación**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

Tabla 1: Factor de zona

FACTOR DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1



Figura 20: Zonificación sísmica 2016  
Fuente: Norma E.030

## 2) Condiciones Geotécnicas

### a) Perfiles de Suelo

Se considera cinco perfiles típicos ( $S_0, S_1, S_2, S_3, S_4$ ), a los cuales se les asocia un factor de amplificación  $S$ , que permite estimar la amplificación de las sollicitaciones sísmicas respecto a la base rocosa y el periodo  $T_P, T_L$ .

Para esta tesis se consideró un suelo de perfil tipo  $S_1$ , de acuerdo a las características que presenta el suelo de Carmen Alto.

### b) Perfil tipo $S_1$ : Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte, entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $q_u$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm).

### c) Parámetros de sitio ( $S, T_P$ y $T_L$ )

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los períodos  $T_P$  y  $T_L$  dados en las tablas siguientes:

Tabla 2: Factor de suelo respecto a la zona

FACTOR DE SUELOS "S"				
SUELO ZONA	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Norma E.030 del R.N.E

Tabla 3: Periodos de acuerdo al perfil del suelo

PERIODOS "TP" Y "TL"				
	Perfil del suelo			
	S0	S1	S2	S3
TP (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL(S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Norma E.030 del R.N.E



Con respecto a la zonificación, para el trabajo de tesis, se ubica en la zona Z3, con un tipo de suelo S1, por lo que correspondería un factor de  $S=1.00$ ,  $T_P=0.4$  y  $T_L=2.5$ .

### 3) Factor de amplificación sísmica (C)

Según la norma sismorresistente E.030, nos dice que de acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$\text{➤ } T < T_P \quad C=2.5 \quad \text{.....Ec 07}$$

$$\text{➤ } T_P < T < T_L \quad C=2.5 \left(\frac{T_P}{T}\right) \quad \text{.....Ec 08}$$

$$\text{➤ } T > T_L \quad C=2.5 \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right) \quad \text{.....Ec 09}$$

T: período

$T_P$ : Período que define la plataforma del factor C

$T_L$ : Período que define el inicio de la zona del factor C

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

### 4) Período Fundamental de Vibración

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

$$T = h_n / C_T \quad \text{.....Ec 10}$$

T: Período

$h_n$ : Altura total del edificio

$C_T$ : Coeficiente para estimar periodo fundamental de un edificio

Dónde:

$C_T = 35$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Para el trabajo de tesis se considera un  $h_n=21\text{m}$  y  $C_T=45$  (Pórtico de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras).

### **5) Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)**

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías de factor de uso o importancia (U), definido de la siguiente manera:

- Categoría A (edificaciones esenciales)
- Categoría B (edificaciones importantes)
- Categoría C (edificaciones comunes)
- Categoría D (edificaciones temporales)

Cabe indicar que para el trabajo de tesis la categoría clasificada es la "C" siendo esta para edificaciones comunes, según la norma, tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.

### **6) Categoría y sistemas estructurales**

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la tabla N° 4 y respetando las restricciones a la irregularidad de la tabla N° 6.

Tabla 4: Categorías y sistemas estructurales

CATEGORIA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento sísmico con cualquier sistema estructural
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2(*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2y 1	Cualquier sistema.

Fuente: Norma E.030 del R.N.E

(\*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

En el trabajo de tesis, la categoría de sistema estructural de las edificaciones, corresponde a la zona 3, de categoría "C" permitiendo cualquier sistema estructural.

### 7) Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R<sub>0</sub>)

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sísmorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 5. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente R<sub>0</sub> que corresponda.

Tabla 5: Sistemas de estructuración

<b>SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>	
<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coeficiente Básico de Reducción R<sub>0</sub> (*)</b>
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: Norma E.030 del R.N.E

(\*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

Teniendo en cuenta esta tabla, para el trabajo de tesis, el coeficiente básico de reducción es:  $R_0 = 8$ , considerado como estructura pórtico de concreto armado.

### 8) Factor de irregularidad ( $I_a, I_p$ )

El factor  $I_a$  se determinará como el valor correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis.

Para el trabajo de tesis el factor  $I_a$  está definido como una estructura regular, que es una configuración resistente a cargas laterales y según a la norma E.030 el factor será igual a 1.0 ( $I_a=1.0$ ).

El factor  $I_p$  se determinará como el menor de los valores de la tabla N° 6 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Tabla 6: Irregularidades Estructurales

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_p</math></b>
Irregularidad Torsional	0.75
Irregularidad Torsional Extrema	0.6
Esquinas Entrantes	0.9
<b>Discontinuidad del Diafragma</b> La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0.85
Sistemas no Paralelos	0.9

Fuente: Norma E.030 del R.N.E

De acuerdo a la tabla de irregularidades estructural en planta  $I_p$ , para el desarrollo de la tesis, se consideró como discontinuidad del diafragma, cuyo factor es 0.85.

### 9) Categoría de la edificación e irregularidad

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de la tabla siguiente:

Tabla 7: Categorías y regularidad de edificaciones

<b>CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES</b>		
<b>Categoría de la Edificación</b>	<b>Zona</b>	<b>Restricciones</b>
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Norma E.030 del R.N.E

La edificación del trabajo tesis, se ubicación en la zona 3 de categoría C, indicando como restricción, de acuerdo a la tabla: No se permiten irregularidades extremas.

#### **10) Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas, R**

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente  $R_0$ , factor de irregularidad en altura  $I_a$  y el factor de irregularidad en planta  $I_p$ .

$$R = R_0 \times I_a \times I_p \quad \dots\dots\text{Ec. 11}$$

#### **11) Estimación del peso (P)**

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a) En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b) En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.
- c) En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.

- e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

La estimación de peso en el trabajo de tesis se considera como: edificaciones de la categoría C y se tomó el 25% de la carga viva.

## 12) Fuerza cortante en la base

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = (ZxUxCxS/R) \times P \quad \dots\dots\text{Ec. 12}$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:  $C/R \geq 0,125$

Dónde:

V = Fuerza cortante en la base de la estructura

Z = Factor de zona

U = Factor de uso o importancia

C = Factor de amplificación sísmica

S = Factor de amplificación del suelo

R = Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

P = Peso total de la edificación

### 1.3.6 Programa ETAB´S

ETABS, es la abreviatura en ingles de Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones), basado en el análisis de elementos finitos, en su programación.

Usa ETABS en un programa de análisis y diseño con un propósito especial, sofisticado y fácil de usar, desarrollado específicamente para sistemas de edificaciones. ETABS en sus versiones posee una poderosa e intuitiva interfaz gráfica con procedimientos de modelaje, análisis y diseño sin igual, todos integrados usando una base de datos común. Aunque fácil y sencillo para estructuras simples, ETABS también puede

manejar los más grandes y complejos modelos de edificios, incluyendo un amplio rango de comportamientos no lineales, haciéndolo la herramienta predilecta para ingenieros estructurales en la industria de la construcción.

Durante casi 30 años, ETABS ha sido reconocido como el programa estándar para el Análisis y Diseño Estructural de edificaciones. ETABS es ideal para el análisis y diseño de edificios y naves industriales. ETABS es la solución, si se está diseñando un simple pórtico 2D o realizando de un análisis dinámico de un edificio de gran altura que utiliza amortiguadores.

Por otra parte, ETABS tiene la capacidad de importar el modelo desde AutoCAD y exportar los resultados a diferentes programas tales como SAP2000, SAFE, Microsoft Access, Microsoft Excel, Microsoft Word, AutoCAD, y otros.

En conclusión, el programa ETABS agrega una interfaz gráfica fácil y completa, vinculada con poderosas herramientas, ofreciéndole al ingeniero estructural, un programa de análisis y diseño de edificaciones sin igual en eficiencia y productividad (Eliud, 2013)



## II MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

Carmen Alto, es uno de los barrios más antiguos de la ciudad de Ayacucho, ubicado en las faldas del Cerro Acuchimay; tiene un área de 19,33 km<sup>2</sup> a una altitud de 2800 m.s.n.m.

De acuerdo al estudio realizado en el 2012 por el Instituto Nacional de Defensa civil, de “*Mapa de Peligros de la Ciudad De Ayacucho*”, hace saber que la zona geológica de Carmen alto en un suelo de TIPO I, y se trata de una **roca del tipo aglomerado volcánico**, andesita Acuchimay y basalto de estructura vacuolar de muy buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en las áreas de los distritos de **San Juan Bautista y Carmen Alto**, con una capacidad portante que oscila entre 2.5 Kg/cm<sup>2</sup> a 4.0 Kg/cm<sup>2</sup>

#### 2.1.1 Ubicación política

- Región : Ayacucho
- Departamento : Ayacucho
- Provincia : Huamanga
- Distrito : Carmen Alto



Figura 21: Ubicación Departamental y Provincial del distrito de Carmen Alto  
Fuente: Plan de Desarrollo Concertado Ayacucho



Figura 22: Vista panorámica del área del terreno  
Fuente: Google earth

### 2.1.2 Ubicación geográfica

- Localidad : Carmen Alto
- Latitud : 13°10'33.74"
- Longitud : 74°13'08.54"
- Cota : 2800 msnm

### 2.1.3 Vías de acceso

Se tiene tres vías alternas terrestres y pavimentadas, que partiendo desde la Plaza de Armas de la ciudad de Huamanga hacia el distrito de Carmen Alto, hay una distancia de 2.5 km. a 10 minutos con transporte vehicular.

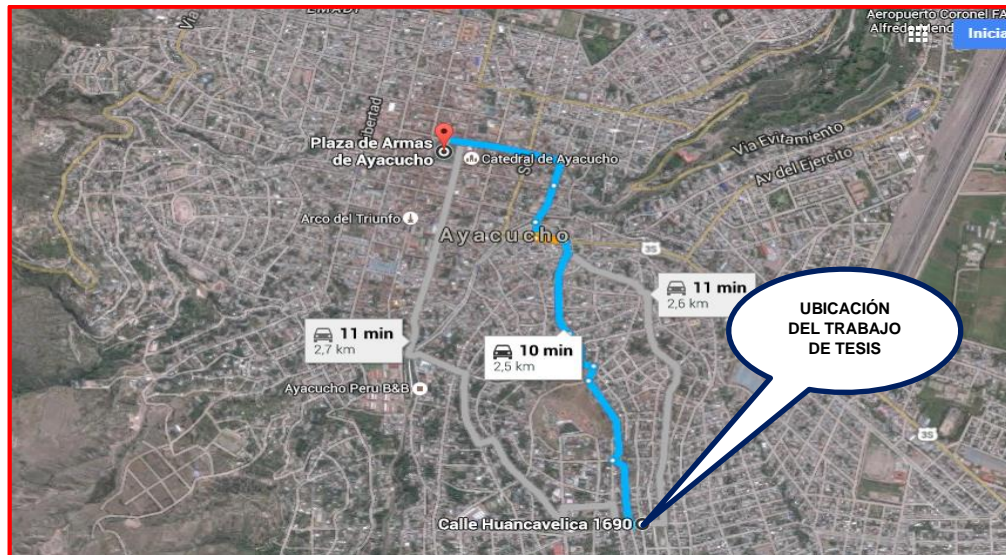


Figura 23: Vista satelital de la vía de acceso  
Fuente: Google earth

## 2.2 MATERIAL

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Papeles.
- ✓ Lápiz

### Planimetría

- ✓ Planos de Arquitectura (en planta y elevación)
- ✓ Plano General de Ayacucho (en planta)
- ✓ Plano de Centro histórico-Ejes de intervención de la ciudad de Ayacucho

### Equipos y Herramientas

- ✓ 02 Winchas de 50 m.
- ✓ Flexómetro de 8 m.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Calculadora
- ✓ Computadora i7
- ✓ Impresora

**Programas:**

- ✓ Programa ETABS Versión 9.7.4
- ✓ Programa AutoCAD versión 2015
- ✓ Microsoft Excel
- ✓ Google Earth

**2.3 METODOS****2.3.1 Fase preliminar**

Para el desarrollo de la tesis, se tomaron en cuenta los planos en planta de la especialidad de arquitectura, elaborados anteriormente.

En el plano de Centro Histórico-Ejes de intervención de la ciudad de Ayacucho, el área de la edificación no está considerada como Centro Histórico y de acuerdo a los requisitos de licencia de edificación - modalidad C indica: *“autorizar, otorgar licencia para vivienda multifamiliar, quinta o condominios que incluyan vivienda multifamiliar (de más de 5 pisos y/o más de 3,000 m<sup>2</sup> de área construida)”*, siempre en cuando no figure dentro del área considerado como Centro Histórico.

Consolidando así, el permiso y disponibilidad del área para la edificación, por lo tanto, el análisis del mismo viendo el comportamiento del sistema.

Cabe indicar que tanto el plano Centro Histórico-Ejes de intervención de la ciudad de Ayacucho, como el requisito para autorizar la licencia de edificación están adjuntados en los anexos.

**2.3.2 Fase de campo**

Durante la fase de campo, se realizó la delimitación del área del terreno, verificando “in-situ”, la ubicación y dimensiones establecidas en los planos de arquitectura, para lo cual, se tomaron en cuenta medidas establecidas en el plano general de Ayacucho..

**2.3.3 Fase de gabinete**

En esta fase se usaron programas como el ETABS, AutoCAD 2015, hojas de cálculo Microsoft Excel.

### a) Predimensionamiento

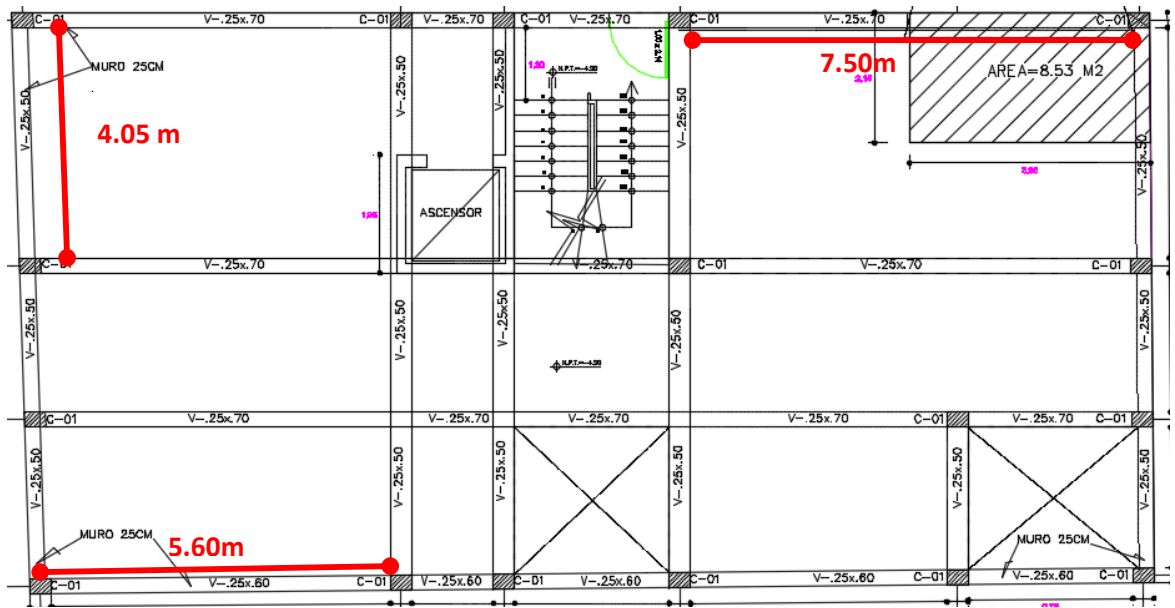


Figura 24: Vista en planta de la edificación  
Fuente: Autocad

#### Para Vigas

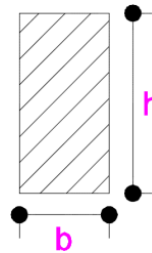
$$h = \left(\frac{1}{10} a \frac{1}{12}\right) L \quad \dots\dots \text{Ec. 13}$$

$$b = \left(\frac{1}{2} a \frac{2}{3}\right) h \quad \dots\dots \text{Ec. 14}$$

En la práctica:

$$h = \left(\frac{1}{10}\right) L; \quad \dots\dots \text{Ec. 15}$$

$$b = \left(\frac{1}{2}\right) h \quad \dots\dots \text{Ec. 16}$$



Para evitar cangrejas tomar  $b_{\min}=25$  cm

Antonio Blanco Blasco recomienda: para luces

- ✓  $L \leq 5.5$  m. 25 x 50, 30 x 50
- ✓  $L \leq 6.5$  m. 25 x 60, 30 x 60, 40 x 60
- ✓  $L \leq 7.5$  m. 25 x 70, 30 x 70, 40 x 70, 50 x 70

Para el trabajo de tesis se tomaron las dimensiones de 25 x 70; 25 x 60 en las vigas horizontales y 25 x 50, en las vigas verticales.

### Para Columnas:

La edificación tiene 7 pisos, el área tributaria tiene un área de  $8.53\text{m}^2$  y recae sobre una columna esquinada y según el ACI la fórmula para columna esquinada es la siguiente:

$$\text{Area}_{\text{columna}} = P_{\text{servicio}} / 0.35f'c \quad \dots\dots\text{Ec. 17}$$

$$P_{\text{servicio}} = P_{\text{categoría}} \times A_{\text{tributaria}} \times N^{\circ}\text{pisos} \quad \dots\dots\text{Ec. 18}$$

La edificación del trabajo de tesis, según la norma es de categoría "C" y le corresponde un peso  $P = 1000 \text{ Kg/m}^2$

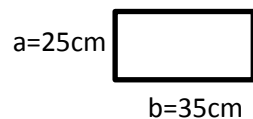
Por lo tanto:

$$P_{\text{servicio}} = 1000 \text{ Kg/m}^2 \times 8.53\text{m}^2 \times 7 \quad P_{\text{servicio}} = 59710 \text{ Kg}$$

$$\text{Area}_{\text{columna}} = 59710 \text{ Kg} / 0.35 (210 \text{ Kg/cm}^2) \quad \text{Area}_{\text{columna}} = 812.38\text{cm}^2$$

Como el espesor del muro es de 25cm se tiene:  $a = 25\text{cm}$

Para hallar el b, tenemos:  $b = 812.38\text{cm}^2 / 25\text{cm} = 32.50\text{cm}$  equivalente a 35cm



### Para placas o muro:

De acuerdo al Ingeniero, Antonio Blanco Blasco, las placas pueden hacerse de mínimo 10 cm de espesor, pero generalmente se considera de 15 cm de espesor y de 20, 25 ó 30 cm conforme aumentemos el número de pisos

Para la presente tesis se consideraron medidas de 25cm de espesor, como muros en el sótano y 15 cm en la caja de ascensor.

#### b) Descripción de la edificación para el programa ETABS 9.7.4.

Se analizó una estructura de seis niveles más un sótano como se muestra en la figura 25, que será destinado a un edificio de oficinas y vivienda.

En las direcciones transversal y longitudinal se utilizaron pórticos y muros de concreto armado.

Para los techo se consideraron losas aligeradas y macizas respectivamente

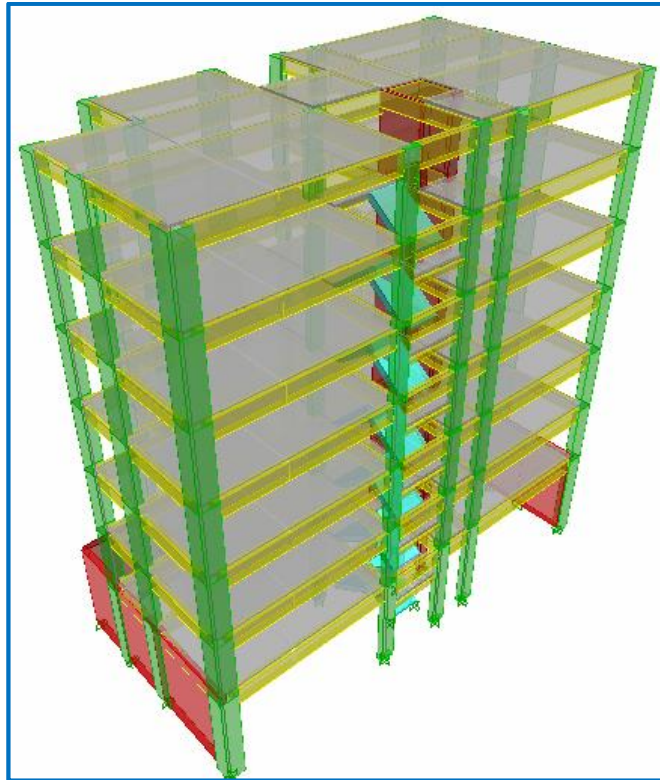


Figura 25: Vista 3D de la estructura  
Fuente: Programa ETABS

### c) Propiedades de materiales

#### 1. Concreto armado:

Resistencia a la compresión :  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

➤ Módulo de elasticidad :  $E=15000\sqrt{f'c}$

➤ Peso Específico :  $Y=2.4\text{ton/m}^3$

2. Peso de losas aligeradas :  $300\text{kg/m}^2$

3. Acabados de piso y techo :  $100\text{kg/m}^2$

#### 4. Cargas vivas:

➤ Oficinas :  $250\text{kg/m}^2$

➤ Vivienda :  $200\text{kg/m}^2$

➤ Techos y azoteas :  $100\text{kg/m}^2$



#### d) Parámetros sísmicos

- De acuerdo a la norma E.030 el distrito de Carmen Alto está ubicado en la zona Z3 y le corresponde un factor de 0.35
- El factor de uso, para la categoría C es:  $U=1.0$
- Para el perfil del suelo y de acuerdo a las tablas de los parámetros de sitio, la edificación se ubica en la zona 3 con un suelo de tipo  $S_1$ , y le corresponde un factor de  $S=1.0$
- De igual manera con la tabla, para los periodos  $T_P$  y  $T_L$  se tiene:  
 $T_P=0.4$  y  $T_L=2.5$
- Con respecto al Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R_0$ )

Tabla 8: Datos a partir de la hoja de cálculo Espectro de sismo

Zona Sísmica (Z3)	$Z = 0.35$
Factor de uso o importancia (categoría C)	$U = 1.0$
Perfil de Suelo $S_1$	$S = 1.0$
Factor de amplificación sísmica	$C = 2.14$
Período que define la plataforma del factor C	$T_P = 0.4$
Período que define el inicio de la zona del factor C	$T_L = 2.5$
Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas	$R_0 = 8.0$
Factor de irregularidad en altura	$I_a = 1.0$
Factor de irregularidad en planta	$I_p = 0.85$
Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	$R = 6.8$

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

Antes de entrar en el programa ETABS, primero obtener datos con la ayuda de la hoja de cálculo Espectro de sismo según la norma E.030. 2016, válidos para las tres alternativas y es como sigue:



### 1 Zonificación, Según E.030-2016 (2.1)

Zona : 3  $Z = 0.35 g$

### 2 Parámetros de Sitio, Según E.030-2016 (2.4)

Perfil Tipo : S1  $S = 1.00$   
 $T_p = 0.40$   
 $T_L = 2.50$

### 3 Categoría del Edificio, Según E.030-2016 (3.1)

Categoría : Común C  $U = 1.00$

### 4 Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.4)

Categoría : Concreto Armado: pórticos  
 $R_0 = 8$

### 5 Restricciones de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.7)

Restricciones : No se permiten irregularidades extremas

### 6 Factores de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.6)

Tomar en consideración el punto 5 sobre restricciones.

Irregularidad en Altura,  $I_a$  : 01 Regular  
 $I_a = 1.00$

Irregularidad en Planta,  $I_p$  : 05 Discontinuidad del Diafragma  
 $I_p = 0.85$  (Para el tipo 03 se debe ingresar el valor manualmente)

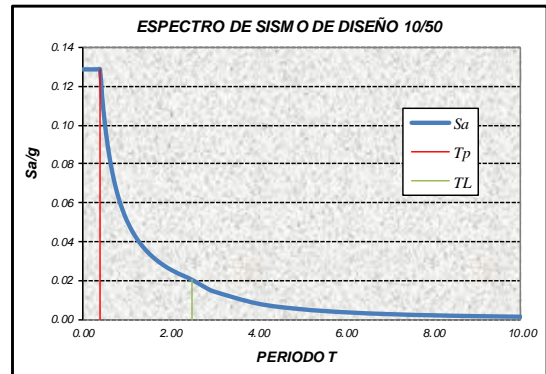
### 7 Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.8)

$R = R_0 \times I_a \times I_p = 6.8$

Figura 26: Hoja de cálculo "Espectro de sismo de la norma E.030-2016"  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

### 8 Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño(Sa/g)

C	T (s)	Sa/g	sa
2.50	0.00	0.129	1.26
2.50	0.02	0.129	1.26
2.50	0.04	0.129	1.26
2.50	0.06	0.129	1.26
2.50	0.08	0.129	1.26
2.50	0.10	0.129	1.26
2.50	0.12	0.129	1.26
2.50	0.14	0.129	1.26
2.50	0.16	0.129	1.26
2.50	0.18	0.129	1.26
2.50	0.20	0.129	1.26
2.50	0.25	0.129	1.26
2.50	0.30	0.129	1.26
2.50	0.35	0.129	1.26
2.50	0.40	0.129	1.26
2.22	0.45	0.114	1.12
2.00	0.50	0.103	1.01
1.82	0.55	0.094	0.92
1.67	0.60	0.086	0.84
1.54	0.65	0.079	0.78
1.43	0.70	0.074	0.72
1.33	0.75	0.069	0.67
1.25	0.80	0.064	0.63
1.18	0.85	0.061	0.59
1.11	0.90	0.057	0.56
1.05	0.95	0.054	0.53
1.00	1.00	0.051	0.50
0.91	1.10	0.047	0.46
0.83	1.20	0.043	0.42
0.77	1.30	0.040	0.39
0.71	1.40	0.037	0.36
0.67	1.50	0.034	0.34
0.63	1.60	0.032	0.32
0.59	1.70	0.030	0.30
0.56	1.80	0.029	0.28
0.53	1.90	0.027	0.27
0.50	2.00	0.026	0.25
0.45	2.20	0.023	0.23
0.42	2.40	0.021	0.21
0.37	2.60	0.019	0.19
0.32	2.80	0.016	0.16
0.28	3.00	0.014	0.14
0.16	4.00	0.008	0.08
0.10	5.00	0.005	0.05
0.07	6.00	0.004	0.04
0.05	7.00	0.003	0.03
0.04	8.00	0.002	0.02
0.03	9.00	0.002	0.02
0.03	10.00	0.001	0.01



Para graficar Tp y Tl		
0.000	0.400	Tp
0.129	0.400	
0.000	2.500	Tl
0.021	2.500	

$$\begin{aligned}
 T < T_p & C = 2,5 \\
 T_p < T < T_L & C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T > T_L & C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

ZONAS SÍSMICAS



Figura 27: Periodo (Ts) y aceleración (Sa). “Espectro de sismo de la norma E.030-2016”  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016


## e) Uso del programa ETABS

### 1) Procesamiento de la alternativa 01

#### Columnas y vigas rectangulares:

En esta alternativa se contaron con columnas de 25cm x 35cm y vigas de 25 cm x 70cm; 25cm x 60cm; 25cm x 50cm.

#### a) Inicio del Programa:

- 1) Hacer doble clic en el icono de ETABS (  )
- 2) Al ingresar al programa observaremos la siguiente vista:

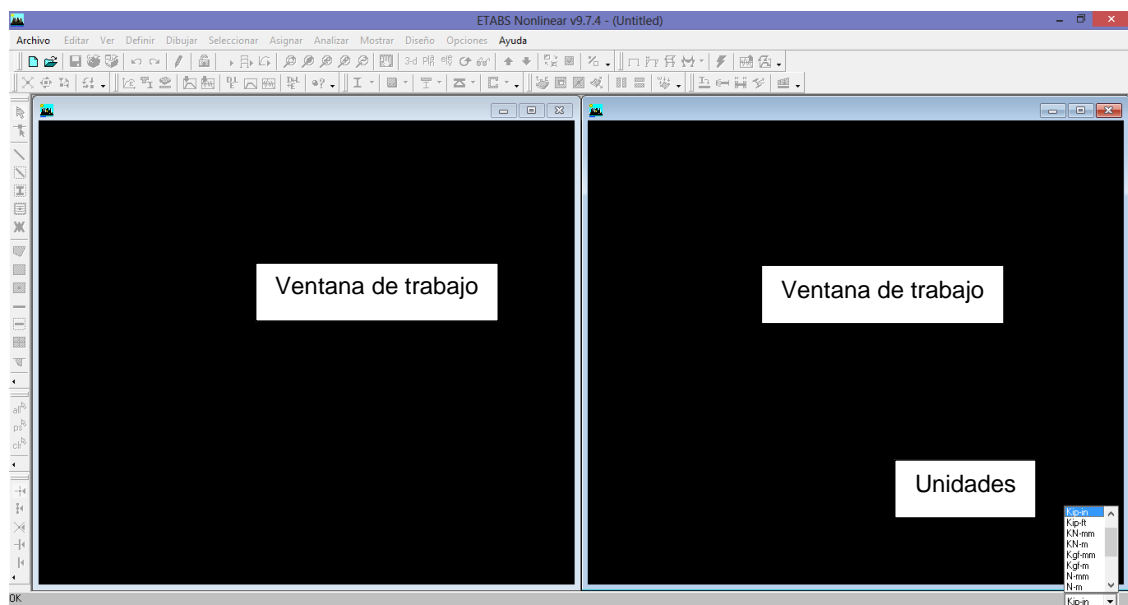



Figura 28: Pantalla inicio del programa  
Fuente: Programa ETABS

- 3) Hacer click en la lista desplegable que se encuentra en la parte inferior derecha y elegimos las unidades ton-m.
- 4) Cuando queramos iniciar un archivo nuevo hacemos click en el botón de acceso rápido  (New Model...) aparecerá la ventana Building System and Story Data Definition como se muestra en la siguiente figura.

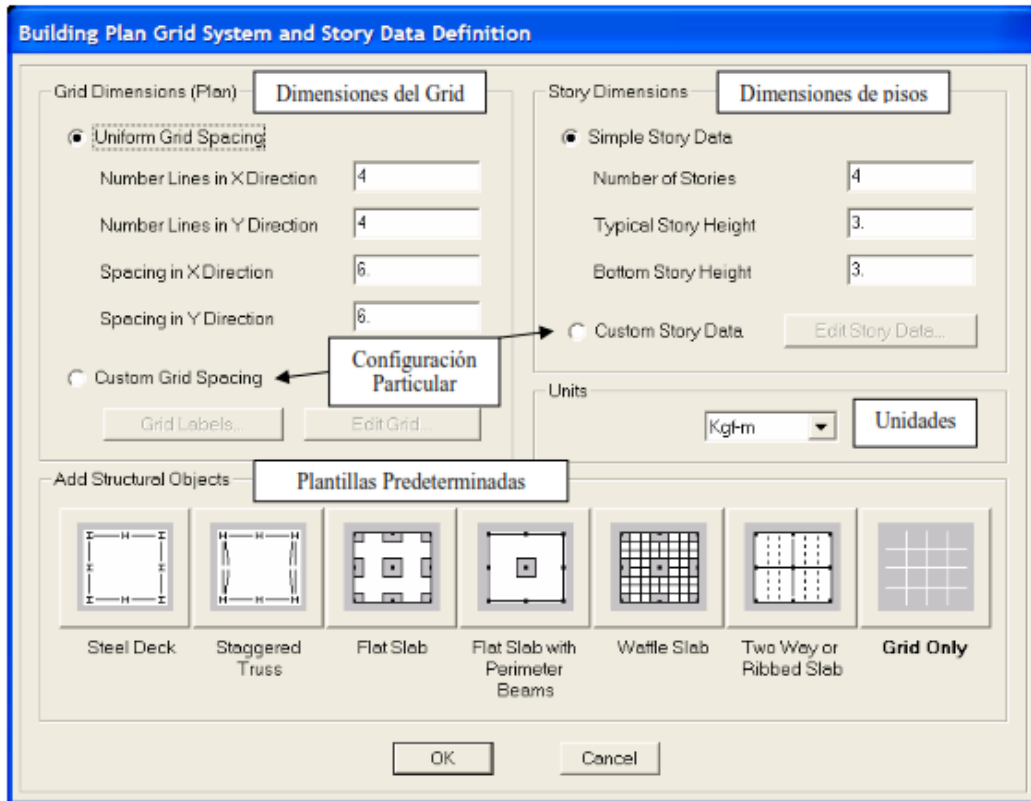


Figura 29: Definición de grillas  
Fuente: Programa ETABS

- 5) Podremos elegir el número de líneas en el eje X y en el eje Y, y el espaciamiento de cada eje Y

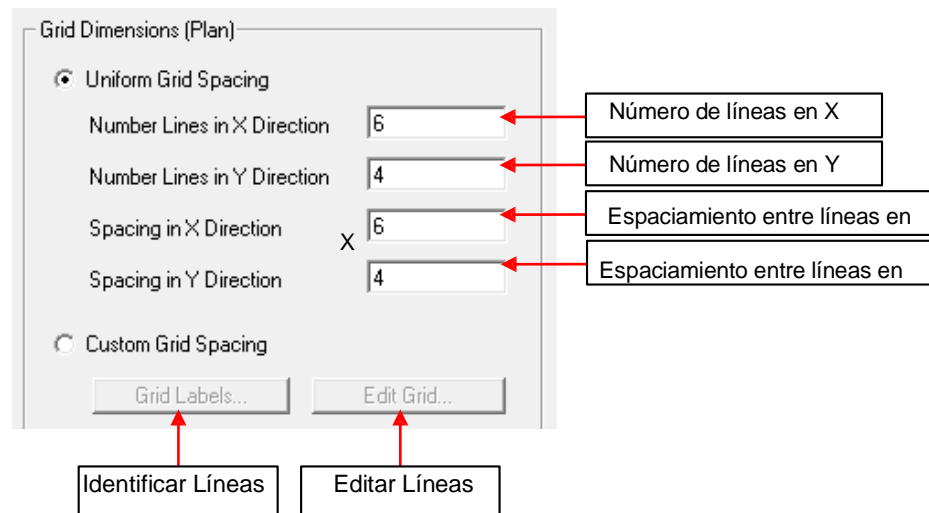


Figura 30: Definición de pisos  
Fuente: Programa ETABS

6) En la siguiente ventana podemos Identificar los ejes.

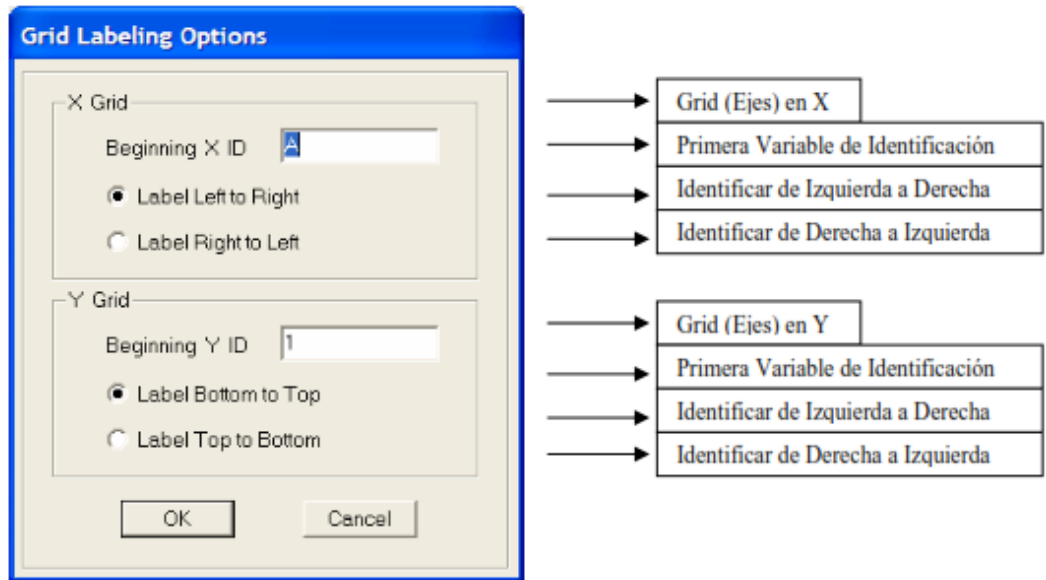


Figura 31: Definición de ejes  
Fuente: Programa ETABS

7) Para definir distancias y/o aplicaciones particulares entre los grid (Ejes) en X e Y, se tiene el siguiente cuadro.

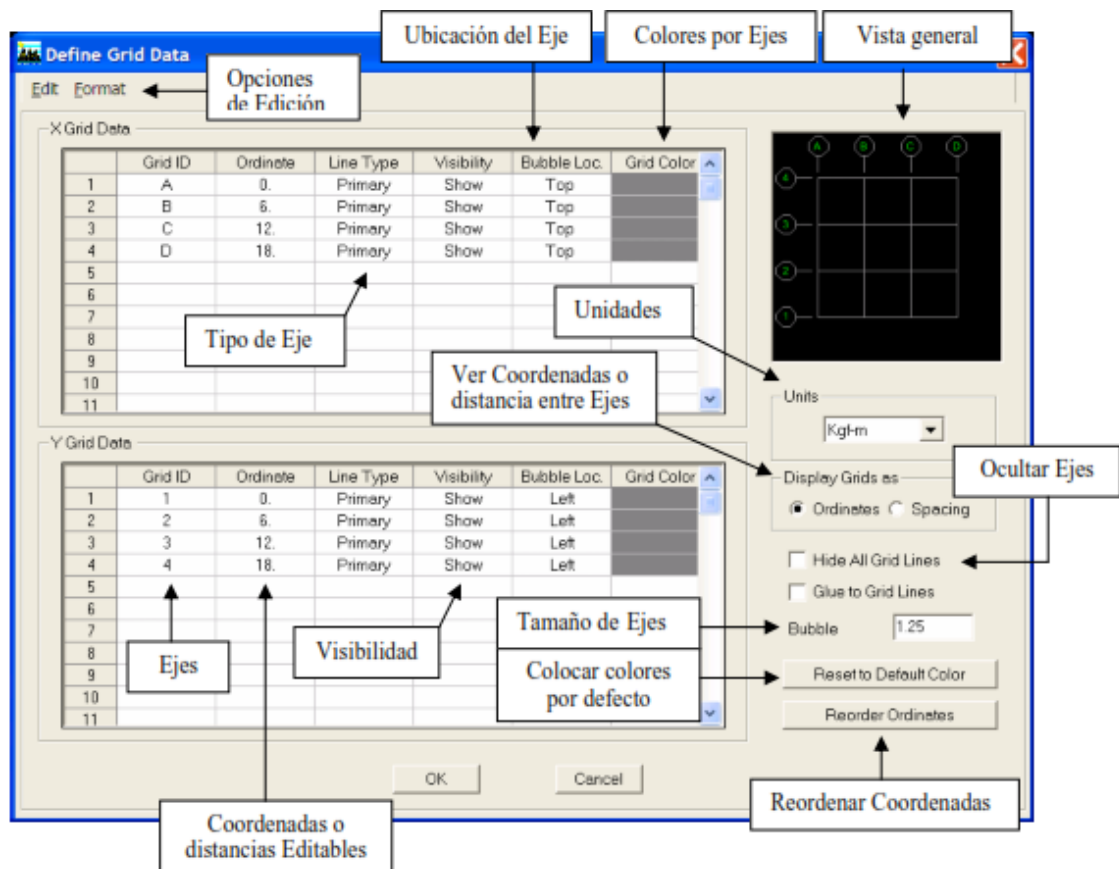


Figura 32: Definición de distancias  
Fuente: Programa ETABS

- **Line Type:** permite definir el tipo de Eje, es decir, si se va a considerar Primario o Secundario.
- **Visibility:** permite definir si el grid se quiere mostrar en el modelo estructural.
- **Bubble Loc:** Permite cambiar la orientación del Eje.
- **Grid Color:** Permite asignarle a cada Eje un color particular.
- **Hide All Grid Lines:** Ocultar todos los ejes.
- **Blue To Grid Lines:** Unir las líneas al Grid.

8) Aquí podemos definir la cantidad de pisos, la altura de entrepiso y del primer piso

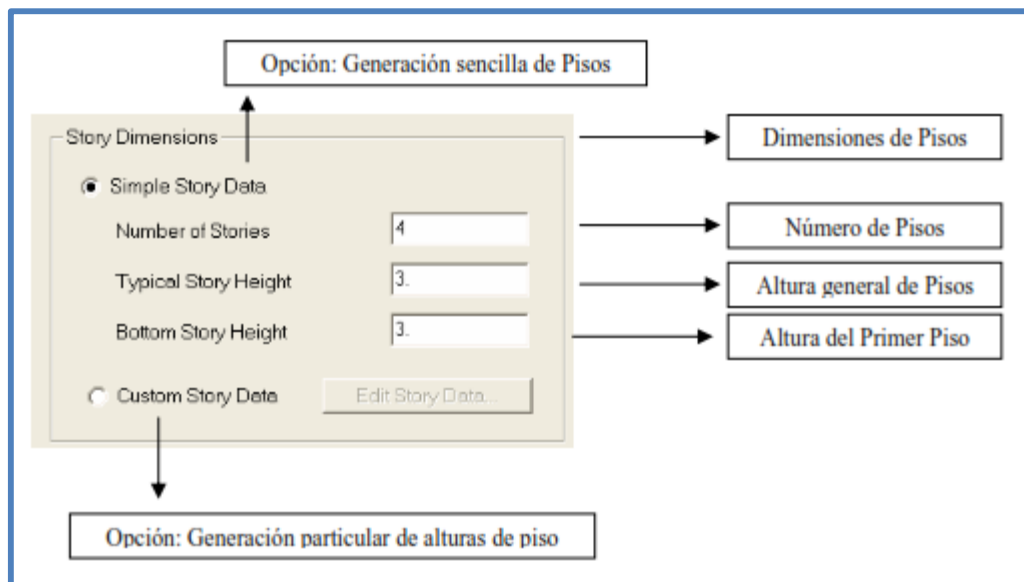


Figura 33: Definición de alturas  
Fuente: Programa ETABS

9) Para definir alturas y/o aplicaciones particulares entre los pisos del modelo estructural, se tiene el siguiente cuadro.

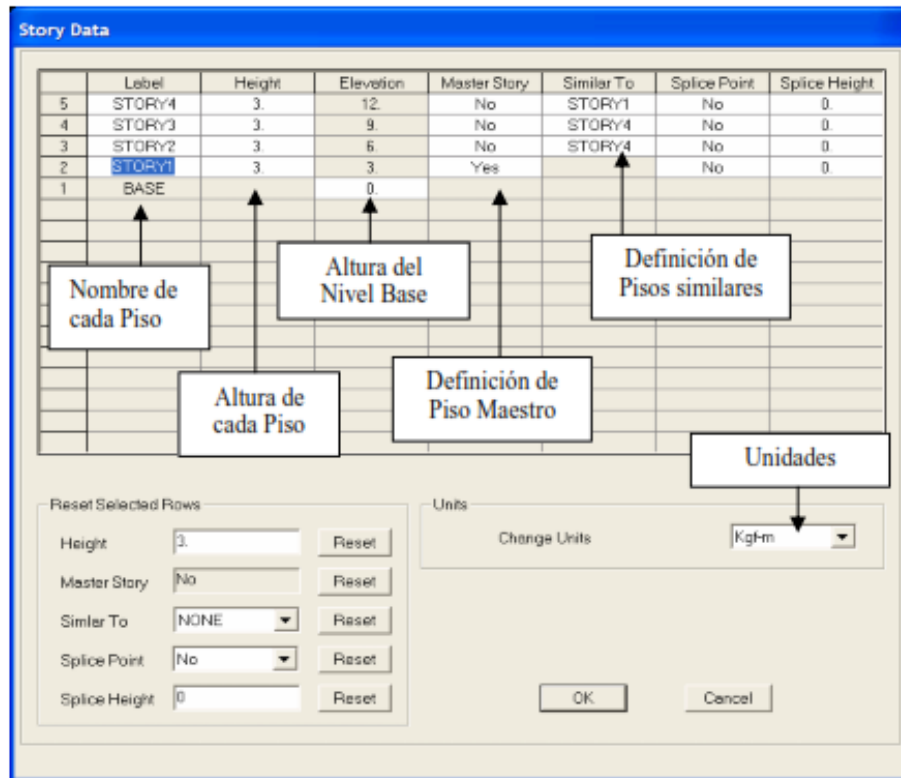


Figura 34: Definición de alturas personalizadas  
Fuente: Programa ETABS

**Master Story:** Piso Maestro (Nivel de Referencia)

**Similar To:** Indica que el piso es similar a alguno definido como Piso Maestro. Esto

Implica que al cambiar cualquier aspecto en el piso maestro automáticamente se modifica en sus similares.

10) Luego de acepta e introducir lo requerido, seleccionamos Grid only, sobre el cual empezaremos a plasmar el trabajo.

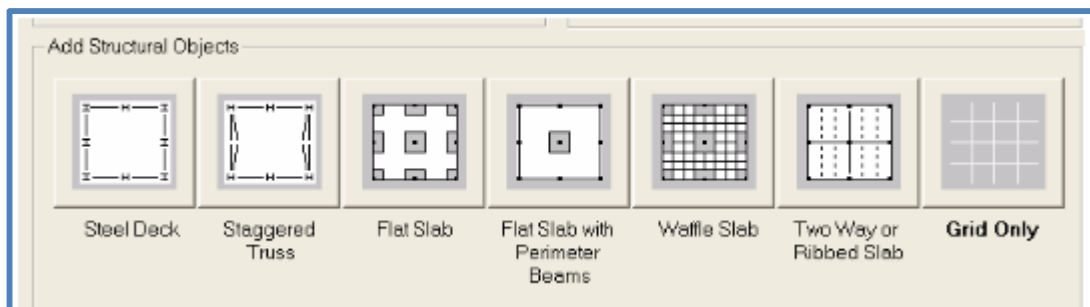


Figura 35: Definición de Grid only  
Fuente: Programa ETABS

- **Steel Deck:** Estructura de pórticos en Acero
- **Staggered Truss:** Estructura de Acero utilizando armaduras espaciales.
- **Flat Slab:** Estructura de Concreto armado utilizando losas macizas sobre capiteles.
- **Flat Slab with Perimeter Beams:** Estructura de Concreto armado utilizando losas macizas sobre capiteles y vigas perimetrales.
- **Waffle Slab:** Estructura de Concreto Armado utilizando losas reticulares y capiteles.
- **Two Way or Ribbed Slab:** Estructura de concreto armado con vigas en dos direcciones y losa nervada.
- **Grid Only:** Plantilla de Grid (3D)

Es en este GRID ONLY, en el cual escogemos para poder empezar con el trabajo.

#### **b) Definir material**

- 1) Para definir el material se selecciona en: Menú Define - Material Properties



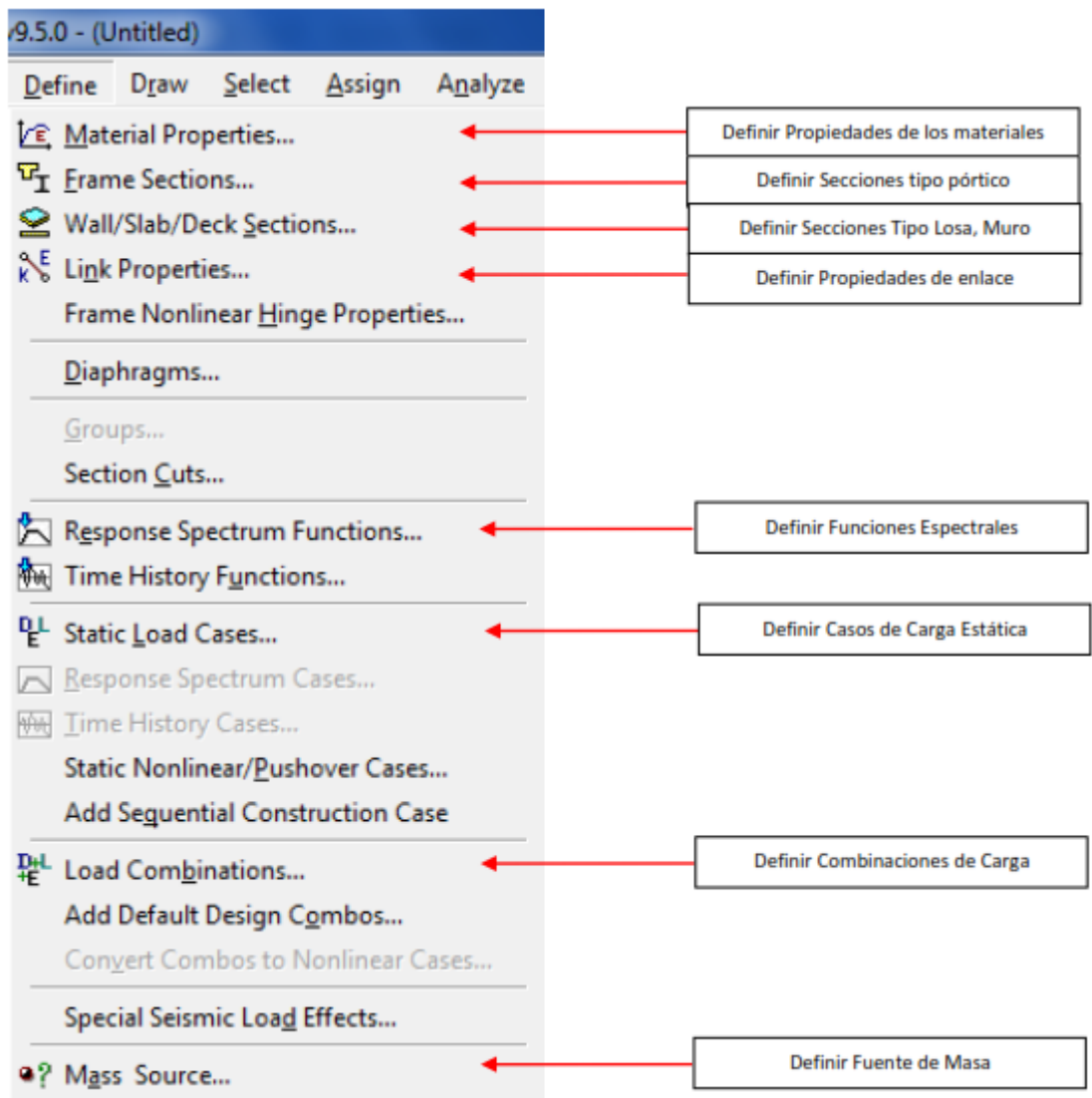


Figura 36: Definición de materiales  
Fuente: Programa ETABS

2) En el cuadro Define Materials nos ubicamos en CONC y luego hacemos click en Modify/Show Material.

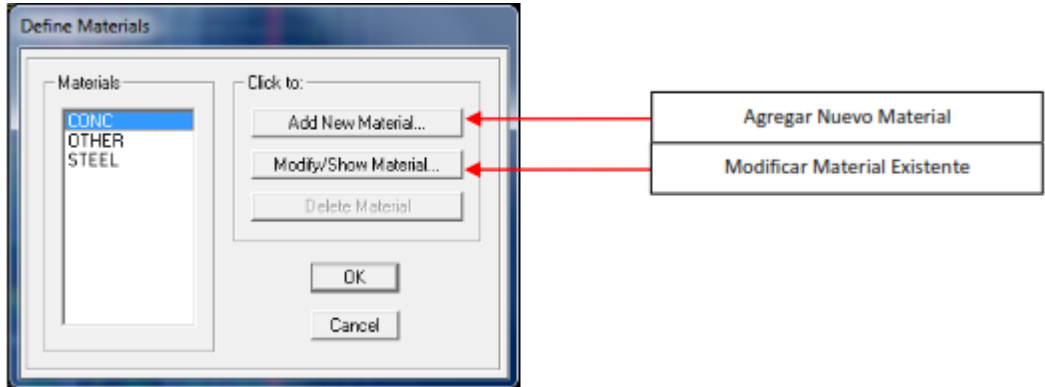


Figura 37: Definición del concreto  
Fuente: Programa ETABS

- 3) En el cuadro Material Property Data colocamos las propiedades del material como se muestra en la figura.

Figura 38: Definición propiedades del concreto  
Fuente: Programa ETABS

Para el análisis

Figura 39: Definición propiedades del concreto para el análisis  
Fuente: Programa ETABS

Para el diseño

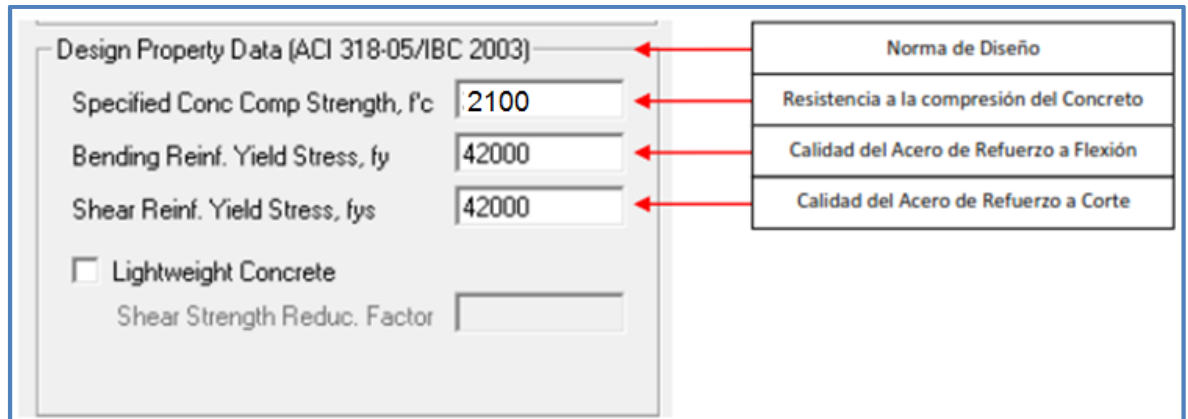


Figura 40: Definición propiedades del concreto para el diseño  
Fuente: Programa ETABS

### c) Definir secciones

- 1) Menú Define – Frame Sections. Se pueden borrar la mayor parte de las secciones mostradas

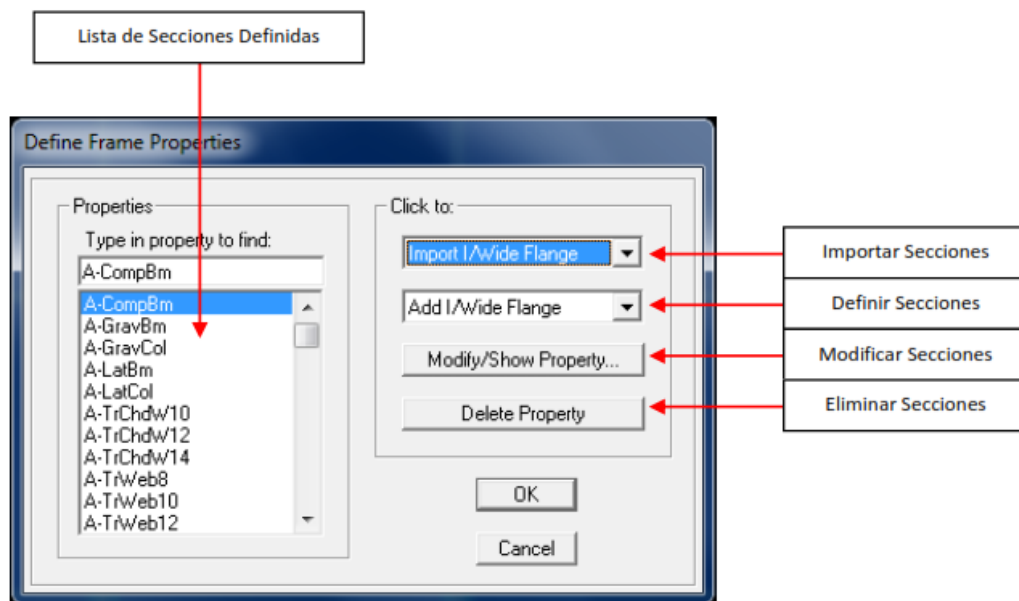


Figura 41: Definición de secciones  
Fuente: Programa ETABS

- 2) En la segunda lista desplegable del cuadro Define Frame Properties escoja Add Rectangular. En el cuadro Rectangular Section colocaremos las propiedades de nuestras secciones, en este caso las propiedades para la columna C25x35.

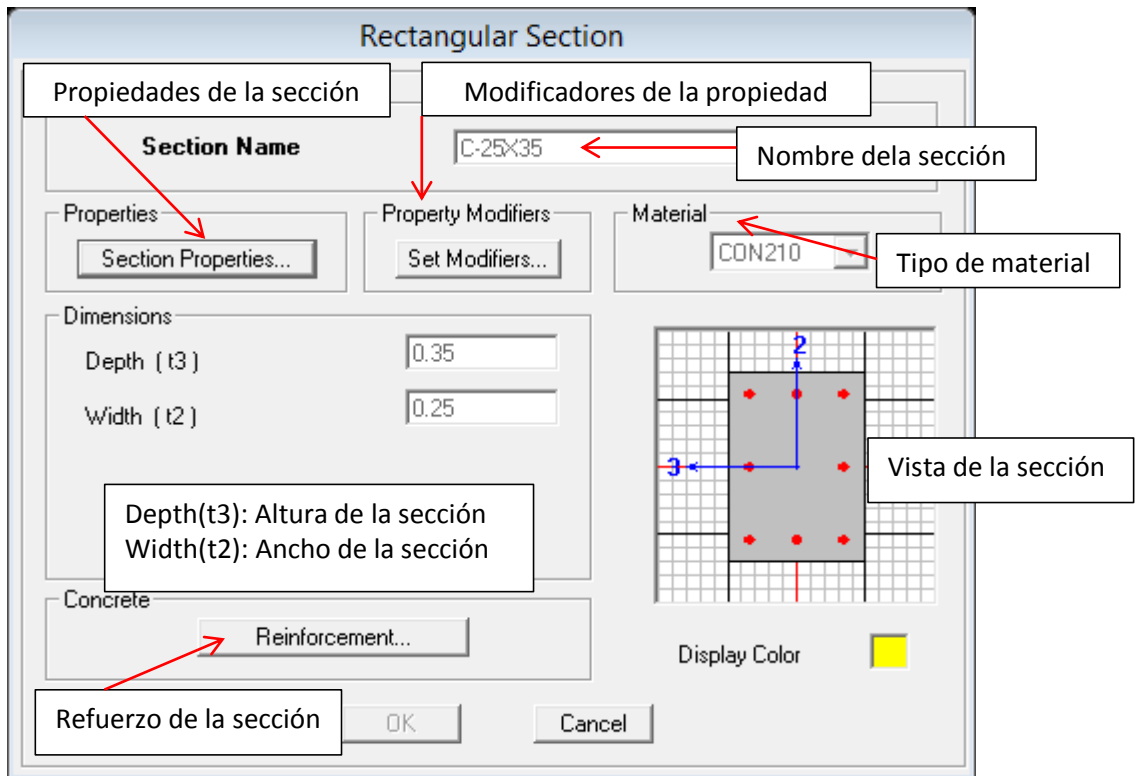


Figura 42: Definición de columnas  
Fuente: Programa ETABS

- 3) Seleccionamos Reinforcement y aparecerá el cuadro Reinforcement Data en el cual indicaremos el tipo de elemento (Columna o Viga).

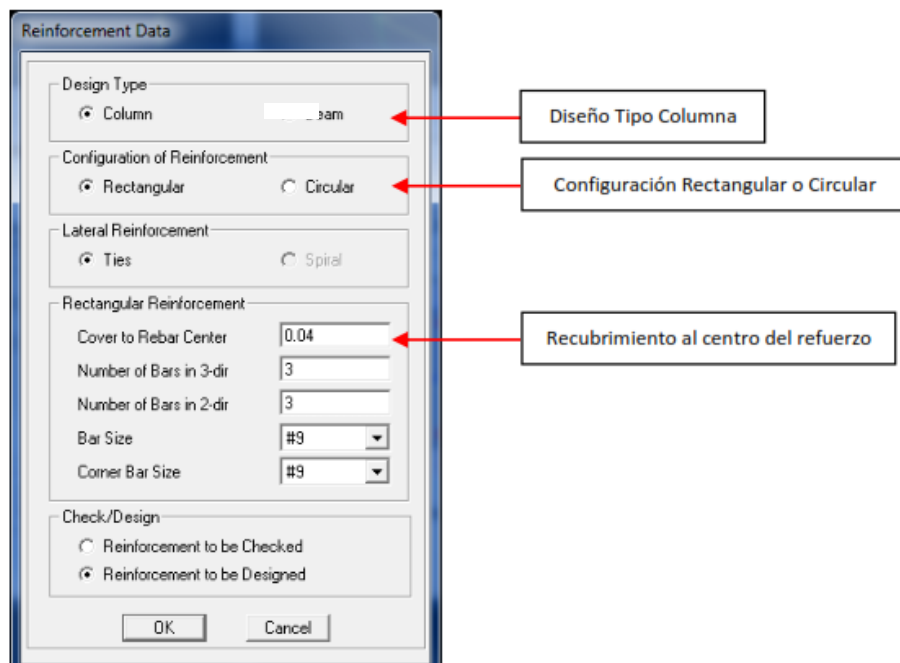


Figura 43: Configuración de columna  
Fuente: Programa ETABS

- 4) Para el caso de vigas se elegirá la opción Beam

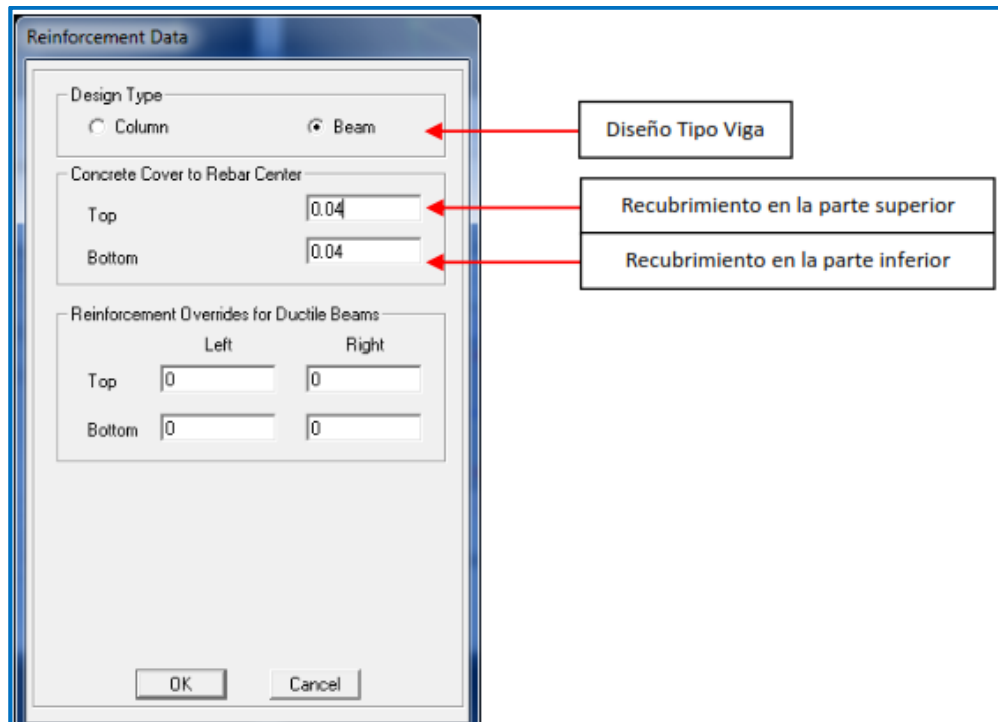


Figura 44: Definición de vigas  
Fuente: Programa ETABS

- 5) Agregamos de forma similar las secciones para las vigas, V25X70, V25X50, V25X50. Al terminar con todas las secciones requeridas, le damos un clic en OK
- 6) Para definir losa aligerada: Menú Define– Wall/Slab/Deck Sections, luego DECK 1 y hacemos click en Modify/Show Section... En el cuadro Deck Section, ingresaremos las propiedades de la losa aligerada como LOSA20; luego hacer clic en ok y guardamos el trabajo. Para empezar a plasmar en el eje

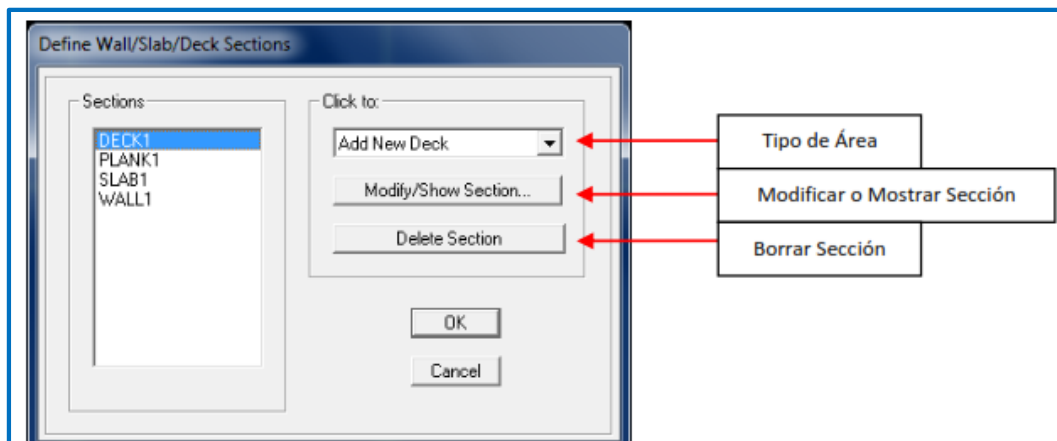


Figura 45: Definición de losas  
Fuente: Programa ETABS

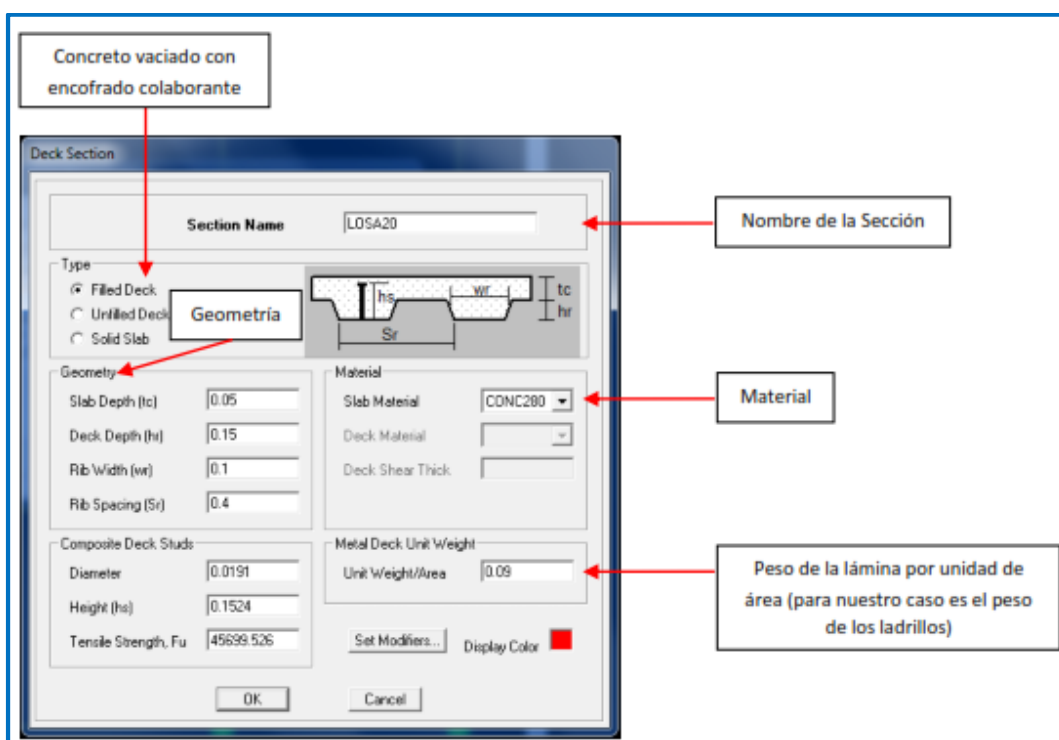


Figura 46: Definición de losa aligerada  
Fuente: Programa ETABS

7) Para definir losas macizas, seleccionamos: Menú Define–Wall/Slab/Deck Sections como se muestra en la figura siguiente:

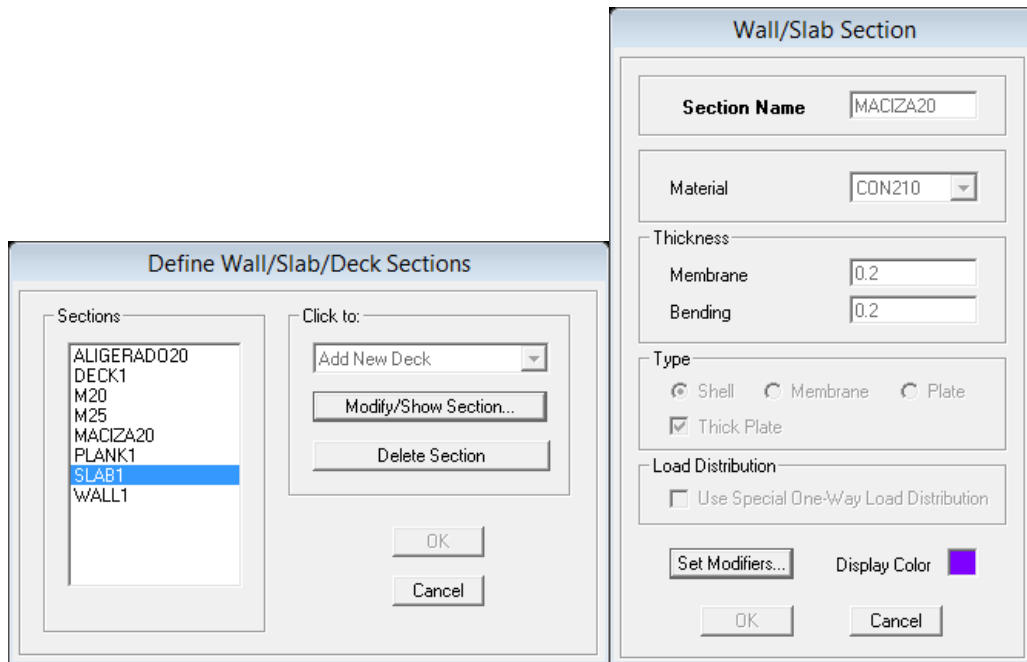


Figura 47: Definición de losa maciza  
Fuente: Programa ETABS

- 8) Seleccionamos SLAB1 y con un click en Modify/Show Section... En el cuadro Wall/Slab ingresamos las propiedades de nuestra losa maciza como MACIZA20 de 20cm de espesor. Clic en ok
- 9) Sobre los ejes establecidos dibujamos el trabajo, seleccionando

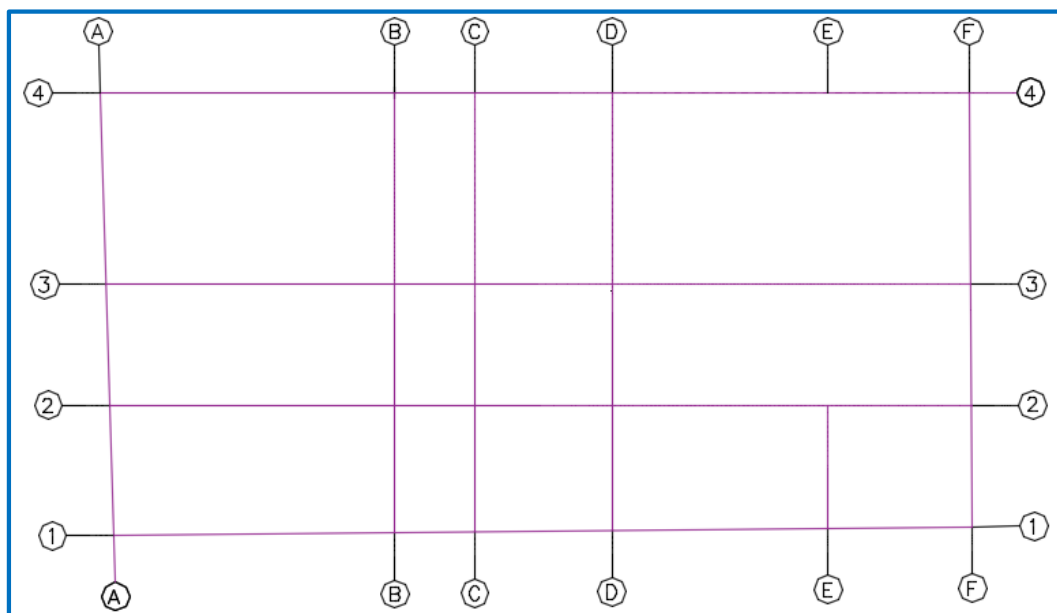


Figura 48: Vista en planta de los ejes establecidos  
Fuente: Programa ETABS

10) Con los iconos del lado derecho como: CRÉATE COLUMNS IN REGION (columnas), DRAW LINES (vigas), DRAW WALLS (placas y muros), y DRAW AREAS (losa), dibujar los elementos mediante un clic en los ejes respectivos.

Para lo cual, dar propiedades (columnas, vigas, placas y muros) que anteriormente se han definido

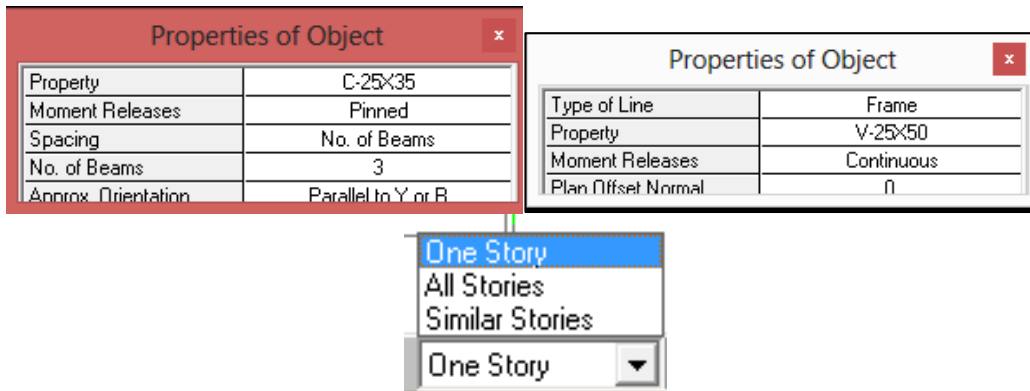


Figura 49: Propiedades de elementos y combinación de niveles  
Fuente: Programa ETABS

11) Para trabajar en un piso o varios a la vez, usar ONE STORY o SIMILAR STORY ubicado en la parte inferior izquierda de la pantalla. Y finalmente tener el trabajo culminado como se muestra en la figura.

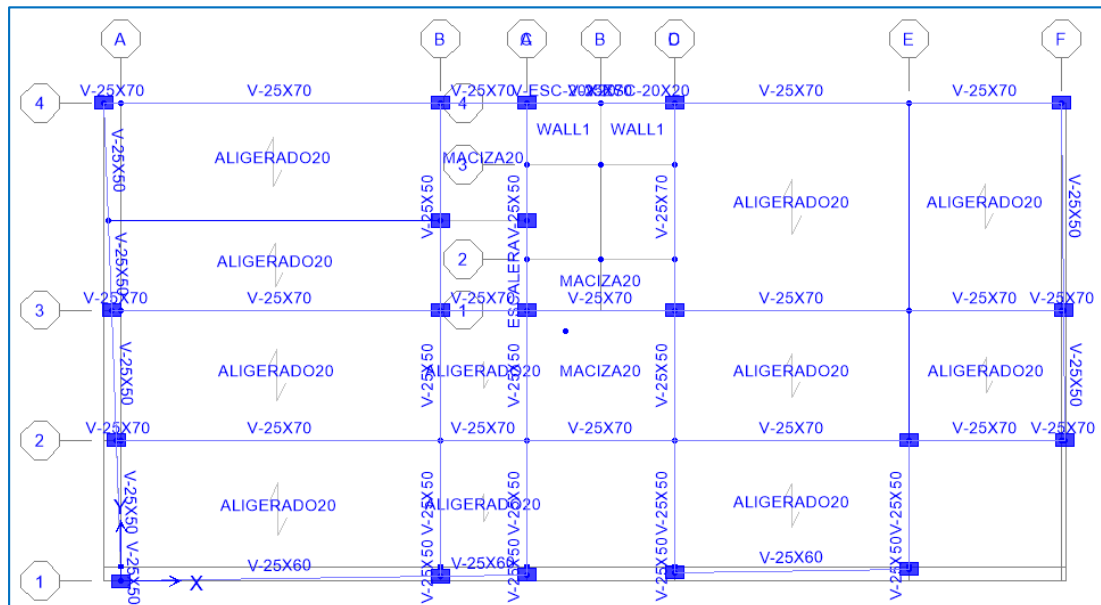


Figura 50: Vista en planta. Elementos plasmados en el ETABS

Fuente: Programa ETABS



#### d) Configuración de apoyos

- 1) Nos ubicamos vista en planta base. (plan view-Base-elevation 0)
- 2) Seleccionar todos los nudos de la planta BASE.
- 3) Hacer click en el botón de acceso rápido (Assign Restraints...).
- 4) En la ventana Assign Restraints marcamos las 6 casillas correspondientes a los 6 grados de libertad, el mismo resultado se obtendría si elegimos el icono que indica empotramiento. Posteriormente le damos Ok

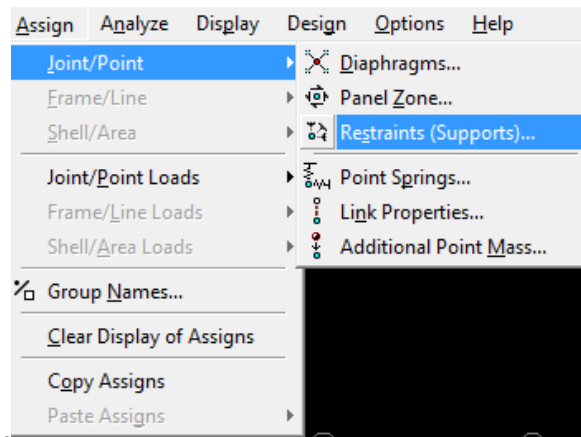


Figura 51: Definición de apoyos en la base de la estructura  
Fuente: Programa ETABS

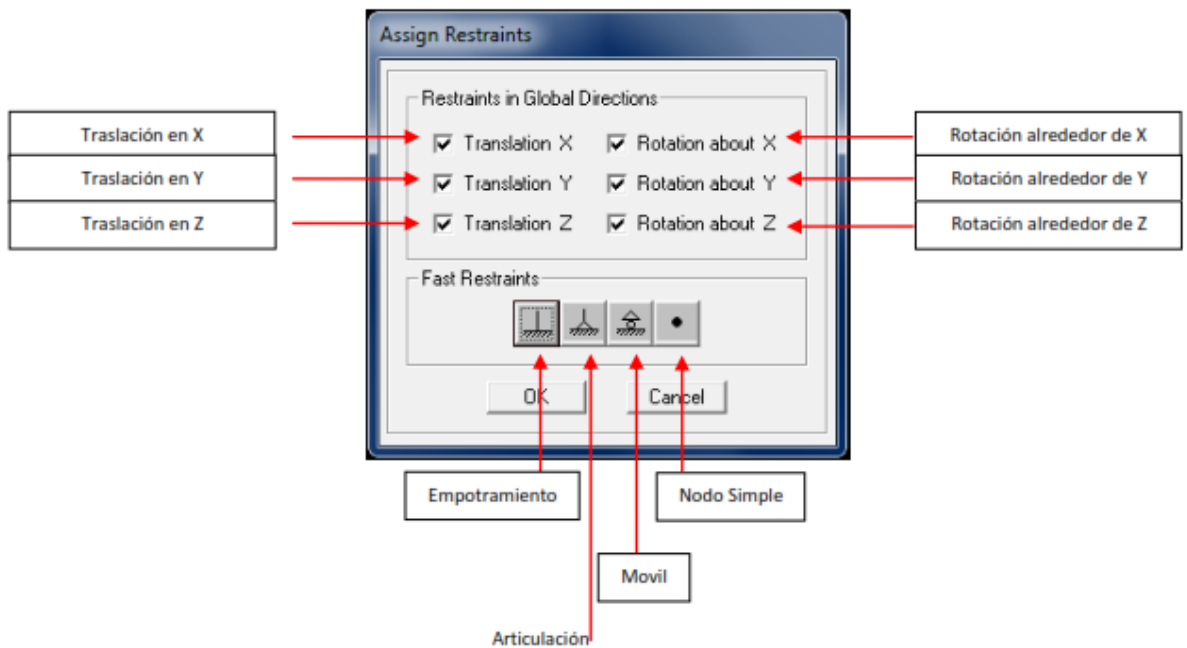


Figura 52: Definición de apoyos en la base de la estructura  
Fuente: Programa ETABS

**e) Definición de diafragma.**

- 1) Observar en la parte inferior derecha y seleccionemos la opción One Story.
- 2) Ubiquémonos en la planta STORY1 o piso 01 con el botón.
- 3) Seleccionemos todos los nodos de ese piso.
- 4) Nos vamos al Menú - Assign/Joint Point/Diaphragm...

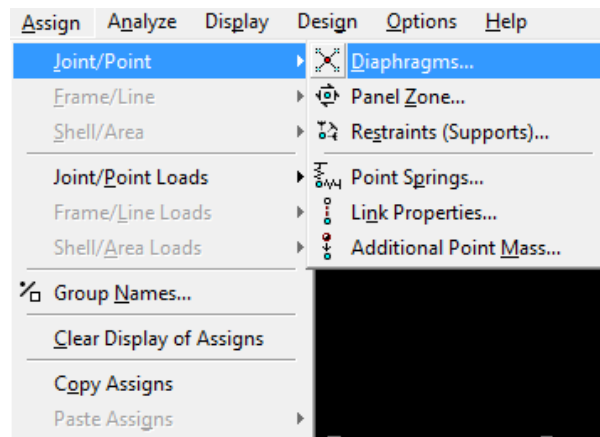


Figura 53: Definición de diafragmas  
Fuente: Programa ETABS

- 5) En la ventana Assign Diaphragm verificar que este seleccionado D1 y luego hacemos click en SEMI RIGID, para darle luego OK. Realizar lo mismo para cada piso

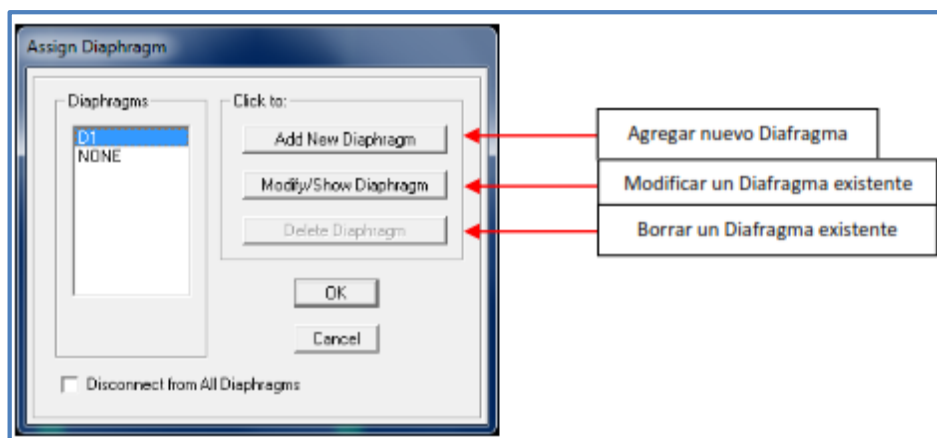


Figura 54: Configuración de diafragmas  
Fuente: Programa ETABS

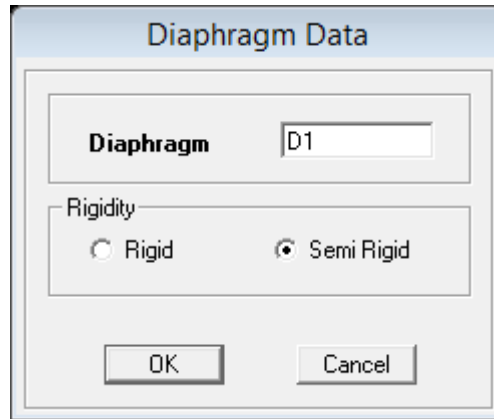


Figura 55: Configuración de diafragma semi rígido  
Fuente: Programa ETABS

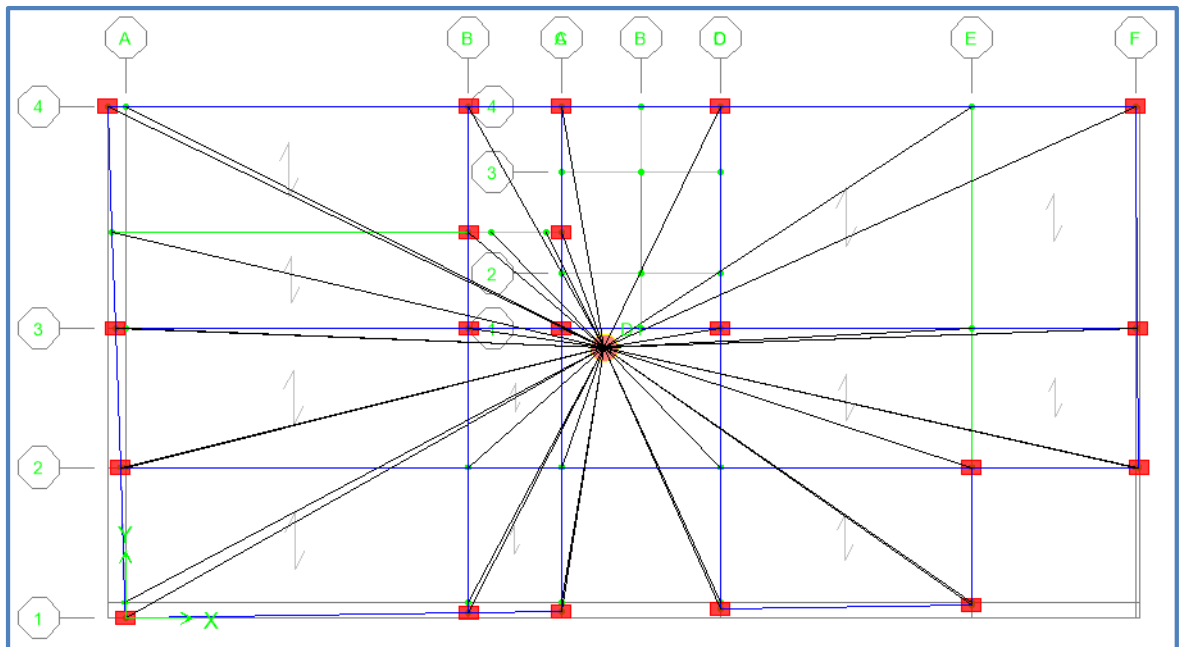


Figura 56: Ejemplo, resultado de la configuración de diafragma  
Fuente: Programa ETABS

#### f) Definiendo cargas estáticas

- 1) Para definir los sistemas de carga vamos al Menú Define/Static Load Cases tal como se muestra en la figura o al icono de acceso rápido

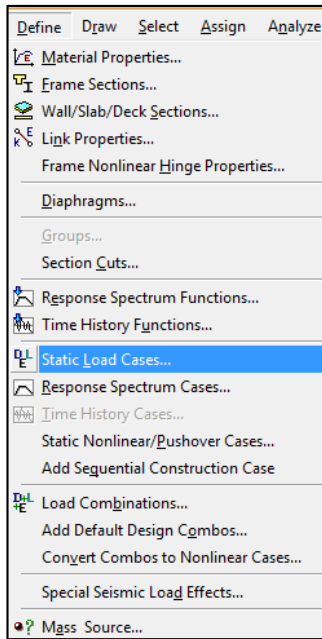


Figura 57: Definición de cargas estáticas  
Fuente: Programa ETABS

2) Y en la ventana de definición de cargas estáticas, definiremos los tipos de cargas que actuarán como se muestra en la figura siguiente:

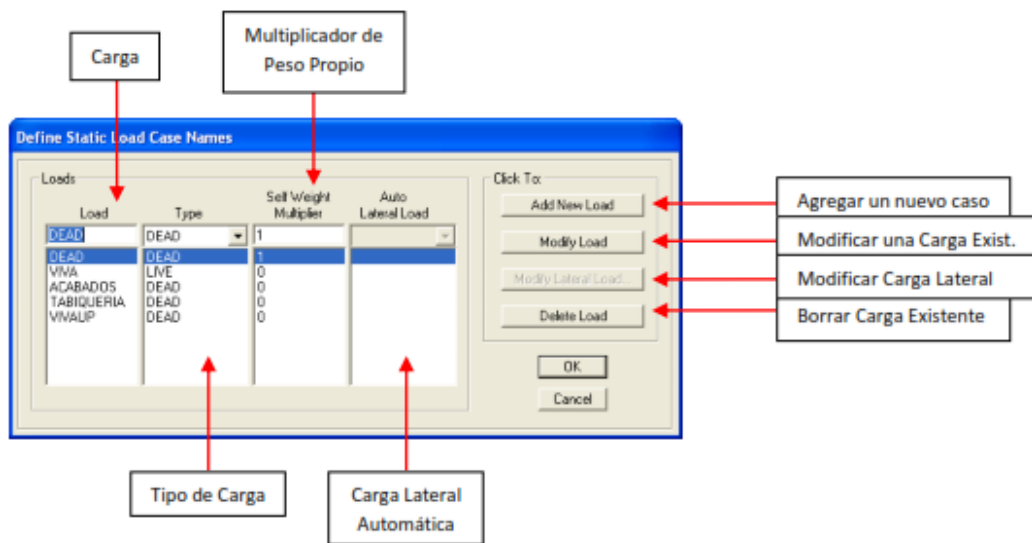


Figura 58: Definición de tipos de cargas  
Fuente: Programa ETABS

3) Le damos click en la pestaña Add New Load. En Load escribimos el nombre de la carga que se va agregar en este caso agregaremos la carga ACABADOS, en Type elegimos DEAD y en Self Weight Multiplier colocamos cero (Esto indica que no va tomar en cuenta el peso propio).

Agregamos la carga VIVA y VIVAUP de la misma manera pero en Type elegimos la opción LIVE.

4) Finalmente, Guardar

#### g) Cargas verticales

1) Observamos en la lista desplegable inferior derecha y elegimos la opción Similar Stories.

2) Nos ubicamos en la planta STORY1, seleccionamos todos los paños de losa.

3) Vamos al Menú - Assign - Shell/Area Loads – Uniform...

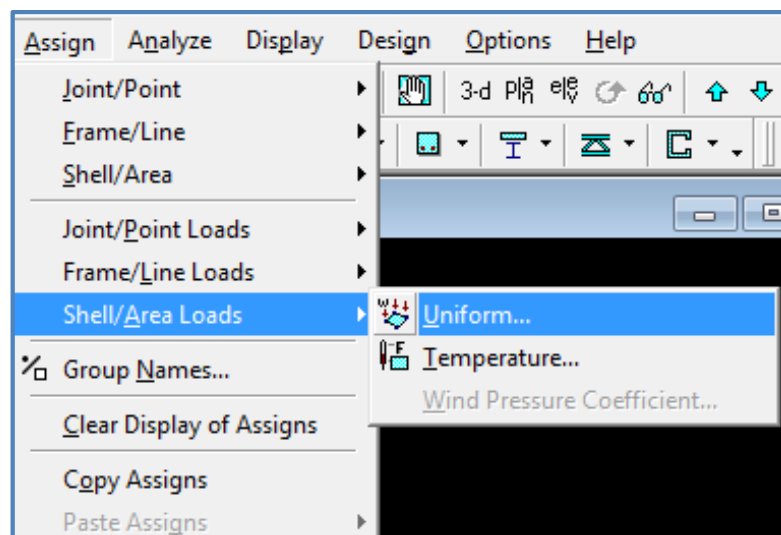


Figura 59: Definición de cargas verticales  
Fuente: Programa ETABS

4) En la ventana Uniform Surface Loads escogemos ACABADOS en la lista desplegable y en la casilla Load escribimos 0.1 posteriormente damos click en OK.

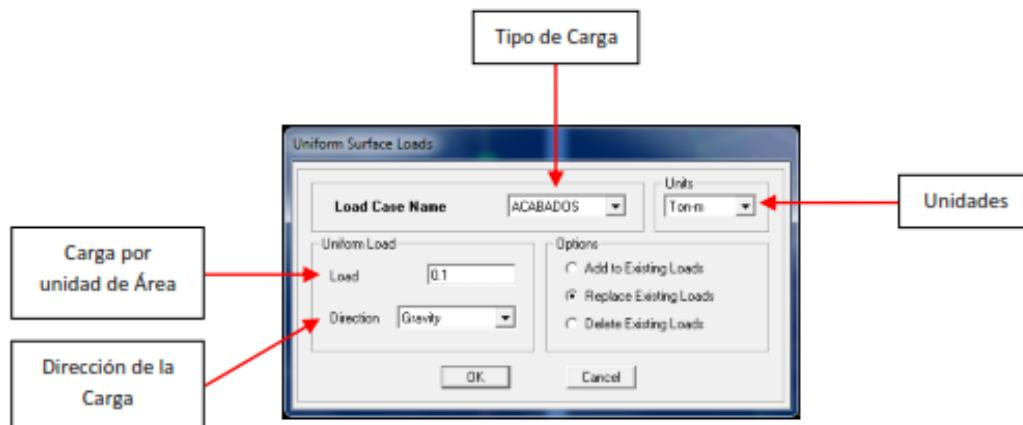


Figura 60: Definición de tipos de cargas  
Fuente: Programa ETABS

- 5) Realizaremos los mismos pasos para la TABIQUERIA pero ahora utilizaremos una carga de 0.10 ton/m<sup>2</sup>.

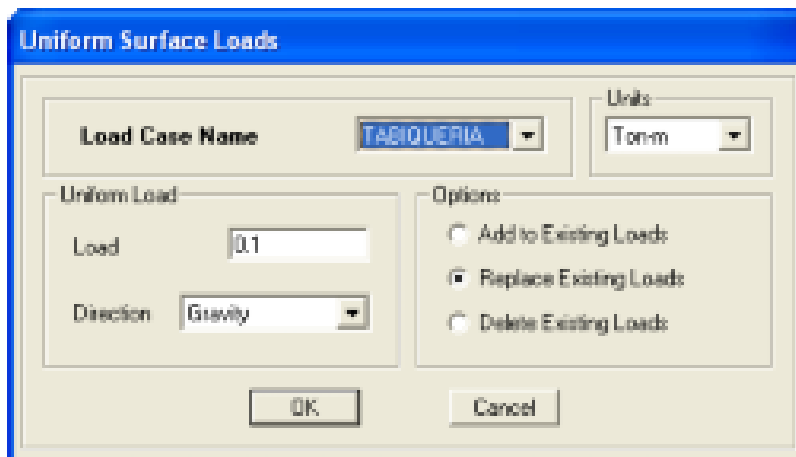


Figura 61: Configuración de tipos de cargas  
Fuente: Programa ETABS

- 6) Realizaremos los mismos pasos para la carga VIVA pero ahora utilizaremos una carga de 0.25 ton/m<sup>2</sup>.

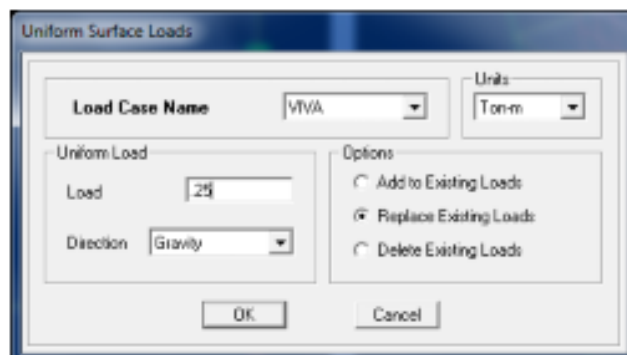


Figura 62: Configuración para otra carga  
Fuente: Programa ETABS

7) Hacer lo mismo para cada uso de piso y tomando en cuenta las cargas de acuerdo a la Norma Técnica de edificaciones E.020. Para luego guardar

#### **h) Definición de masas**

1) Vamos al Menú Define – Mass Source y se desplegará una ventana, hacer clic en FROM LOADS. De acuerdo a la Norma E030 nos dice que para la estimación del peso en edificaciones de categoría C se tomara 25% de la carga viva, e introducimos ese valor como sigue:

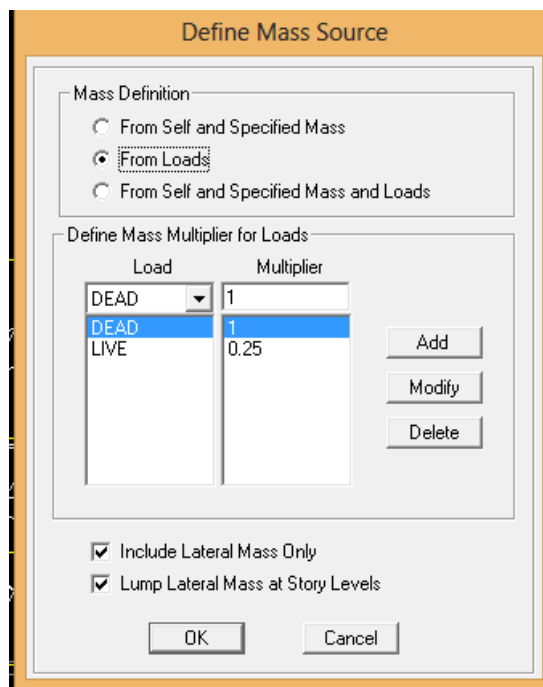


Figura 63: Definición de cargas

Fuente: Programa ETABS

#### **i) Determinación de combinaciones**

- 1) Vamos al Menú – Define – Load Combinations
- 2) En la ventana Define Load Combinations hacer click en el botón Add New Combo.
- 3) Realizar todas las combinaciones de acuerdo a la Norma E.060. Luego ok

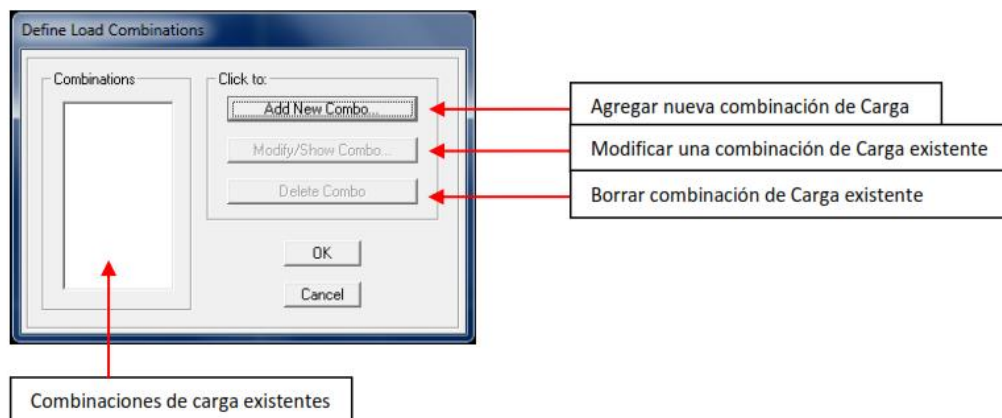


Figura 64: Combinación de cargas  
Fuente: Programa ETABS

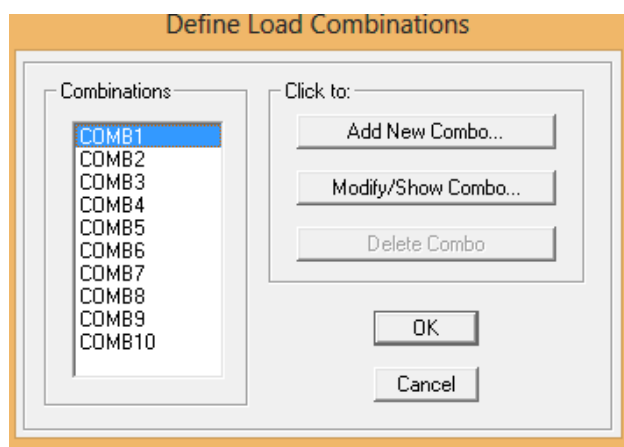


Figura 65: Resultado de combinación de cargas  
Fuente: Programa ETABS

## Combinaciones de acuerdo a la norma E.060, para el ETABS

Tabla 9: Combinación de cargas, para ETABS de la Norma E.060 del RNE

COMBINACIONES	COMBINACIONES NORMA E.060	COMBINACIONES PARA EL ETABS
La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV)	1) $U = 1,4 CM + 1,7 CV$	1) $U = 1,4 D + 1,7 L$
Si en el diseño se tuvieron que considerar cargas de sismo (CS)	2) $U = 1,25 (CM + CV) + CSX$	2) $U = 1,25 (D + L) + SX$
	3) $U = 1,25 (CM + CV) - CSX$	3) $U = 1,25 (D + L) - SX$
	4) $U = 1,25 (CM + CV) + CSY$	4) $U = 1,25 (D + L) + SY$
	5) $U = 1,25 (CM + CV) - CSY$	5) $U = 1,25 (D + L) - SY$
	6) $U = 0,9 CM + CSX$	6) $U = 0,9 D + SX$
	7) $U = 0,9 CM - CSX$	7) $U = 0,9 D - SX$
	8) $U = 0,9 CM + CSY$	8) $U = 0,9 D + SY$
	9) $U = 0,9 CM - CSY$	9) $U = 0,9 D - SY$
		10) todas las combinaciones

Fuente: Norma E.060 del RNE



**j) Definición de espectro**

- 1) Tenemos los valores de la alternativa 01, del Espectro de diseño en una hoja Excel estos datos introducimos en el programa ETABS datos de tiempo (T(s)) y aceleración (Sa)

Tabla 10: Datos de periodo T(s) y aceleración de desplazamiento (Sa)

C	T (s)	Sa/g	sa
2.50	0.00	0.129	1.26
2.50	0.02	0.129	1.26
2.50	0.04	0.129	1.26
2.50	0.06	0.129	1.26
2.50	0.08	0.129	1.26
2.50	0.10	0.129	1.26
2.50	0.12	0.129	1.26
2.50	0.14	0.129	1.26
2.50	0.16	0.129	1.26
2.50	0.18	0.129	1.26
2.50	0.20	0.129	1.26
2.50	0.25	0.129	1.26
2.50	0.30	0.129	1.26
2.50	0.35	0.129	1.26
2.50	0.40	0.129	1.26
2.22	0.45	0.114	1.12
2.00	0.50	0.103	1.01
1.82	0.55	0.094	0.92
1.67	0.60	0.086	0.84
1.54	0.65	0.079	0.78
1.43	0.70	0.074	0.72
1.33	0.75	0.069	0.67

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

- 2) Luego, elegimos el Menú Define/Response Spectrum Functions.  
En la ventana Define Response Spectrum Functions hacemos click en la opción desplegable Choose Function Type to Add y elegimos Spectrum from file, hacemos click en Add New Function.

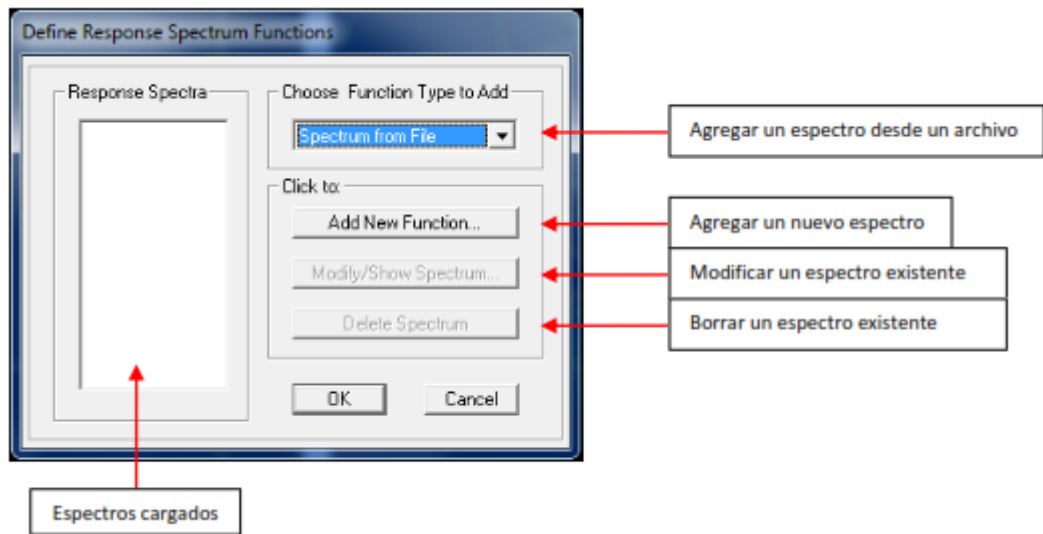


Figura 66: Ingreso de datos de espectro  
Fuente: Programa ETABS

- 3) Definimos el nombre e introducimos el espectro de la hoja de calculo y veremos como se va graficando la curva a medida que se introducen los datos; luego clic en ok; como se muestra en la figura siguiente

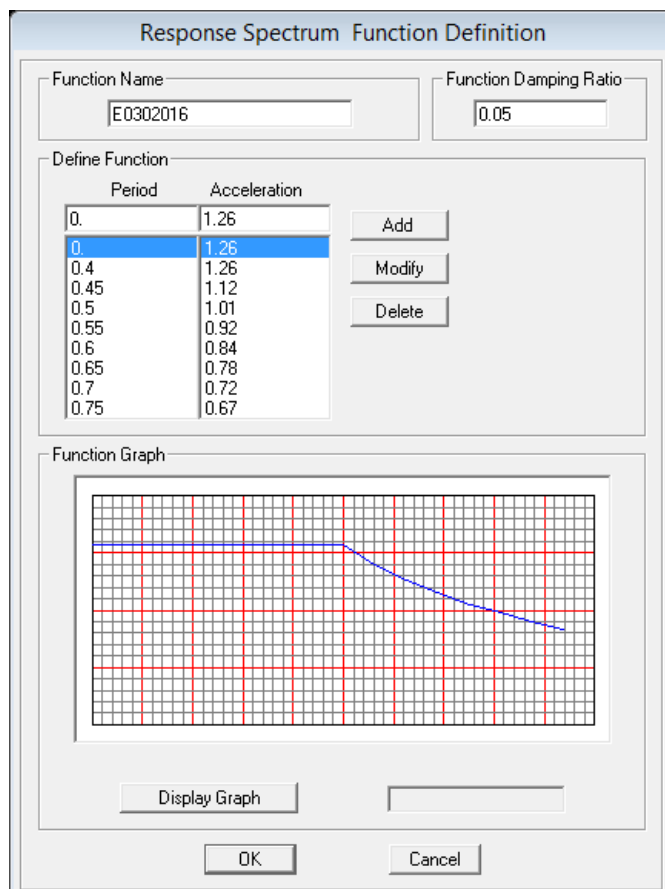


Figura 67: Configuración del espectro  
Fuente: Programa ETABS

- 4) Correr el programa con RUN, para luego tener el dato de peso desde Display-show Tables; como se muestra en la figura.

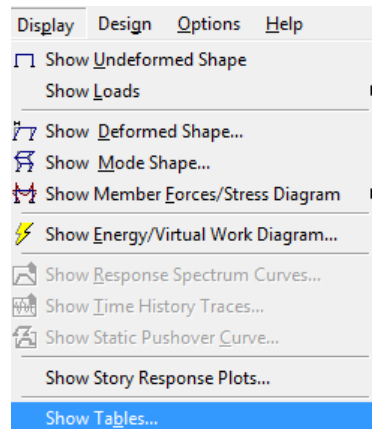


Figura 68: Procedimiento de ingreso tabla de análisis y resultados  
Fuente: Programa ETABS

- 5) En la ventana de Analysis Results, desplegando Reactions/Support Reactions/Table: Support Reactions y en Selec cases combos seleccionar cargas Dead y Live, darle ok; para finalmente tener la tabla y tomar datos de peso de Dead y Live de Fz. Como se muestra:

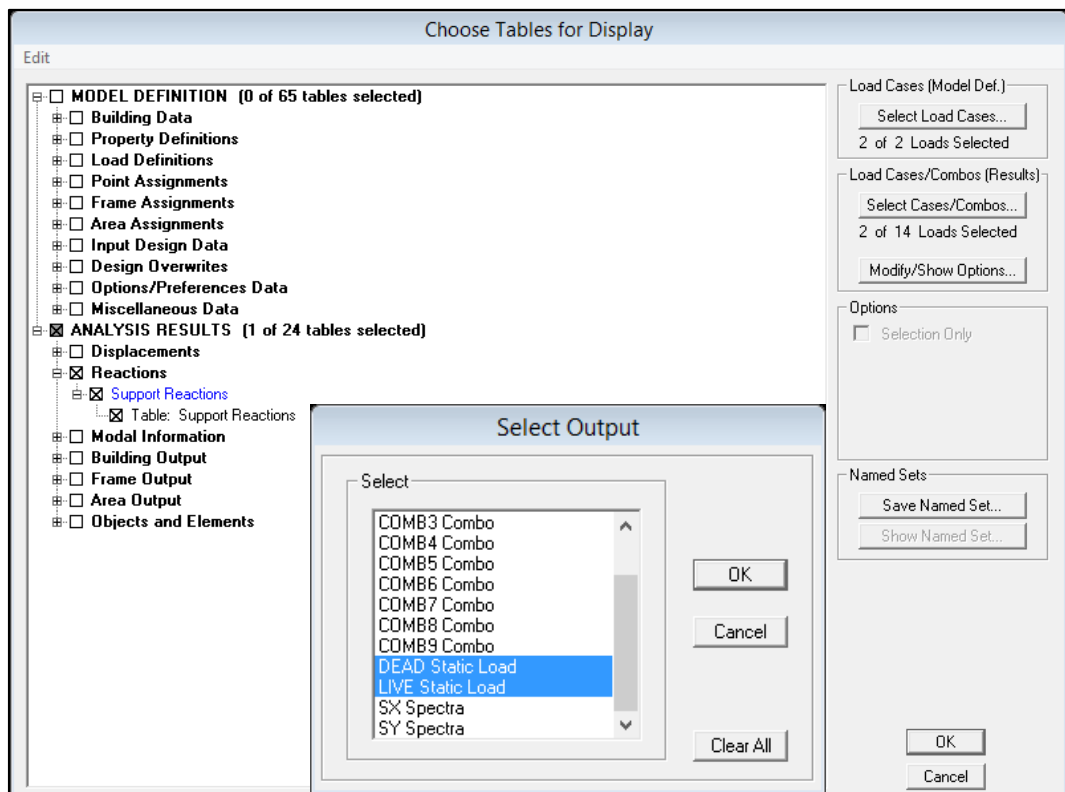


Figura 69: Procedimiento para ver el peso seleccionando carga viva y muerta Alt.01  
Fuente: Programa ETABS

Support Reactions									
Support Reactions									
	Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	BASE	50	LIVE	16.57	49.56	7009.29	-76.746	13.731	-0.26
	BASE	53	DEAD	-209.55	127.53	33158.50	-230.570	-345.141	5.02
	BASE	53	LIVE	-43.15	22.45	5705.85	-39.423	-69.243	0.711
	BASE	87	DEAD	-127.17	26.62	46641.69	-76.024	-248.667	3.52
	BASE	87	LIVE	-31.60	2.96	8424.58	-11.888	-53.622	0.27
	BASE	88	DEAD	22.01	803.03	47115.06	-687.979	-69.768	5.56
	BASE	88	LIVE	-11.08	111.71	6725.69	-95.072	-9.884	-0.24
	BASE	92	DEAD	-250.20	-122.37	69194.15	131.250	-412.439	3.50
	BASE	92	LIVE	-61.59	-27.25	13231.92	30.132	-94.581	0.16
	BASE	93	DEAD	176.85	912.52	62121.97	-769.904	33.608	4.14
	BASE	93	LIVE	29.51	111.58	9953.03	-98.724	8.376	-0.82
	BASE	291	DEAD	2265.05	-1940.10	3653.29	-1329.415	-224.930	-21.2
	BASE	291	LIVE	370.59	-367.61	540.62	-187.460	-34.291	1.91
	BASE	303	DEAD	-646.56	-2004.84	3520.66	-1166.392	318.296	192.9
	BASE	303	LIVE	-47.10	-198.41	304.33	-139.112	69.317	51.60
	Summation	0, 0, Base	DEAD	0.00	0.00	1019280.29	5095292.347	-8895601.74	0.00
	Summation	0, 0, Base	LIVE	0.00	0.00	182436.49	887628.130	-1582030.829	0.00

Figura 70: Datos de peso Summation de DEAD-LIVE en FZ alternativa 01  
Fuente: Programa ETABS

6) En la hoja de cálculo tendremos:

**Calculo de fuerza cortante V:  $V = (ZxUxCxS/R) \times P$**

Datos de acuerdo a la hoja de cálculo:

Tabla 11: Datos de extraídos de la hoja de cálculo. Alternativa 01

Zona Sísmica (Z3)	Z = 0.35
Factor de uso o importancia (categoría C)	U = 1.0
Perfil de Suelo S <sub>1</sub>	S = 1.0
Factor de amplificación sísmica	C = 2.14
Período que define la plataforma del factor C	T <sub>P</sub> = 0.4
Período que define el inicio de la zona del factor C	T <sub>L</sub> = 2.5
Coficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas	R <sub>0</sub> = 8.0
Factor de irregularidad en altura	I <sub>a</sub> = 1.0
Factor de irregularidad en planta	I <sub>p</sub> = 0.85
Coficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	R = 6.8
Altura total del edificio	h <sub>n</sub> = 21m
Coficiente de estimación periodo fundamental de un edificio	C <sub>t</sub> = 45
Periodo fundamental de vibración	T = 0.47s

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

➤ Según la norma el peso:  $P = \text{DEAD} + 0.25 \times \text{LIVE}$

Entonces:  $P = 1019.28 + 0.25 \times 182.4 = 1064.89 \text{ Tn}$

➤  $T = h_n / C_t = 0.47s;$

➤  $T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T}\right) ; \quad 0.4 < 0.47 < 2.5 \quad C = 2.5 \left(\frac{0.4}{0.47}\right)$

Entonces:  $C = 2.142857143$

Por lo tanto:  $V = (Z_x U_x C_x S / R) \times P$

$V = (0.35 \times 1.0 \times 2.14 \times 1.0 / 6.8) \times 1064.89 \text{ Tn}$

$V = 117.45 \text{ Tn}$

### Comparación entre V obtenido del análisis (programa) y V estático

Eje X-X  $V = 58.5 \text{ Tn}$

Eje Y-Y  $V = 61.8 \text{ Tn}$

A partir de los datos extraídos de programa como sigue:

Display-show Tables; en la ventana de ANALYSIS RESULTS, desplegando Building Output/Table: Story Shears y en *Select cases combos* seleccionar cargas SX - SY, darle ok; para finalmente tener la tabla y tomar datos de peso de VX-VY. Como se muestra:

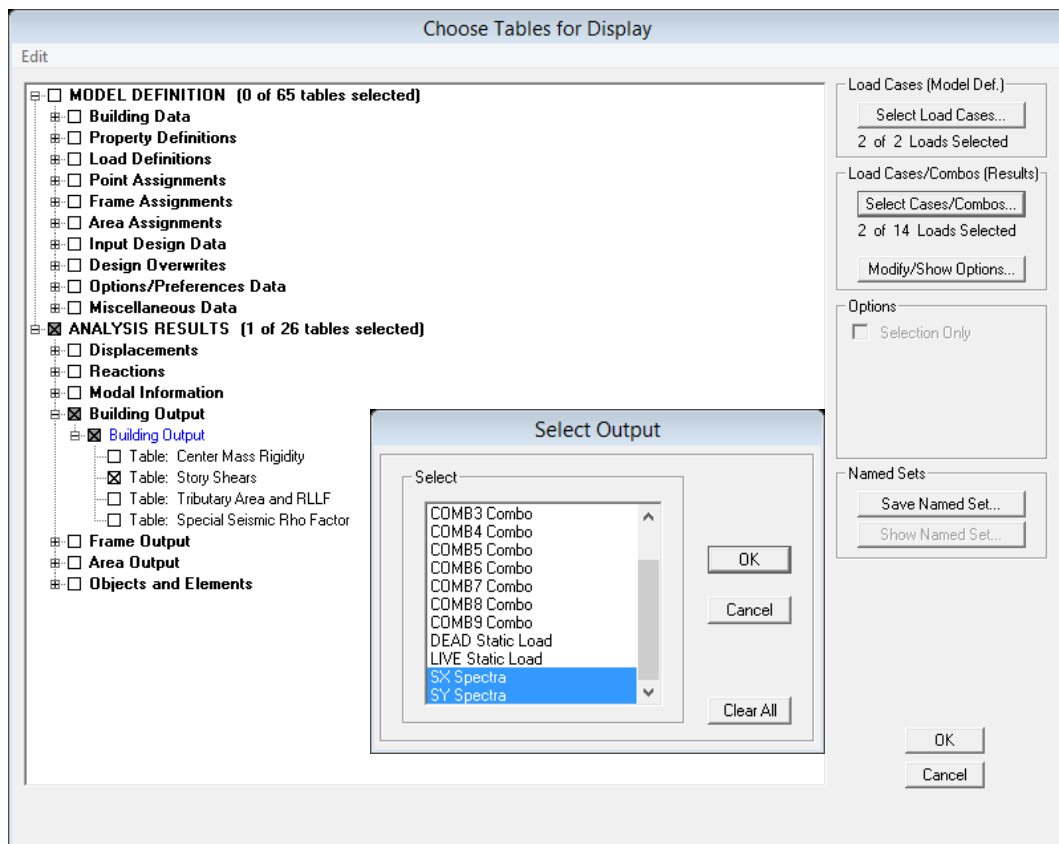


Figura 71: Procedimiento para mostrar ventana de resultado VX-VY alternativa 01  
Fuente: Programa ETABS

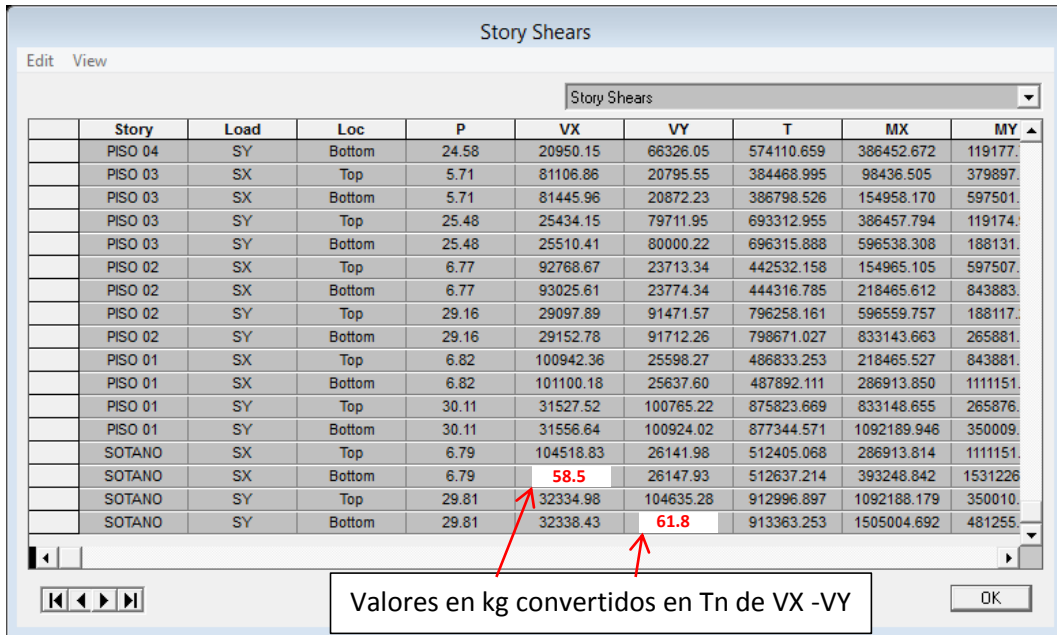


Figura 72: Ventana referencial mostrando fuerza contante VX - VY alternativa 01  
Fuente: Programa ETABS

**Escalamiento de fuerzas:** Según la norma indica el 80% de V estático  
Factor =  $(0.8 * V \text{ estático}) / V$ ; cálculo para ambos ejes

Tabla 12: Factor de escalamiento de fuerzas. Alternativa 01

Ejes	V programa	V estático.	Factor
Eje X-X	58.5	130.68	1.61
Eje Y-Y	61.8	130.68	1.52

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

Este factor se procede a escalar en el programa ETABS.

7) Vamos al Menú – Define – Response Spectrum Cases.

En la ventana Define Response Spectra le damos click al botón Add New Spectrum.

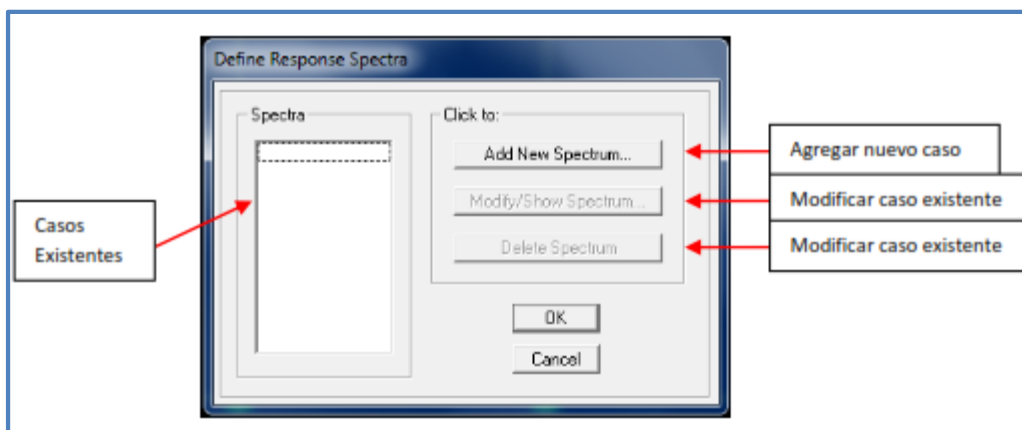


Figura 73: Definición de nuevo espectro  
Fuente: Programa ETABS

- 8) En la ventana Response Spectrum Case Data:
- Escribimos SX en la casilla Spectrum Case Name.
  - En la casilla Damping escribimos 0.05.
  - En Modal Combination escoger la opción CQC.
  - Desplegamos la lista en la dirección U1 y elegimos E0302016
  - En Scale Factor: 1.61 (de la hoja de cálculo)
  - Damos click en OK
  - Hacer lo mismo para SY con Scale Factor: 1.52
- Como se muestra en la figura siguiente:

**Datos de caso de espectro de respuesta**

Nombre caso Espec.

Estructural y función de amortig.  
Amortig.

Comb. Modal  
 CQC  SRSS  ABS  GMC  
 f1  f2

Combinación direccional  
 SRSS  ABS SF Ortogonal

Ingresar Espectro de respuesta

Dirección	Función	F. Escala
U1	E0302016	1.61
U2		
UZ		

Ángulo Excitación

Excentricidad  
 Ecc. Ratio (All Diaph.)   
 Override Diaph. Eccen.

Figura 74: Configuración de espectros en X-Y. Alternativa 01

Fuente: Programa ETABS

### k) Análisis

- 1) Hacemos click en el botón Run Now
- 2) Al finalizar, podremos observar la deformada para DEAD
- 3) Poner vista en elevación del eje 3
- 4) Hacemos click en el botón de acceso rápido (Show Deformed Shape).
- 5) En la ventana Deformed Shape en la lista desplegable elegimos la combinación X para poder ver el desplazamiento debido al SISMO en X mostrando resultado como en la figura siguiente.



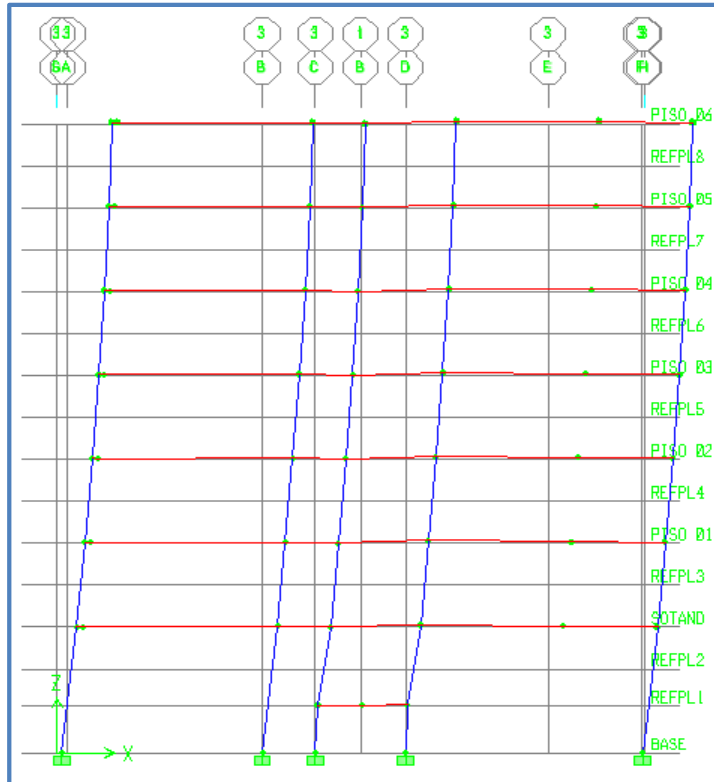


Figura 75: Vista en elevación del desplazamiento eje 3 en SX. Alternativa 01  
Fuente: Programa ETABS

6) Ubicar el puntero en un punto de desplazamiento y hacer click derecho y se abrirá la ventana Point Displacements podemos observar los desplazamientos y rotaciones del punto en sus 3 direcciones (X, Y, Z).

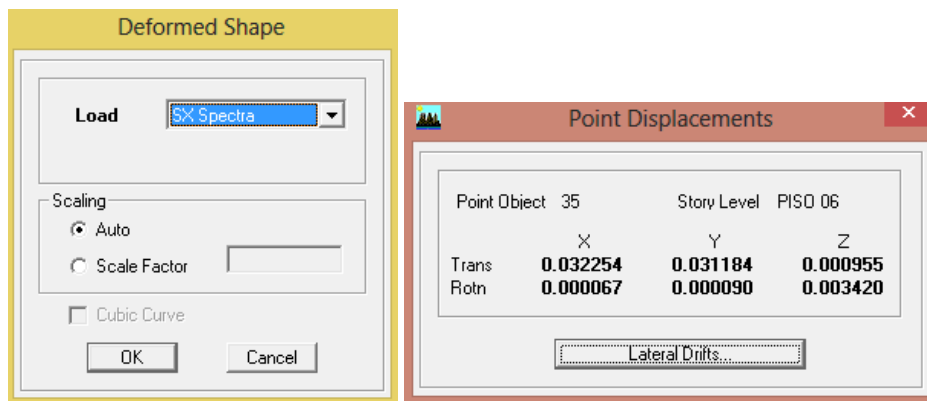


Figura 76: Ventana de análisis en X. Alternativa 01  
Fuente: Programa ETABS

7) Para los resultados: Display-show Tables, aparecerá una ventana de Model Definition y Analysis Results, desplegando Displacement/ Displacement Data /Diaphragm CM Displacement, aparecera el cuadro como se muestra en la siguiente figura:

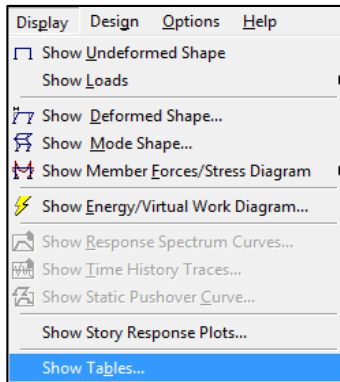


Figura 77: Ventana de resultados del análisis  
Fuente: Programa ETABS

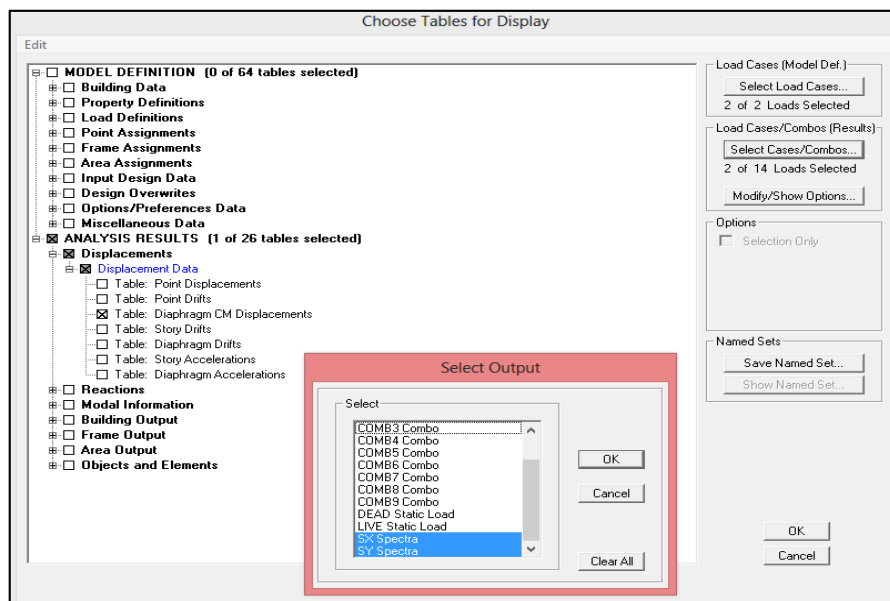


Figura 78: Ventana de resultados para el desplazamiento Alternativa 01  
Fuente: Programa ETABS

Diaphragm CM Displacements

	Story	Diaphragm	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
	PISO 06	D7	SX	0.0244	0.0039	0.0000	0.00000	0.00000	0.00257
	PISO 06	D7	SY	0.0035	0.0379	0.0000	0.00000	0.00000	0.00137
	PISO 05	D6	SX	0.0229	0.0036	0.0000	0.00000	0.00000	0.00248
	PISO 05	D6	SY	0.0033	0.0350	0.0000	0.00000	0.00000	0.00134
	PISO 04	D5	SX	0.0206	0.0032	0.0000	0.00000	0.00000	0.00232
	PISO 04	D5	SY	0.0031	0.0312	0.0000	0.00000	0.00000	0.00125
	PISO 03	D4	SX	0.0178	0.0028	0.0000	0.00000	0.00000	0.00209
	PISO 03	D4	SY	0.0027	0.0266	0.0000	0.00000	0.00000	0.00114
	PISO 02	D3	SX	0.0145	0.0023	0.0000	0.00000	0.00000	0.00180
	PISO 02	D3	SY	0.0023	0.0214	0.0000	0.00000	0.00000	0.00099
	PISO 01	D2	SX	0.0109	0.0017	0.0000	0.00000	0.00000	0.00145
	PISO 01	D2	SY	0.0018	0.0157	0.0000	0.00000	0.00000	0.00082
	SOTANO	D1	SX	0.0071	0.0011	0.0000	0.00000	0.00000	0.00106
	SOTANO	D1	SY	0.0012	0.0098	0.0000	0.00000	0.00000	0.00062

Figura 79: Ventana de las que se toma en cuenta UX-UY. Alternativa 01  
Fuente: Programa ETABS

Estos datos se llevaran a la hoja de cálculo del espectro para obtener el resultado final

## **2) Procesamiento de la alternativa 02**

### **Columnas, vigas rectangulares y placas:**

En esta alternativa las columnas y vigas mantienen las mismas dimensiones que en la anterior. Se incorpora un muro en el sótano de 25cm y placa en el ascensor de 15cm.

El procedimiento es similar que en la alternativa 01, manteniendo las mismas dimensiones como en:

- Inicio del Programa
- Definir material

### **a) Definir secciones**

Las secciones de columna, viga, losas son las mismas que en la alternativa 01. Añadir secciones de muros o placas como se muestra en la figura:

- 1) Para definir muro: Menú Define–Wall/Slab/Deck Sections. Seleccionamos WALL1 luego en Modify/Show Section. En el cuadro Wall/Slab ingresamos las propiedades de la placa o muro como M15 caja de ascensor y M25 para el muro de corte

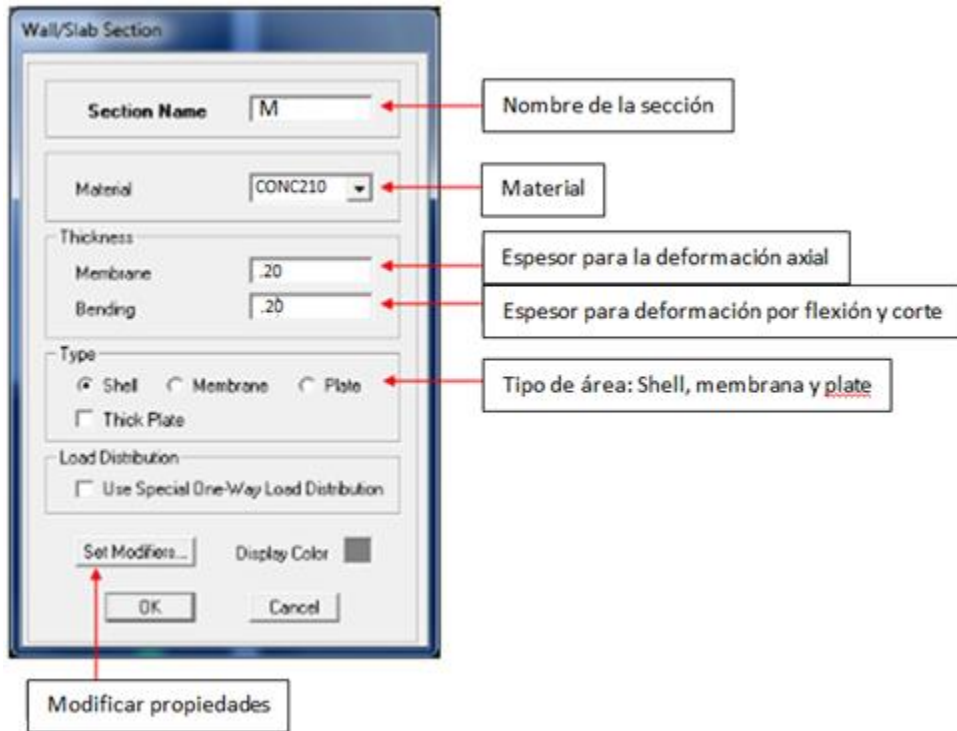


Figura 80: Ventana representativa de definición de muro de 25cm  
Fuente: Programa ETABS

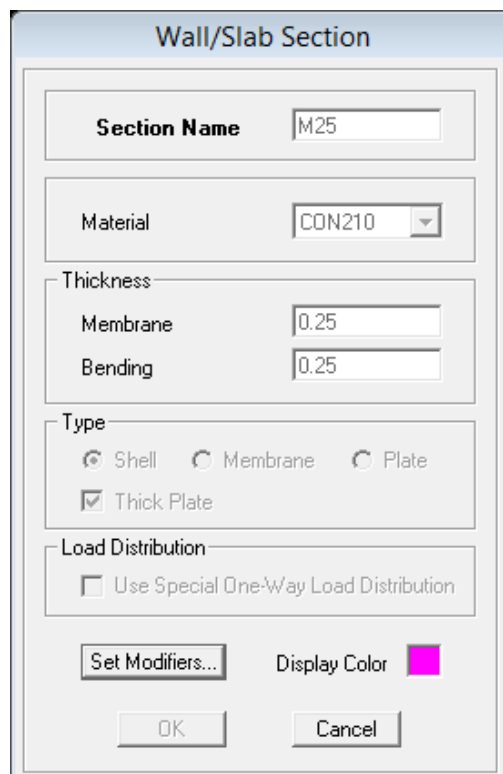


Figura 81: Definición de muro de 25cm  
Fuente: Programa ETABS

De igual manera, se sigue el mismo procedimiento que la alternativa 01, manteniendo las mismas dimensiones en los siguientes puntos:

- Configuración de Apoyos
- Definición de Diafragma.
- Definiendo cargas estáticas
- Cargas verticales
- Definición de masas.
- Determinación de Combinaciones
- Definición de espectro

Como se muestra en la figura.

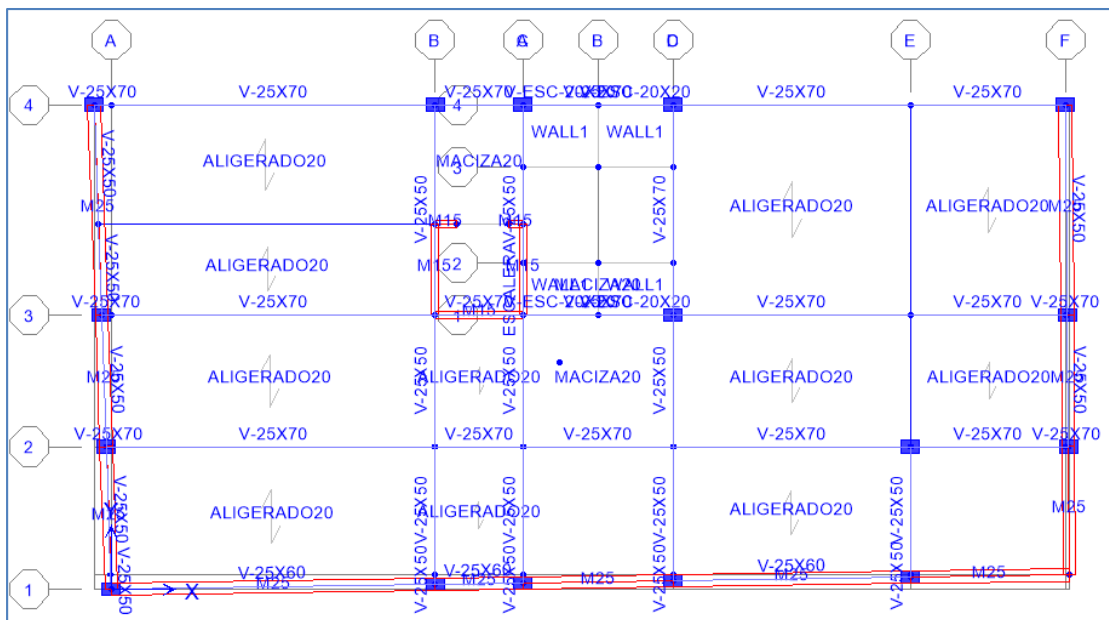


Figura 82: Vista en planta: columnas, vigas, muro y placa plasmada en el ETABS. Alternativa 02  
Fuente: Programa ETABS

- 2) Una vez plasmado el muro y placa correr el programa con RUN, para luego tener el dato de peso desde Display-show Tables; en la ventana de Analysis Results, desplegando Reactions/Support Reactions/Table: Support Reactions y en Selec cases combos seleccionar cargas Dead y Live, darle ok; para finalmente tener la tabla y tomar datos de peso de Dead y Live de Fz. Como se muestra:

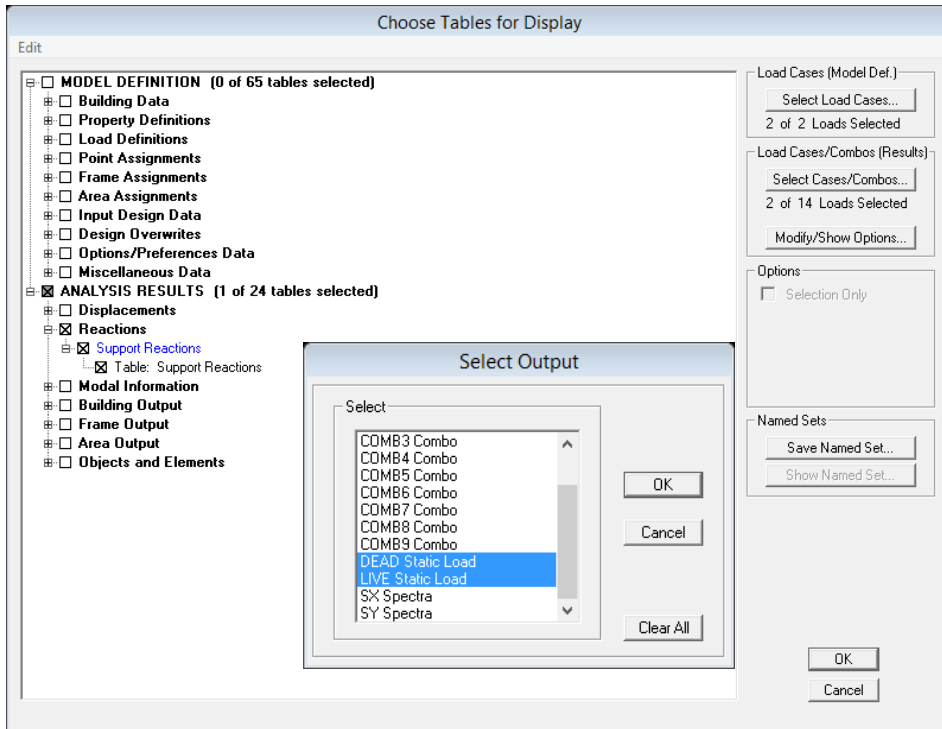


Figura 83: Procedimiento para ver el peso seleccionando carga viva y muerta. Alternativa 02  
Fuente: Programa ETABS

Support Reactions

Edit View

Support Reactions

	Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	BASE	303	LIVE	-260.27	-395.14	340.97	-45.420	109.047	127.73
	BASE	704	DEAD	-1206.08	2981.29	18849.70	0.000	0.000	0.000
	BASE	704	LIVE	122.55	465.59	1631.46	0.000	0.000	0.000
	BASE	753	DEAD	159696.12	-15739.97	94088.38	0.000	0.000	0.000
	BASE	753	LIVE	22262.41	-2699.91	33146.48	0.000	0.000	0.000
	BASE	754	DEAD	19717.21	14194.51	88374.77	0.000	0.000	0.000
	BASE	754	LIVE	3132.44	2253.34	13888.79	0.000	0.000	0.000
	BASE	755	DEAD	-14658.27	16134.08	93177.38	0.000	0.000	0.000
	BASE	755	LIVE	-2600.01	2276.46	14243.75	0.000	0.000	0.000
	BASE	756	DEAD	13372.04	-841.85	14757.54	0.000	0.000	0.000
	BASE	756	LIVE	1951.80	-80.32	2196.37	0.000	0.000	0.000
	BASE	757	DEAD	-14756.96	-14.41	7739.63	0.000	0.000	0.000
	BASE	757	LIVE	-2390.91	-3.60	1435.06	0.000	0.000	0.000
	BASE	758	DEAD	-144878.50	198.56	-38487.93	0.000	0.000	0.000
	BASE	758	LIVE	-19908.27	28.78	-24341.70	0.000	0.000	0.000
	Summation	0, 0, Base	DEAD	279.41	-4.57	1139193.88	5480921.631	-9930362.38	-1679.0
	Summation	0, 0, Base	LIVE	36.53	-1.28	182436.62	887653.081	-1581430.273	-224.8

OK

Figura 84: Datos de peso Summation de DEAD-LIVE en FZ alternativa 02  
Fuente: Programa ETABS

3) En la hoja de cálculo tendremos:

**b) Cálculo de fuerza cortante V:  $V = (ZxUxCxS/R) \times P$**

Datos de acuerdo a la hoja de cálculo:

Tabla 13: Datos de hoja de cálculo. Alternativa 02 similares a la alternativa 01

Zona Sísmica (Z3)	Z = 0.35
Factor de uso o importancia (categoría C)	U = 1.0
Perfil de Suelo S <sub>1</sub>	S = 1.0
Factor de amplificación sísmica	C = 2.14
Período que define la plataforma del factor C	T <sub>P</sub> = 0.4
Período que define el inicio de la zona del factor C	T <sub>L</sub> = 2.5
Coficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas	R <sub>0</sub> = 8.0
Factor de irregularidad en altura	I <sub>a</sub> = 1.0
Factor de irregularidad en planta	I <sub>p</sub> = 0.85
Coficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	R = 6.8
Altura total del edificio	h <sub>n</sub> = 21m
Coficiente de estimación periodo fundamental de un edificio	C <sub>t</sub> = 45
Periodo fundamental de vibración	T = 0.47s

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

➤ Según la norma el peso:  $P = \text{DEAD} + 0.25 \times \text{LIVE}$

Entonces:  $P = 1139.19 + 0.25 \times 182.4 = 1184.79 \text{ Tn}$

➤  $T = h_n / C_t = 0.47 \text{ s}$ ;

➤  $T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \left( \frac{T_P}{T} \right) ; \quad 0.4 < 0.47 < 2.5 \quad C = 2.5 \left( \frac{0.4}{0.47} \right)$

Entonces:  $C = 2.142857143$

Por lo tanto:  $V = (ZxUxCxS/R) \times P$

$V = (0.35 \times 1.0 \times 2.14 \times 1.0 / 6.8) \times 1184.79 \text{ Tn}$

$V = 130.68 \text{ Tn}$

**c) Comparación entre V obtenido del análisis (programa) y V estático**

Eje X-X  $V = 67.45 \text{ Tn}$

Eje Y-Y  $V = 53.68 \text{ Tn}$

Estos datos son extraídos del programa como sigue:

Display-show Tables; en la ventana de ANALYSIS RESULTS, desplegando Building Output/Table: Story Shears y en Selec cases

combos seleccionar cargas SX - SY, darle ok; para finalmente tener la tabla y tomar datos de peso de VX-VY. Como se muestra:

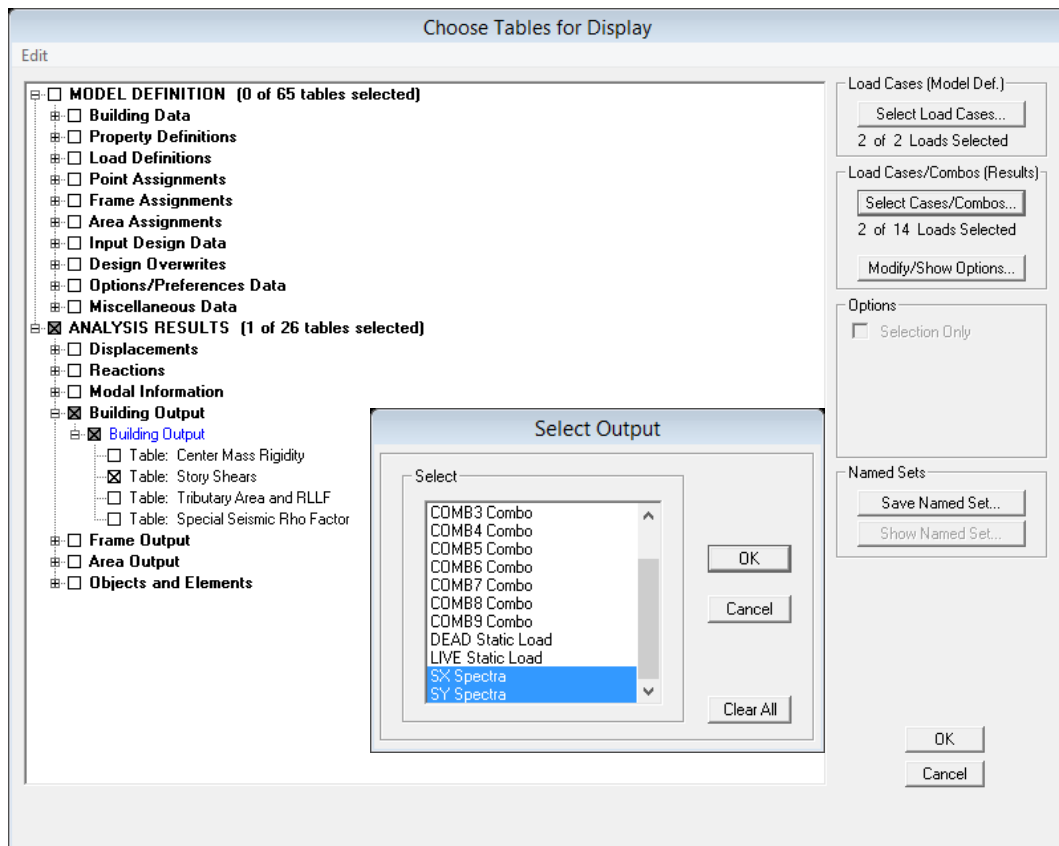


Figura 85: Procedimiento para mostrar ventana de resultado VX-VY. Alternativa 02  
Fuente: Programa ETABS

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
PISO 04	SY	Bottom	24.58	20950.15	66326.05	574110.659	386452.672	119177.
PISO 03	SX	Top	5.71	81106.86	20795.55	384468.995	98436.505	379897.
PISO 03	SX	Bottom	5.71	81445.96	20872.23	386798.526	154958.170	597501.
PISO 03	SY	Top	25.48	25434.15	79711.95	693312.955	386457.794	119174.
PISO 03	SY	Bottom	25.48	25510.41	80000.22	696315.888	596538.308	188131.
PISO 02	SX	Top	6.77	92768.67	23713.34	442532.158	154965.105	597507.
PISO 02	SX	Bottom	6.77	93025.61	23774.34	444316.785	218465.612	843883.
PISO 02	SY	Top	29.16	29097.89	91471.57	796258.161	596559.757	188117.
PISO 02	SY	Bottom	29.16	29152.78	91712.26	798671.027	833143.663	265881.
PISO 01	SX	Top	6.82	100942.36	25598.27	486833.253	218465.527	843881.
PISO 01	SX	Bottom	6.82	101100.18	25637.60	487892.111	286913.850	1111151.
PISO 01	SY	Top	30.11	31527.52	100765.22	875823.669	833148.655	265876.
PISO 01	SY	Bottom	30.11	31556.64	100924.02	877344.571	1092189.946	350009.
SOTANO	SX	Top	6.79	104518.83	26141.98	512405.068	286913.814	1111151.
SOTANO	SX	Bottom	6.79	67.45	26147.93	512637.214	393248.842	1531226.
SOTANO	SY	Top	29.81	32334.98	104635.28	912996.897	1092188.179	350010.
SOTANO	SY	Bottom	29.81	32338.43	53.68	913363.253	1505004.692	481255.

Valores en kg convertidos en Tn de VX -VY

Figura 86: Ventana referencial mostrando fuerza contante VX - VY alternativa 02  
Fuente: Programa ETABS



**Escalamiento de fuerzas:** Según la norma indica el 80% de V estático  
 Factor =  $(0.8 * V \text{ estático}) / V$ ; cálculo para ambos ejes

Tabla 14: Factor de escalamiento de fuerzas. Alternativa 02

Ejes	V programa	V estático.	Factor
Eje X-X	67.45	130.68	1.55
Eje Y-Y	53.68	130.68	1.95

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

- 4) Una vez obtenido los datos respectivos se procede a escalar en el programa ETABS: define/Response Spectrum cases; seleccionamos SX, y se mostrara como en la figura. Realizar lo mismo para escalar SY

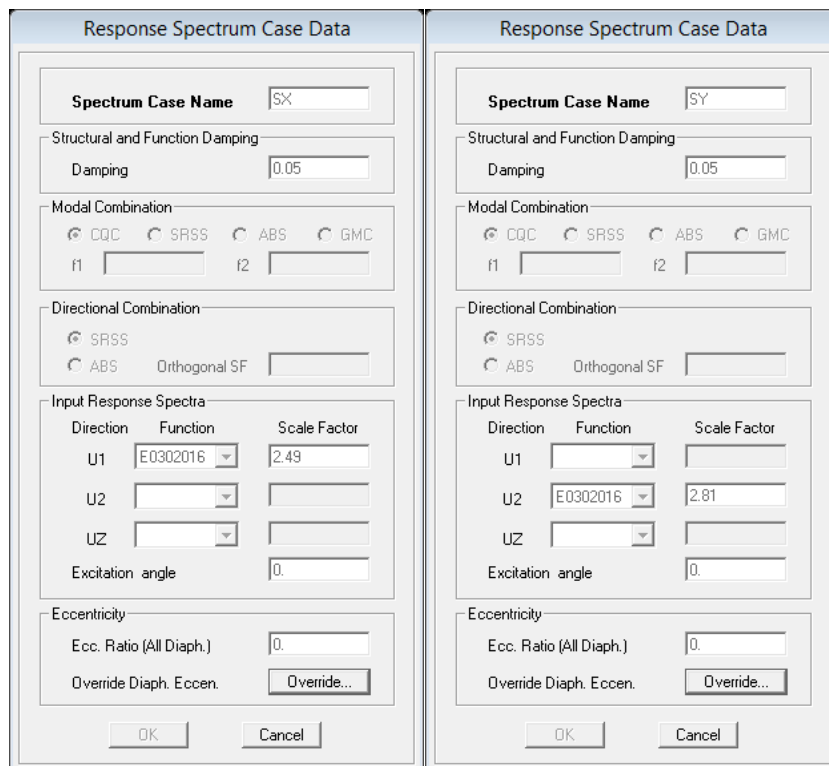


Figura 87: Configuración de espectros en X-Y. Alternativa 02  
 Fuente: Programa ETABS

**d) Análisis**

- 1) Hacemos click en el botón Run Now
- 2) Al finalizar, podremos observar la deformada para DEAD
- 3) Poner vista en elevación del eje 3

- 4) Hacemos click en el botón de acceso rápido (Show Deformed Shape).
- 5) En la ventana Deformed Shape en la lista desplegable elegimos la combinación X para poder ver el desplazamiento debido al SISMO en X mostrando resultado como en la figura siguiente.

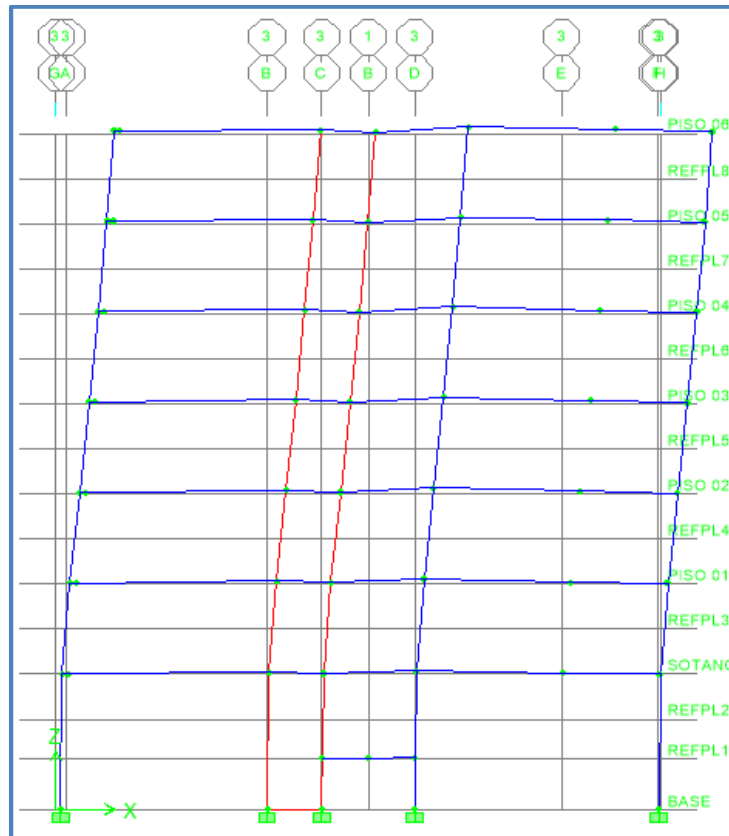


Figura 88: Vista en elevación del desplazamiento eje 3 en SX alternativa 02  
Fuente: Programa ETABS

- 6) Ubicar el puntero en un punto de desplazamiento y hacer click derecho y se abrirá la ventana Point Displacements podemos observar los desplazamientos y rotaciones del punto en sus 3 direcciones (X, Y, Z).

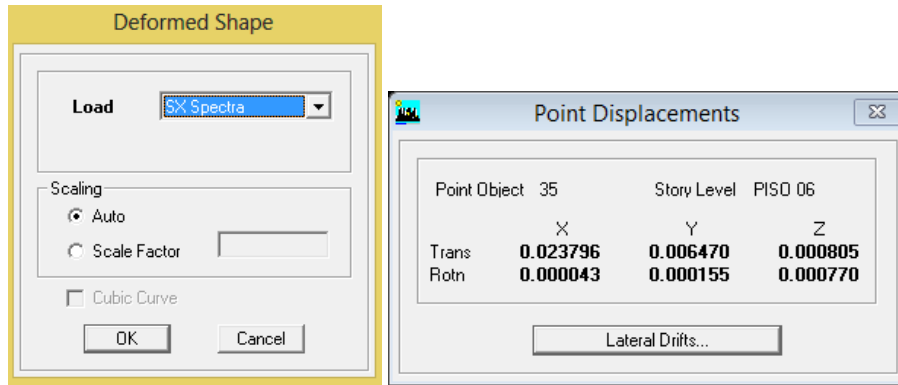


Figura 89: Ventana de análisis en X alternativa 02  
Fuente: Programa ETABS

- 7) Para los resultados: Display-show Tables, aparecerá una ventana de Model Definition y Analysis Results, desplegando cada uno se podrá tener resultados los resultados requeridos, como se muestra:

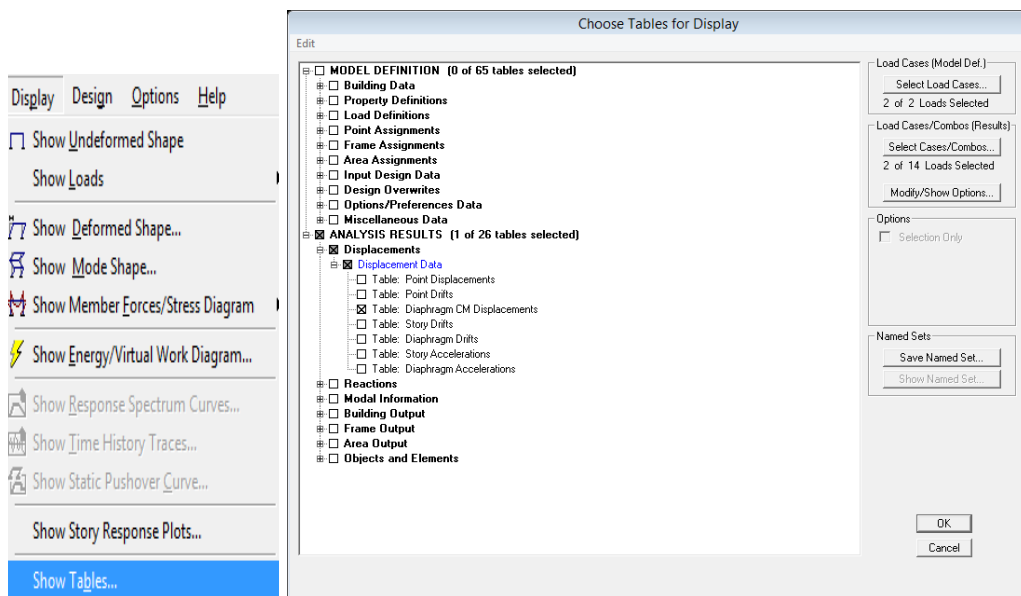


Figura 90: Ventana de resultados del análisis. Alternativa 02  
Fuente: Programa ETABS

	Story	Diaphragm	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
▶	PISO 06	D7	SX	0.0237	0.0051	0.0000	0.00000	0.00000	0.00075
	PISO 06	D7	SY	0.0060	0.0313	0.0000	0.00000	0.00000	0.00208
	PISO 05	D6	SX	0.0204	0.0043	0.0000	0.00000	0.00000	0.00069
	PISO 05	D6	SY	0.0051	0.0266	0.0000	0.00000	0.00000	0.00190
	PISO 04	D5	SX	0.0166	0.0035	0.0000	0.00000	0.00000	0.00062
	PISO 04	D5	SY	0.0042	0.0216	0.0000	0.00000	0.00000	0.00167
	PISO 03	D4	SX	0.0126	0.0026	0.0000	0.00000	0.00000	0.00051
	PISO 03	D4	SY	0.0031	0.0162	0.0000	0.00000	0.00000	0.00133
	PISO 02	D3	SX	0.0083	0.0017	0.0000	0.00000	0.00000	0.00036
	PISO 02	D3	SY	0.0020	0.0107	0.0000	0.00000	0.00000	0.00092
	PISO 01	D2	SX	0.0041	0.0010	0.0000	0.00000	0.00000	0.00017
	PISO 01	D2	SY	0.0009	0.0056	0.0000	0.00000	0.00000	0.00046
	SOTANO	D1	SX	0.0009	0.0004	0.0000	0.00000	0.00000	0.00004
	SOTANO	D1	SY	0.0002	0.0018	0.0000	0.00000	0.00000	0.00013

Figura 91: Ventana de resultados del análisis desplazamiento X-Y-Z .Alternativa 02  
Fuente: Programa ETABS

Estos datos se llevaran a la hoja de cálculo del espectro para obtener el resultado final

### 3) Procesamiento de la alternativa 03

#### Columnas de sección diversa, vigas rectangulares y placas:

En esta alternativa las columnas rectangulares son de 25cm x 60cm, las de forma “T” 45cm x 25cm, “L” 0.7cm x 0.7cm, ambas columnas con un espesor de 25cm; las vigas, muros y placa de ascensor mantienen las mismas dimensiones que en la anterior.

El procedimiento es similar que en la alternativa 01, manteniendo las mismas dimensiones como en:

- Inicio del Programa
- Definir material

#### a) Definir secciones

Las secciones de viga, losas muros y placas son las mismas que en la alternativa 02, pero hay variación de columnas y es como sigue:

- 1) Añadir secciones de columnas T y L Menú Define – Frame Sections  
En la segunda lista desplegable del cuadro Define Frame Properties escoja Add Tee. En el cuadro Rectangular Section colocaremos las propiedades de nuestras secciones, en este caso las propiedades para la columna tipo T, de 45cm x 25cm, espesor de 25cm como se muestra en la figura:

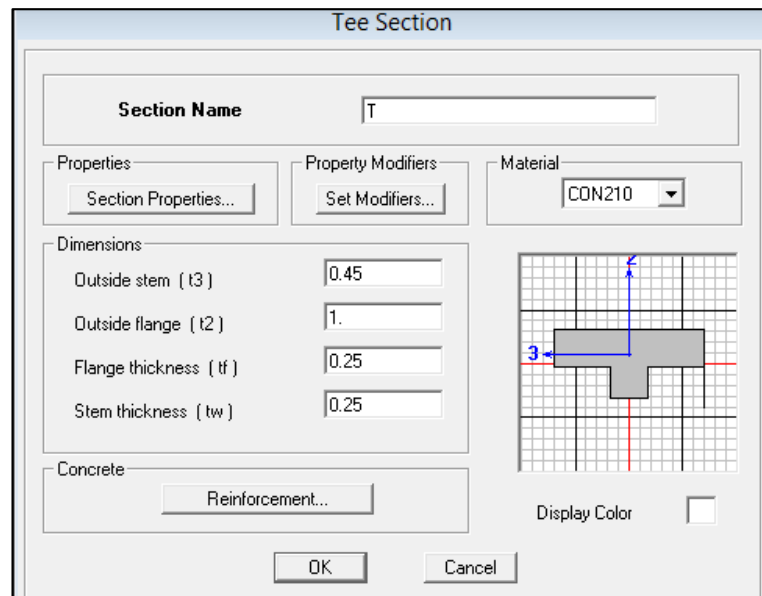


Figura 92: Definición de columna T  
Fuente: Programa ETABS

- 2) Seleccionamos Reinforcement y aparecerá el cuadro Reinforcement Data en el cual indicaremos el tipo de elemento, Column como se muestra en la figura siguiente:

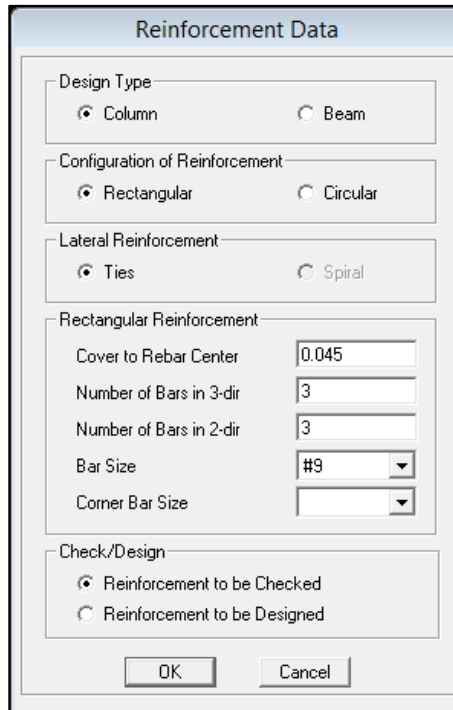


Figura 93: Definición de tipo de elemento columna  
Fuente: Programa ETABS

- 3) Los pasos de definición de columna T, son las mismas como para la columna L, de dimensiones 70cm x70cm y espesor de 25cm como se muestra en la figura:

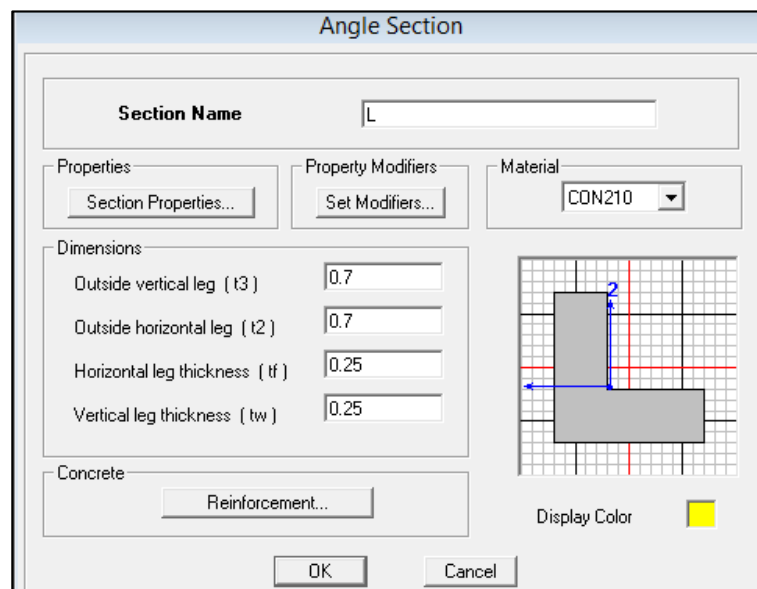


Figura 94: Definición de columna L  
Fuente: Programa ETABS

- 4) Una vez culminado la definición plasmar las columnas, quedando de la siguiente manera:

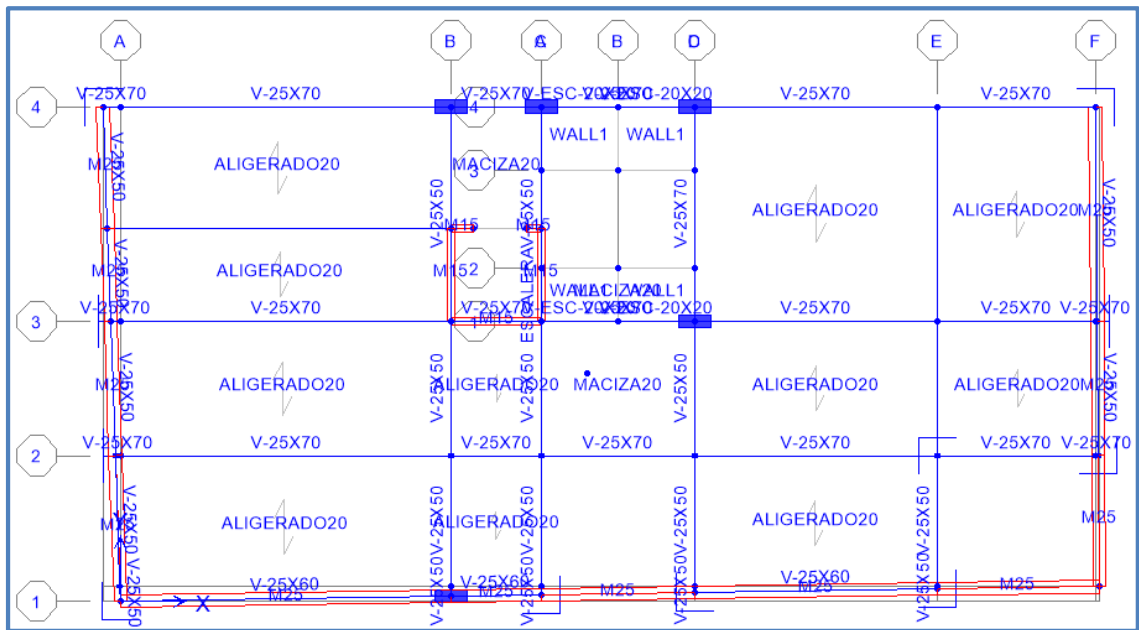


Figura 95: Vista en planta edificación, alternativa 03  
Fuente: Programa ETABS

- 5) Seguir el mismo procedimiento que la alternativa 01, manteniendo los mismos datos en los siguientes puntos:
- Configuración de Apoyos
  - Definición de Diafragma.
  - Definiendo cargas estáticas
  - Cargas verticales
  - Definición de masas.
  - Determinación de Combinaciones
  - Definición de espectro
- 6) Una vez plasmado el muro y placa correr el programa con RUN, para luego tener el dato de peso desde Display-show Tables; en la ventana de Analysis Results, desplegando Reactions/Support Reactions/Table: Support Reactions y en Selec cases combos seleccionar cargas Dead y Live, darle ok; para finalmente tener la tabla y tomar datos de peso de Dead y Live de Fz. Como se muestra:

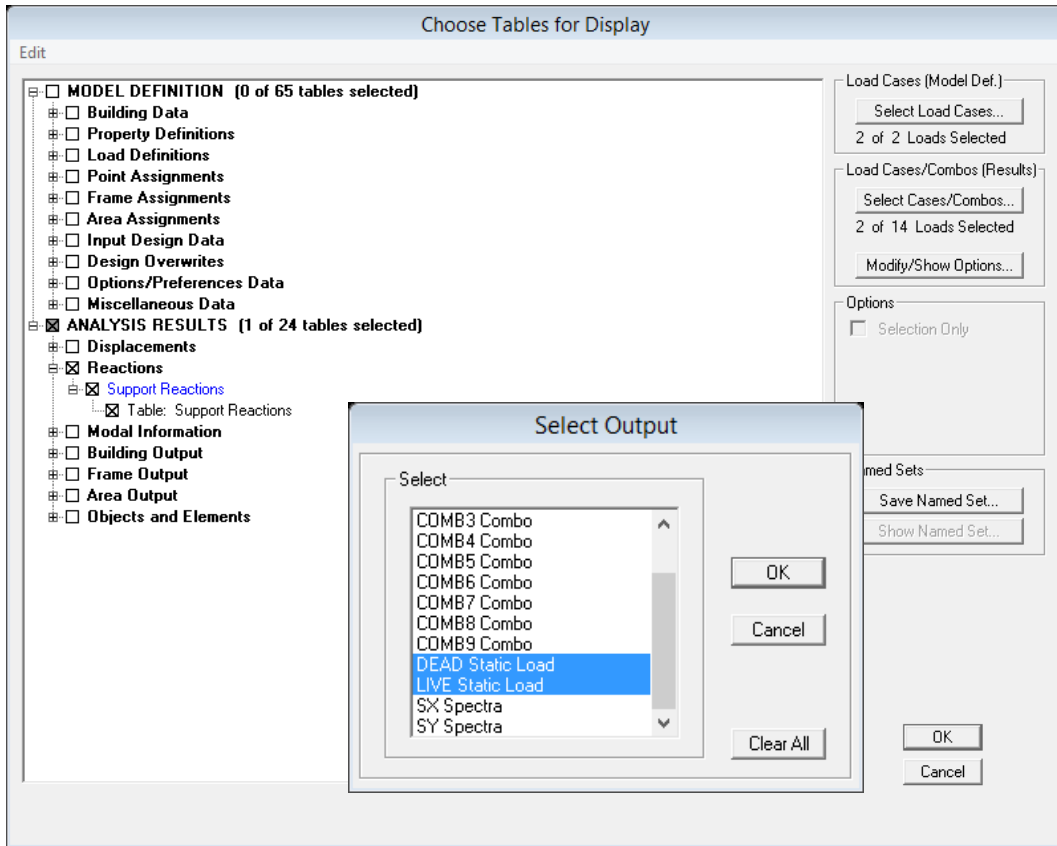


Figura 96: Procedimiento para ver el peso seleccionando carga viva y muerta. Alternativa 03  
Fuente: Programa ETABS

	Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	BASE	88	LIVE	-1926.58	-320.26	5296.75	-1146.647	135.887	-75.62
	BASE	89	DEAD	-12634.45	12.88	8860.53	0.000	0.000	0.000
	BASE	89	LIVE	-2065.55	0.00	1637.77	0.000	0.000	0.000
	BASE	90	DEAD	13307.84	-173.07	6973.89	1186.675	23.345	62.21
	BASE	90	LIVE	1907.77	-17.70	803.94	121.661	-2.117	6.32
	BASE	92	DEAD	14810.93	12450.02	74689.51	1203.571	293.791	31.94
	BASE	92	LIVE	2172.39	1950.45	11305.38	117.538	-96.317	-48.01
	BASE	93	DEAD	-9351.21	18003.19	75034.10	-5420.587	3584.286	117.60
	BASE	93	LIVE	-1678.85	2323.92	11090.06	-480.707	408.377	-75.05
	BASE	101	DEAD	141.54	-2076.81	41672.06	937.936	-209.125	214.31
	BASE	101	LIVE	33.81	-531.28	6358.96	182.179	-44.399	101.11
	BASE	291	DEAD	2687.45	-13232.26	13618.31	-899.456	-34.786	-224.6
	BASE	291	LIVE	328.02	-1873.60	1844.79	-119.065	-37.273	-16.62
	BASE	303	DEAD	-4169.17	-8874.90	8300.89	-285.874	77.129	178.11
	BASE	303	LIVE	-482.90	-1048.43	895.86	-18.095	26.653	29.16
	Summation	0, 0, Base	DEAD	0.00	0.00	1267697.60	5977658.906	-11131035.81	0.000
	Summation	0, 0, Base	LIVE	0.00	0.00	182436.49	887628.131	-1581917.286	0.000

Figura 97: Datos de peso Summation de DEAD-LIVE en FZ alternativa 03  
Fuente: Programa ETABS



7) En la hoja de cálculo tendremos:

**b) Cálculo de fuerza cortante V:  $V = (ZxUxCxS/R) \times P$**

Datos de acuerdo a la hoja de cálculo:

Tabla 15: Datos de hoja de cálculo. Alternativa 03 similares a la alternativa 01 y 02

Zona Sísmica (Z3)	Z = 0.35
Factor de uso o importancia (categoría C)	U = 1.0
Perfil de Suelo S <sub>i</sub>	S = 1.0
Factor de amplificación sísmica	C = 2.14
Período que define la plataforma del factor C	T <sub>P</sub> = 0.4
Período que define el inicio de la zona del factor C	T <sub>L</sub> = 2.5
Coefficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas	R <sub>0</sub> = 8.0
Factor de irregularidad en altura	I <sub>a</sub> = 1.0
Factor de irregularidad en planta	I <sub>p</sub> = 0.85
Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	R = 6.8
Altura total del edificio	h <sub>n</sub> = 21m
Coefficiente de estimación periodo fundamental de un edificio	C <sub>t</sub> = 45
Periodo fundamental de vibración	T = 0.47s

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

➤ Según la norma el peso:  $P = \text{DEAD} + 0.25 \times \text{LIVE}$

Entonces:  $P = 1267.7 + 0.25 \times 182.4 = 1313.31 \text{ Tn}$

➤  $T = h_n / C_t = 0.47 \text{ s}$ ;

➤  $T_P < T < T_L$      $C = 2.5 \left( \frac{T_P}{T} \right)$  ;     $0.4 < 0.47 < 2.5$      $C = 2.5 \left( \frac{0.4}{0.47} \right)$

Entonces:  $C = 2.142857143$

➤ Por lo tanto:  $V = (ZxUxCxS/R) \times P$

$V = (0.35 \times 1.0 \times 2.14 \times 1.0 / 6.8) \times 1313.31 \text{ Tn}$  ;                       $V = 144.85 \text{ Tn}$

**c) Comparación entre V obtenido del análisis (programa) y V estático**

Eje X-X     $V = 95.67 \text{ Tn}$

Eje Y-Y     $V = 79.95 \text{ Tn}$

Estos datos son extraídos del programa, como sigue:

Display-show Tables; en la ventana de ANALYSIS RESULTS, desplegando Building Output/Table: Story Shears y en Selec cases

combos seleccionar cargas SX - SY, darle ok; para finalmente tener la tabla y tomar datos de peso de VX-VY. Como se muestra:

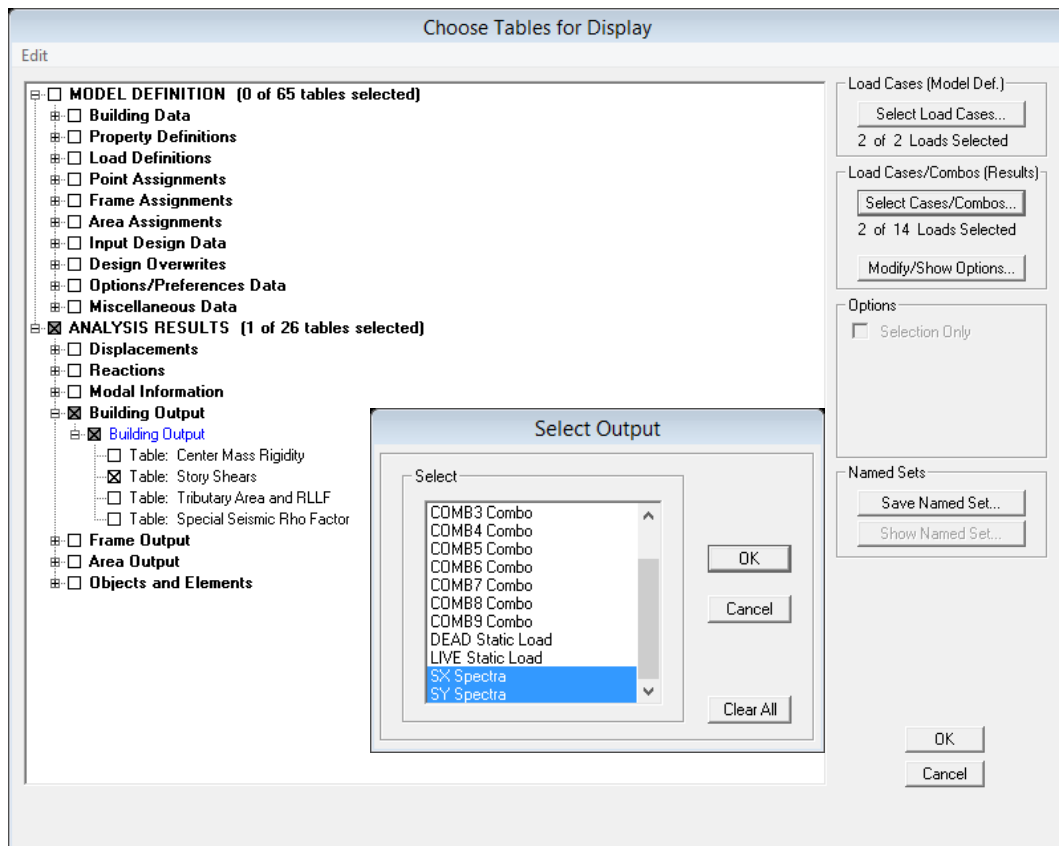


Figura 98: Procedimiento para mostrar ventana de resultado VX-VY. Alternativa 03  
Fuente: Programa ETABS

Story	Load	Loc	P	VX	VY	T	MX	MY
PISO 04	SY	Bottom	24.58	20950.15	66326.05	574110.659	386452.672	119177.
PISO 03	SX	Top	5.71	81106.86	20795.55	384468.995	98436.505	379897.
PISO 03	SX	Bottom	5.71	81445.96	20872.23	386798.526	154958.170	597501.
PISO 03	SY	Top	25.48	25434.15	79711.95	693312.955	386457.794	119174.
PISO 03	SY	Bottom	25.48	25510.41	80000.22	696315.888	596538.308	188131.
PISO 02	SX	Top	6.77	92768.67	23713.34	442532.158	154965.105	597507.
PISO 02	SX	Bottom	6.77	93025.61	23774.34	444316.785	218465.612	843883.
PISO 02	SY	Top	29.16	29097.89	91471.57	796258.161	596559.757	188117.
PISO 02	SY	Bottom	29.16	29152.78	91712.26	798671.027	833143.663	265881.
PISO 01	SX	Top	6.82	100942.36	25598.27	486833.253	218465.527	843881.
PISO 01	SX	Bottom	6.82	101100.18	25637.60	487892.111	286913.850	1111151.
PISO 01	SY	Top	30.11	31527.52	100765.22	875823.669	833148.655	265876.
PISO 01	SY	Bottom	30.11	31556.64	100924.02	877344.571	1092189.946	350009.
SOTANO	SX	Top	6.79	104518.83	26141.98	512405.068	286913.814	1111151.
SOTANO	SX	Bottom	6.79	95.67	26147.93	512637.214	393248.842	1531226.
SOTANO	SY	Top	29.81	32334.98	104635.28	912996.897	1092188.179	350010.
SOTANO	SY	Bottom	29.81	32338.43	79.95	913363.253	1505004.692	481255.

Figura 99: Ventana referencial mostrando fuerza contante VX - VY alternativa 03  
Fuente: Programa ETABS

**Escalamiento de fuerzas:** Según la norma indica el 80% de V estático  
 Factor =  $(0.8 * V \text{ estático}) / V$ ; cálculo para ambos ejes

Tabla 16: Factor de escalamiento de fuerzas. Alternativa 02

Ejes	V programa	V estático.	Factor
Eje X-X	95.67	144.85	1.21
Eje Y-Y	79.95	144.85	1.45

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

Una vez obtenido los datos respectivos se procede a escalar en el programa ETABS: Define/Response Spectrum cases; seleccionamos SX, y se mostrara como en la figura. Realizar lo mismo para escalar SY

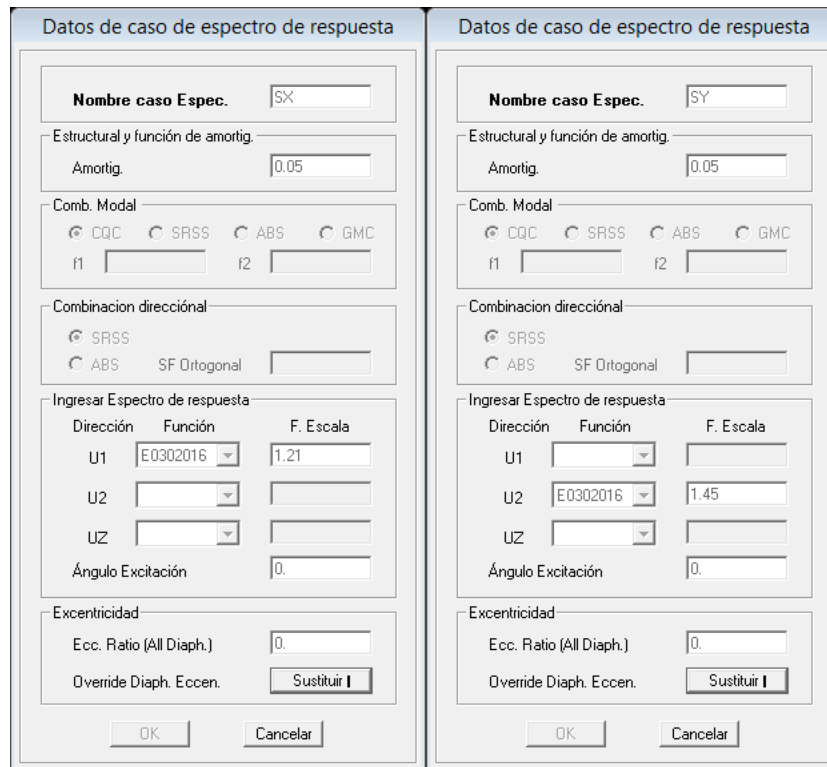


Figura 100: Configuración de espectros en X-Y. Alternativa 03

Fuente: Programa ETABS

**d) Análisis**

- 1) Hacemos click en el botón Run Now
- 2) Al finalizar, podremos observar la deformada para DEAD
- 3) Poner vista en elevación del eje 3
- 4) Hacemos click en el botón de acceso rápido (Show Deformed Shape).

- 5) En la ventana Deformed Shape en la lista desplegable elegimos la combinación X para poder ver el desplazamiento debido al SISMO en X mostrando resultado como en la figura siguiente.

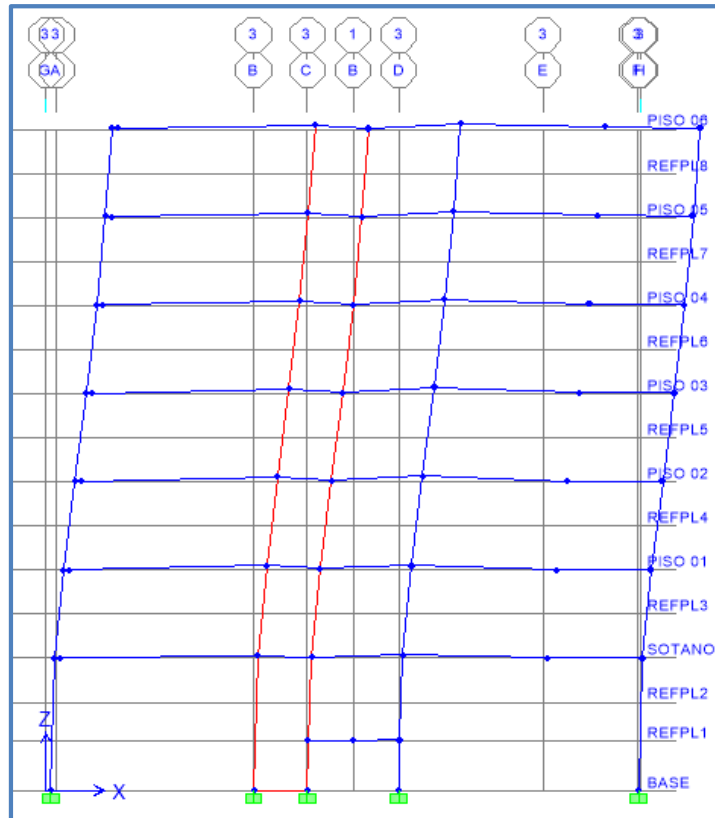


Figura 101: Vista en elevación del desplazamiento eje 3 en SX alternativa 03  
Fuente: Programa ETABS

- 6) Ubicar el puntero en un punto de desplazamiento y hacer click derecho y se abrirá la ventana Point Displacements podemos observar los desplazamientos y rotaciones del punto en sus 3 direcciones (X, Y, Z).

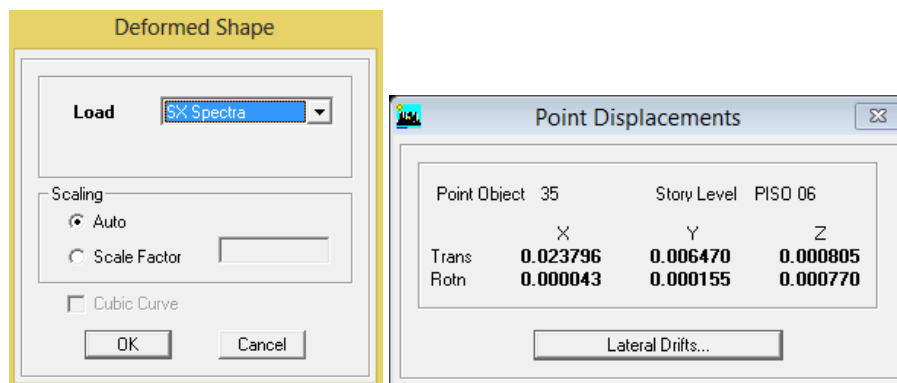


Figura 102: Ventana de análisis en X alternativa 03  
Fuente: Programa ETABS

7) Para los resultados: Display-show Tables, aparecerá una ventana de MODEL DEFINITION y ANALYSIS RESULTS, desplegando cada uno se podrá tener resultados los resultados requeridos, como se muestra:

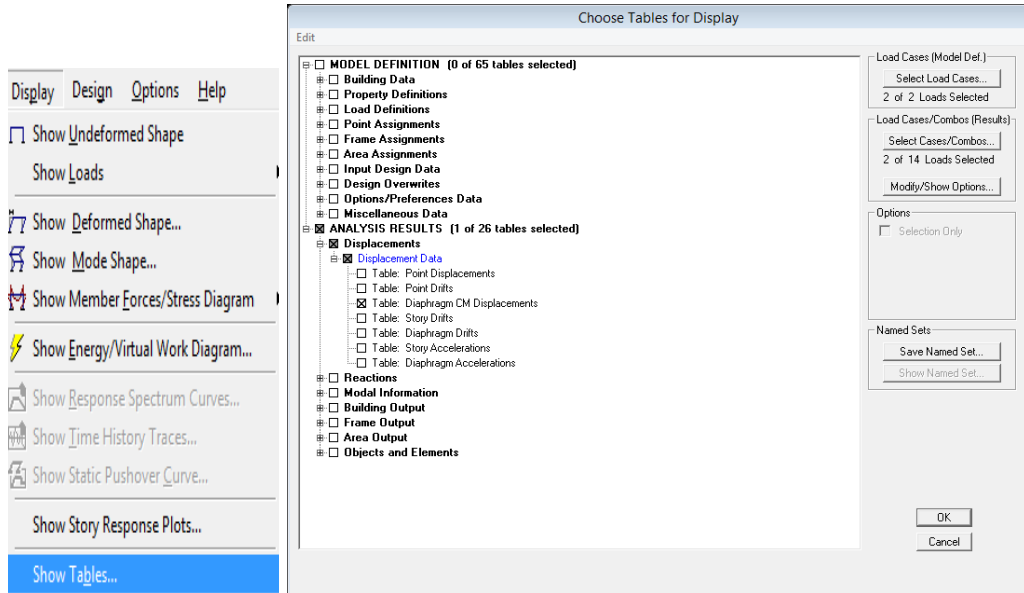


Figura 103: Ventana de resultados del análisis. Alternativa 03  
Fuente: Programa ETABS

	Story	Diaphragm	Load	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
▶	PISO 06	D7	SX	0.0098	0.0023	0.0000	0.00000	0.00000	0.00008
	PISO 06	D7	SY	0.0026	0.0129	0.0000	0.00000	0.00000	0.00050
	PISO 05	D6	SX	0.0086	0.0020	0.0000	0.00000	0.00000	0.00008
	PISO 05	D6	SY	0.0023	0.0112	0.0000	0.00000	0.00000	0.00048
	PISO 04	D5	SX	0.0073	0.0016	0.0000	0.00000	0.00000	0.00007
	PISO 04	D5	SY	0.0019	0.0092	0.0000	0.00000	0.00000	0.00041
	PISO 03	D4	SX	0.0056	0.0012	0.0000	0.00000	0.00000	0.00005
	PISO 03	D4	SY	0.0015	0.0070	0.0000	0.00000	0.00000	0.00032
	PISO 02	D3	SX	0.0038	0.0008	0.0000	0.00000	0.00000	0.00003
	PISO 02	D3	SY	0.0010	0.0046	0.0000	0.00000	0.00000	0.00021
	PISO 01	D2	SX	0.0020	0.0004	0.0000	0.00000	0.00000	0.00002
	PISO 01	D2	SY	0.0006	0.0024	0.0000	0.00000	0.00000	0.00010
	SOTANO	D1	SX	0.0006	0.0001	0.0000	0.00000	0.00000	0.00002
	SOTANO	D1	SY	0.0002	0.0008	0.0000	0.00000	0.00000	0.00002

Figura 104: Ventana de resultados del análisis desplazamiento X-Y-Z .Alternativa 03  
Fuente: Programa ETABS

Estos datos se llevaran a la hoja de cálculo del espectro para obtener el resultado final.

### **III RESULTADOS**

De acuerdo a la Norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones el “Límites para la distorsión del entrepiso” es 0.007, válidos a considerar para materiales como: concreto armado, acero, albañilería, madera, edificios de concreto armado de ductilidad limitada; que de acuerdo a los cálculos no debe exceder el rango establecido.

Ubicándonos en la tabla mencionada para el trabajo de tesis. Tomamos al concreto armado como material predominante, teniendo así un desplazamiento, distorsión, o deriva de 0.007, como límite máximo de desplazamiento (en ambas direcciones X, Y), como se mencionó la prioridad es no sobre pasar el rango establecido.

Partiendo de estas restricciones según la Norma E.030, se analizaron tres alternativas y los resultados fueron lo siguiente:

#### **3.1 ALTERNATIVA 01:**

##### **Columnas y vigas rectangulares**

Con la ayuda del programa ETABS se plasmaron los elementos con una configuración estructural a base de:

Columnas de 25cm x 35 y vigas rectangulares de 25cm x 70cm; 25cm x 50cm; 25cm x 60cm, de una edificación de seis niveles más un sótano.

Tabla 17: Resultado de rigidez de la alternativa 01

Nivel	eje	0.75R	hn (m)	desplaz	D	D	RESULTADO DE RIGIDEZ
Piso 06	X-X	5.1	2.8	0.0244	0.0015	0.00273	OK
	Y-Y	5.1		0.0379	0.0029	0.00528	OK
Piso 05	X-X	5.1	2.8	0.0229	0.0023	0.00419	OK
	Y-Y	5.1		0.035	0.0038	0.00692	OK
Piso 04	X-X	5.1	2.8	0.0206	0.0028	0.0051	OK
	Y-Y	5.1		0.0312	0.0046	0.00838	Incrementar rigidez
Piso 03	X-X	5.1	2.8	0.0178	0.0033	0.00601	OK
	Y-Y	5.1		0.0266	0.0052	0.00947	Incrementar rigidez
Piso 02	X-X	5.1	2.8	0.0145	0.0036	0.00656	OK
	Y-Y	5.1		0.0214	0.0057	0.01038	Incrementar rigidez
Piso 01	X-X	5.1	2.8	0.0109	0.0038	0.00692	OK
	Y-Y	5.1		0.0157	0.0059	0.01075	Incrementar rigidez
Sotano	X-X	5.1	4.2	0.0071	0.0071	0.00862	Incrementar rigidez
	Y-Y	5.1		0.0098	0.0098	0.0119	Incrementar rigidez

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

**Dónde:**

- $R = R_0 \times I_a \times I_p = 6.8$
- **0.75R**: Desplazamiento lateral para estructuras regulares
- **hn**: Altura de entre piso

**Desplazamiento:** Desplazamiento (datos obtenidos del ETABS)

- **D**: Diferencia de ejes (X-X; Y-Y) de pisos (superior - inferior)

Ejemplo:

**Eje X-X:** piso 06 - piso 05=  $D$ ;  $D = 0.0244 - 0.0229 = 0.0015$

**Eje Y-Y:** piso 06 - piso 05=  $D$ ;  $D = 0.0379 - 0.035 = 0.0029$

Desplazamiento menor a 0.007 (**D**)=  $D * 0.75R / hn$

Ejemplo:

**Piso 06 eje X-X:**

$$D = 0.0015 * 5.1 / 2.8 = 0.0027; \text{ cumple con la norma}$$

**Piso 04 eje Y-Y:**

$$D = 0.0046 * 5.1 / 2.8 = 0.0084 \text{ no cumple con la norma; es mayor a 0.007.}$$

**Resultado:** De acuerdo a la tabla esta alternativa excede el 0.007 que es el límite de distorsión de entrepiso, por lo que se recomienda incrementar la rigidez de la estructura.

Por lo tanto no cumple con las condiciones de la Norma E.030

**Desplazamiento en los ejes X-X y en los ejes Y-Y de la alternativa 01**

En los ejes X-X:

Tabla 18: Alternativa 01 Piso Vs SX

DESPL. X-X	PISO	
0.0244	7.00	PISO 06
0.0229	6.00	PISO 05
0.0206	5.00	PISO 04
0.0178	4.00	PISO 03
0.0145	3.00	PISO 02
0.0109	2.00	PISO 01
0.0071	1.00	SOTANO

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

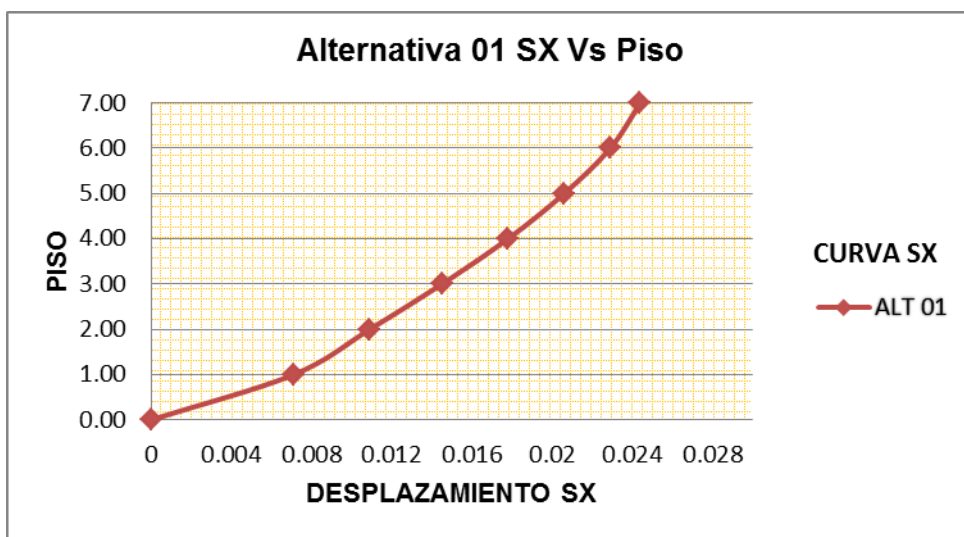


Figura 105: Alternativa 01 Piso Vs Sx  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

En los ejes Y-Y:

Tabla 19: Alternativa 01 Piso Vs SY

DESPL. Y-Y	PISO	
0.0379	7.00	PISO 06
0.035	6.00	PISO 05
0.0312	5.00	PISO 04
0.0266	4.00	PISO 03
0.0214	3.00	PISO 02
0.0157	2.00	PISO 01
0.0098	1.00	SOTANO

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016



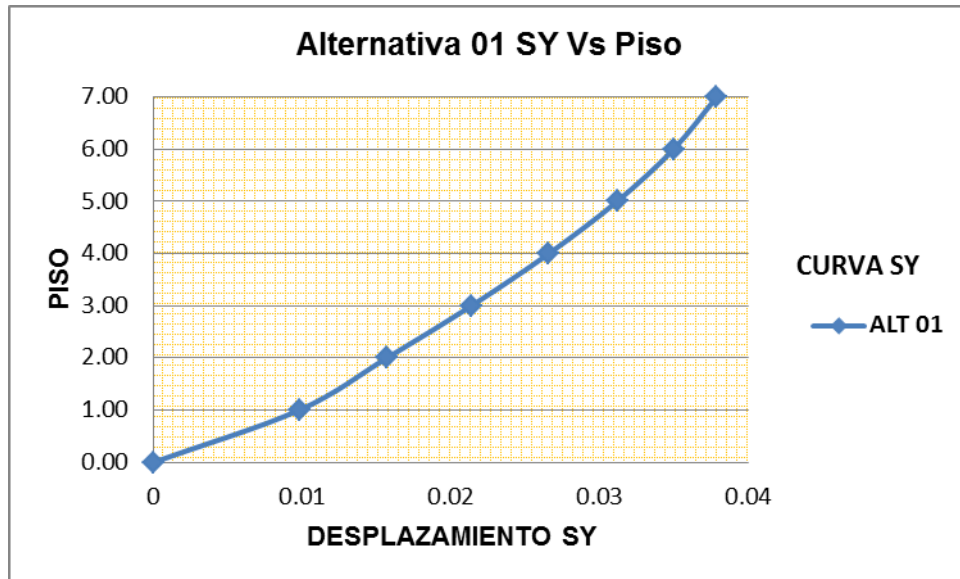


Figura 106: Alternativa 01 Piso Vs Sy  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

### 3.2 ALTERNATIVA 02:

#### Columnas, vigas rectangulares y placas:

Con Columnas de 25cm x 35 y vigas rectangulares de 25cm x 70cm; 25cm x 50cm; 25cm x 60cm. Se incorpora un muro en el sótano de 25cm y placa en el ascensor de 15cm el resultado fue lo siguiente:

Tabla 20: Resultado de rigidez de la alternativa 02

Nivel	eje	0.75R	hn (m)	desplaz	D	D	RESULTADO DE RIGIDEZ
Piso 06	X-X	5.1	2.8	0.0152	0.002	0.00364	OK
	Y-Y	5.1		0.0221	0.0032	0.00583	OK
Piso 05	X-X	5.1	2.8	0.0132	0.0023	0.00419	OK
	Y-Y	5.1		0.0189	0.0035	0.00638	OK
Piso 04	X-X	5.1	2.8	0.0109	0.0025	0.00455	OK
	Y-Y	5.1		0.0154	0.0037	0.00674	OK
Piso 03	X-X	5.1	2.8	0.0084	0.0027	0.00492	OK
	Y-Y	5.1		0.0117	0.0039	0.0071	Incrementar rigidez
Piso 02	X-X	5.1	2.8	0.0057	0.0027	0.00492	OK
	Y-Y	5.1		0.0078	0.0036	0.00656	OK
Piso 01	X-X	5.1	2.8	0.003	0.0022	0.00401	OK
	Y-Y	5.1		0.0042	0.0029	0.00528	OK
Sotano	X-X	5.1	4.2	0.0008	0.0008	0.00097	OK
	Y-Y	5.1		0.0013	0.0013	0.00158	OK

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

**Dónde:**

- $R = R_0 \times I_a \times I_p = 6.8$
- **0.75R**: Desplazamiento lateral para estructuras regulares
- **hn**: Altura de entre piso

**Desplazamiento:** Desplazamiento (datos obtenidos del ETABS)

- **D**: Diferencia de ejes (X-X; Y-Y) de pisos (superior - inferior)

Ejemplo:

**Eje X-X:** piso 06 - piso 05= **D**;  $D=0.0152 - 0.0132 = 0.002$

**Eje Y-Y:** piso 06 - piso 05= **D**;  $D=0.0221 - 0.0189 = 0.0032$

Desplazamiento menor a 0.007 (**D**)=  $D \times 0.75R / hn$

Ejemplo:

**Piso 06 eje X-X:**

$$D = 0.002 \times 5.1 / 2.8 = 0.00364; \text{ cumple con la norma}$$

**Piso 04 eje Y-Y:**

$$D = 0.0039 \times 5.1 / 2.8 = 0.0071; \text{ no cumple con la norma, es mayor a 0.007.}$$

*Resultado:* De acuerdo a la tabla esta alternativa, excede el 0.007 en el eje Y del piso 04, por lo que es necesario incrementar la rigidez.

**Desplazamiento en los ejes X-X y los ejes Y-Y de la alternativa 02**

En los ejes X-X:

Tabla 21: Alternativa 02 Piso Vs SX

DESPL. X-X	PISOS	
0.0152	7	PISO 06
0.0132	6	PISO 05
0.0109	5	PISO 04
0.0084	4	PISO 03
0.0057	3	PISO 02
0.003	2	PISO 01
0.0008	1	SOTANO

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

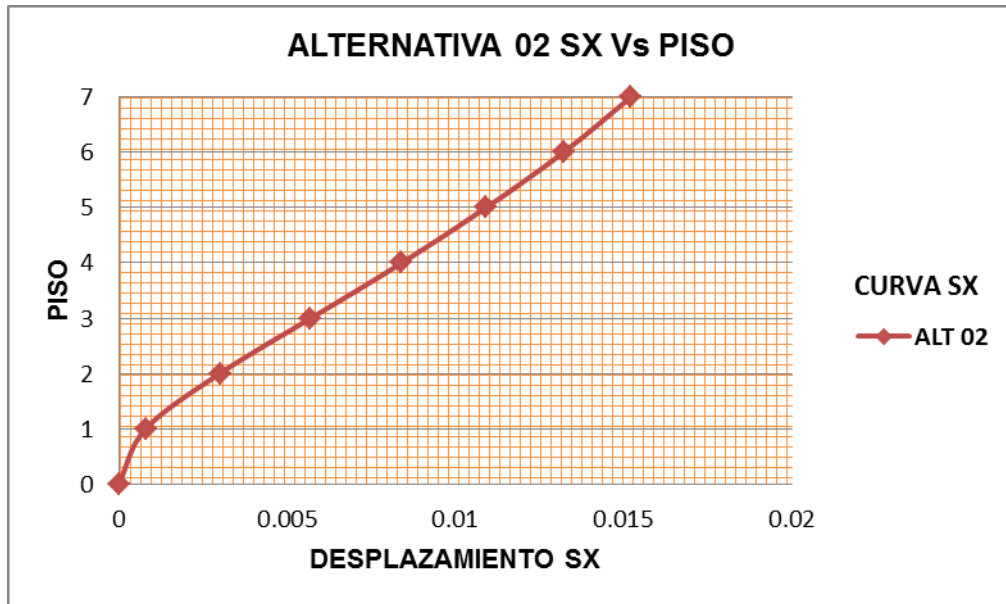


Figura 107: Alternativa 02 Piso Vs Sx  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

En los ejes y-y:

Tabla 22: Alternativa 02 Piso Vs SY

DESPL. Y-Y	PISOS	
0.0221	7	PISO 06
0.0189	6	PISO 05
0.0154	5	PISO 04
0.0117	4	PISO 03
0.0078	3	PISO 02
0.0042	2	PISO 01
0.0013	1	SOTANO

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

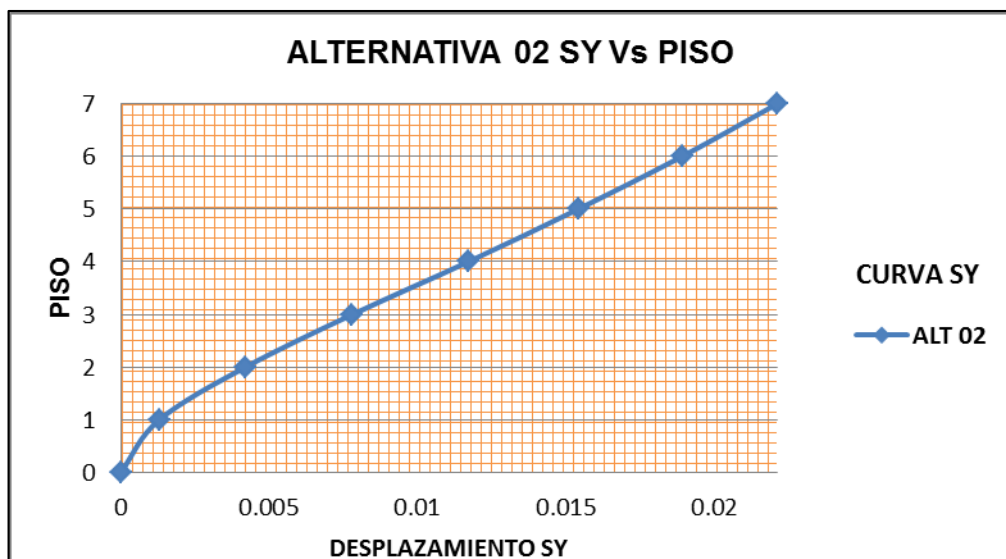


Figura 108: Alternativa 02 Piso Vs SY  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

### 3.3 ALTERNATIVA 03:

#### Columnas de sección diversa, vigas rectangulares y placas:

En esta alternativa se colocaron, columnas rectangulares de 0.25cm x 0.60cm; columnas en L de 70cm x 70cm, y columnas en T de 45cm x 100cm; ambas con espesor de 25cm.

Las vigas, placas y muro se mantienen como en las alternativa 02.

Resultando lo siguiente:

Tabla 23: Resultado de rigidez de la alternativa 03

Nivel	eje	0.75R	hn	desplaz	D	D	OBSERVACIONES
piso 06	X-X	5.1	2.8	0.0098	0.0012	0.00219	OK
	Y-Y	5.1		0.0129	0.0017	0.0031	OK
Piso 05	X-X	5.1	2.8	0.0086	0.0013	0.00237	OK
	Y-Y	5.1		0.0112	0.002	0.00364	OK
Piso 04	X-X	5.1	2.8	0.0073	0.0017	0.0031	OK
	Y-Y	5.1		0.0092	0.0022	0.00401	OK
Piso 03	X-X	5.1	2.8	0.0056	0.0018	0.00328	OK
	Y-Y	5.1		0.007	0.0024	0.00437	OK
Piso 02	X-X	5.1	2.8	0.0038	0.0018	0.00328	OK
	Y-Y	5.1		0.0046	0.0022	0.00401	OK
Piso 01	X-X	5.1	2.8	0.002	0.0014	0.00255	OK
	Y-Y	5.1		0.0024	0.0016	0.00291	OK
Sotano	X-X	5.1	4.2	0.0006	0.0006	0.00073	OK
	Y-Y	5.1		0.0008	0.0008	0.00097	OK

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

#### Dónde:

- $R = R_0 \times l_a \times l_p = 6.8$
- **0.75R**: Desplazamiento lateral para estructuras regulares
- **hn**: Altura de entre piso

**Desplazamiento**: Desplazamiento (datos obtenidos del ETABS)

- **D**: Diferencia de ejes (X-X; Y-Y) de pisos (superior - inferior)

Ejemplo:

**Eje X-X:** piso 06 - piso 05=  $D$ ;  $D=0.0098 - 0.0086 = 0.0012$

**Eje Y-Y:** piso 06 - piso 05=  $D$ ;  $D=0.0129 - 0.0112 = 0.0017$

Desplazamiento menor a 0.007 (**D**)=  $D * 0.75R / hn$

Ejemplo:

**Piso 06 eje X-X:**

$D = 0.0012 * 5.1 / 2.8 = 0.00219$  cumple con la norma

**Piso 06 eje Y-Y:**

$D = 0.0017 * 5.1 / 2.8 = 0.0031$  cumple con la norma

**Resultado:** De acuerdo a las variaciones de las columnas y como se podrá notar en la tabla, los resultados son favorables lo que indica que esta alternativa cumple con la norma y no excede el 0.007 que es el límite de distorsión de entrepiso.

**Desplazamiento en los ejes X-X y los ejes Y-Y de la alternativa 03**

En los ejes X-X:

Tabla 24: Alternativa 03 Piso Vs SX

DESPL. X-X	PISO	
0.0098	7.00	PISO 06
0.0086	6.00	PISO 05
0.0073	5.00	PISO 04
0.0056	4.00	PISO 03
0.0038	3.00	PISO 02
0.002	2.00	PISO 01
0.0006	1.00	SOTANO

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

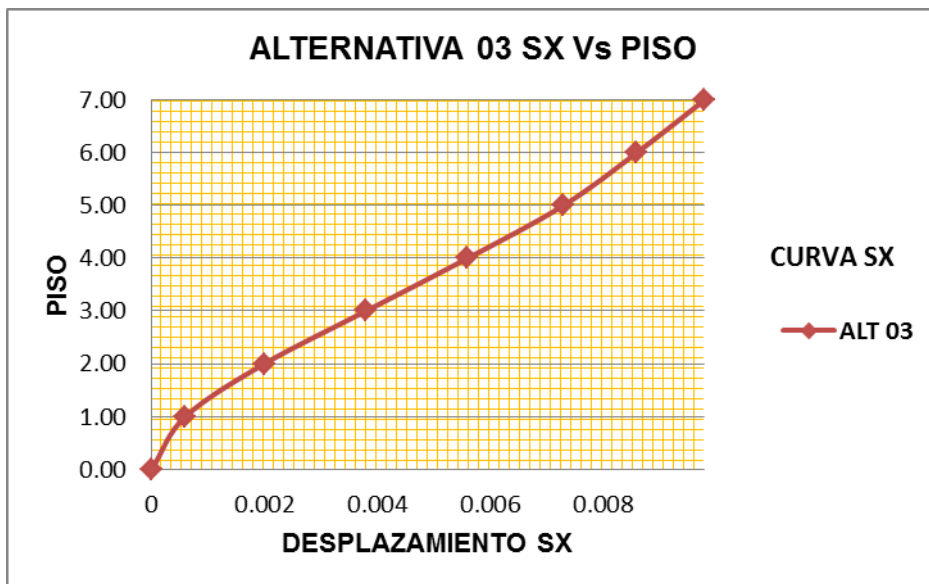


Figura 109: Alternativa 03 Piso Vs Sx  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

En los ejes Y-Y:

Tabla 25: Alternativa 03 Piso Vs SY

DESPL.Y-Y	PISO	
0.0129	7.00	PISO 06
0.0112	6.00	PISO 05
0.0092	5.00	PISO 04
0.007	4.00	PISO 03
0.0046	3.00	PISO 02
0.0024	2.00	PISO 01
0.0008	1.00	SOTANO

Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

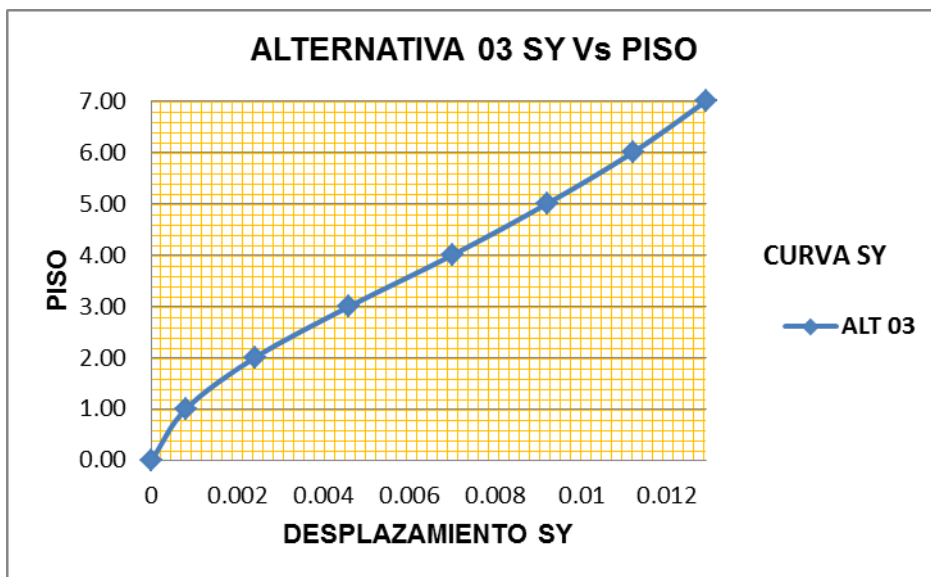


Figura 110: Alternativa 03 Piso Vs Sy  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

## Desplazamiento de las alternativas 01, 02, y 03 en los ejes X-X y Y-Y

En los ejes X-X:

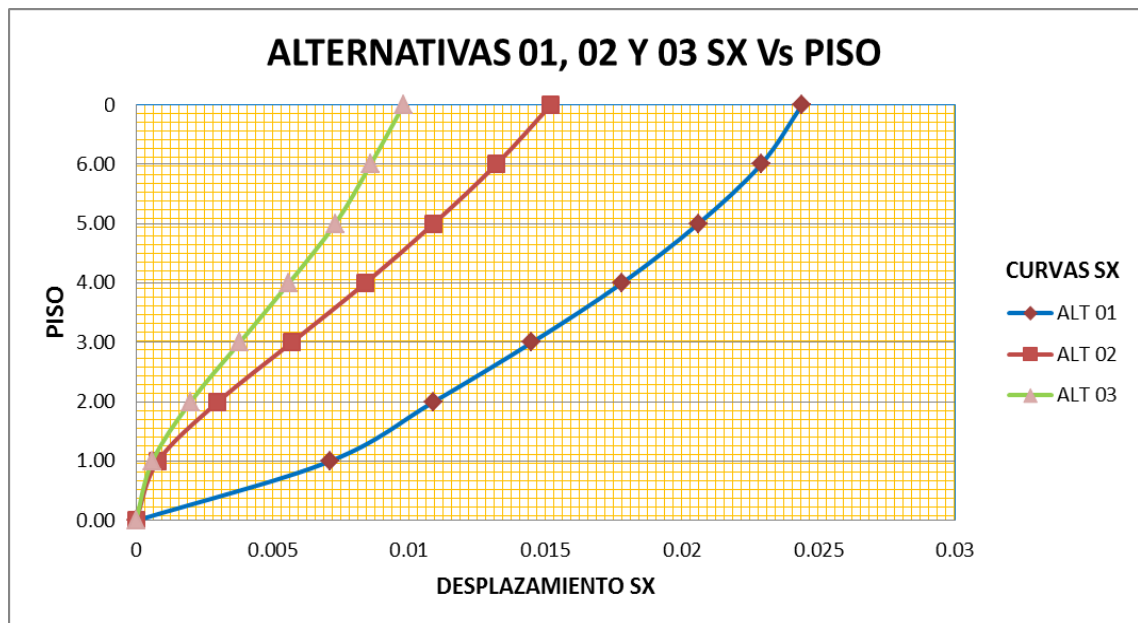


Figura 111: Alternativa 01,02 y 03 Piso Vs Sx  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

En los ejes Y-Y:

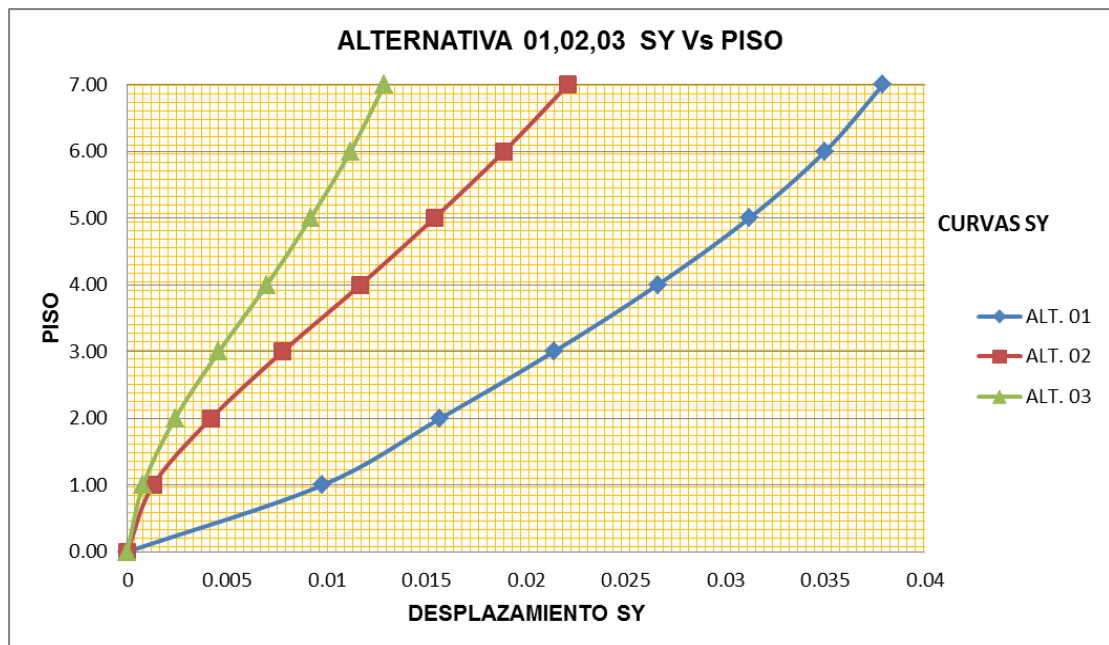


Figura 112: Alternativa 01,02 y 03 Piso Vs Sy  
Fuente: Espectro de sismo de la norma E.030-2016

#### IV DISCUSIÓN

- Con respecto a la alternativa 01, existen desplazamientos mayores a 0.007; específicamente en el eje X-Y de los pisos siguientes:
  - Desplazamiento en el eje X-X: sótano (0.00862)
  - Desplazamiento en el eje Y-Y: sótano (0.0119), piso 01 (0.01075), piso 02 (0.01038), piso 03 (0.00947) y piso 04 (0.00838).

Estos resultados no cumplen con los requisitos del “Límites para la distorsión de entrepiso” que es el 0.007, de la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Mostrando así, vulnerabilidad sísmica de los elementos propuestos en esta alternativa, como columnas de 25cm x 35cm y vigas de 25cm x 70cm; 25cm x 60cm; 25cm x 50cm. Culminando así con un pedido de incremento de rigidez.

- En la alternativa 02; hubo una reducción de desplazamiento desfavorable, por el incremento a la configuración de la estructura; con muros y placas de 20cm y 15cm de espesor, en el sótano y caja de ascensor. Resultado que no se cumplió en el eje Y-Y del piso 03 (0.0071) sobre pasando el 0.007, del “Límites para la distorsión de entrepiso”. Sugiriendo así, incremento de rigidez de la edificación.
- La alternativa 03; obtuvo un resultado favorable; es decir, no sobre paso el 0.007 del “Límites para la distorsión de entrepiso”.



Este resultado garantiza la rigidez de la estructura, por contar con elementos a base de columnas rectangulares de 0.25cm x 0.60cm; columnas en L de 070cm x 070cm y columnas en T de 0.45cm x 100cm (ambas de 25cm de espesor); vigas de 25cm x 70cm; 25cm x 60cm; 25cm x 50cm; con muros y placas de 20cm y 15cm de espesor, en el sótano y ascensor. Concluyendo así, una edificación con desplazamiento menores a lo indicado en la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

## V CONCLUSIONES

Para el trabajo de tesis, donde el objetivo general era determinar el comportamiento sísmico de una edificación de seis niveles más un sótano. Se plantearon tres alternativas unas distintas a la otra, las que fueron observadas y analizadas en cada caso. Obteniendo resultados favorables y desfavorables que de acuerdo a la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificación, indica no exceder el límite de distorsión de entrepiso que es 0.007.

1) Se determinó el comportamiento sísmico de una edificación de seis niveles más un sótano con una configuración estructural a base de columnas y vigas rectangulares (columnas de 25cm x 35cm y vigas rectangulares de 25cm x 70cm; 25cm x 50cm; 25cm x 60cm); siendo estas insuficiente para el tipo de edificación, por la presencia de desplazamientos en los ejes siguientes:

- Desplazamiento en el eje X-X: sótano (0.00862)
- Desplazamiento en el eje Y-Y: sótano (0.0119), piso 01 (0.01075), piso 02 (0.01038), piso 03 (0.00947) y piso 04 (0.00838).

Esto hace saber que la configuración en esta alternativa no garantiza la rigidez de la edificación.

2) Posteriormente se determinó una configuración estructural a base de columnas, vigas rectangulares y placas (columnas de 25cm x 35cm; vigas rectangulares de 25cm x 70cm; 25cm x 50cm; 25cm x 60cm; muro en el sótano de 25cm de espesor y placa en el ascensor de 15cm

de espesor), para poder incrementar la rigidez de la edificación. Resultado que no se cumplió en el eje Y-Y del piso 03 (0.0071) sobre pasando el 0.007, del “Limites para la distorsión de entrepiso”. Sugiriendo así, incremento de rigidez de la edificación.

Concluyendo así una alternativa con un resultado, que no garantiza la rigidez de la edificación.

3) Por último se determinó una configuración estructural a base de columnas de secciones diversas, vigas rectangulares y placas (columnas rectangulares de 0.25cm x 0.60cm; columnas en L de 70cm x 70cm, y columnas en T de 45cm x 100cm; ambas con espesor de 25cm, vigas rectangulares de 25cm x 70cm; 25cm x 50cm; 25cm x 60cm; muro en el sótano de 25cm de espesor y placa en el ascensor de 15cm de espesor) para poder incrementar la rigidez de la edificación.

Resultado que se cumplió favorablemente respetando el 0.007, del “Limites para la distorsión de entrepiso” de la norma E.030 del Reglamento Nacional de edificaciones

Concluyendo así una alternativa con un resultado, que garantiza la rigidez de la edificación.

## VI RECOMENDACIONES

Es claro saber que los permisos de construcción dependen de cada municipio. Uno de los problemas y errores más comunes que aqueja nuestra zona en construcciones, es la de no contratar un profesional especialista en edificación; por lo contrario, son ejecutados a partir de planos existentes, por personal con conocimientos empíricos o maestros de obra, que en muchos casos desconocen las normas técnicas de edificación, menos aún, conocen la normas de sismorresistencia.

Si bien es cierto que contar con un especialista demanda un gasto mayor; se ha de saber que lo dicho *“Lo barato resulta caro”* tiene una razón importante en estos casos.

Los municipios exigen planos de ubicación, localización, arquitectura, estructura, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas entre otros Pero no exige un documento que acredite la sismorresistencia de la edificación.

Se recomienda adicionar al requisito de licencia de edificación, el diseño sísmico correspondiente, respetando los parámetros que demanda la norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones, Garantizando; así, la continuidad de la estructura, evitando pérdidas humanas y minimizar daños a la propiedad; como lo ocurrido en el vecino país de Ecuador que dejó más de 600 muertos y 243 edificios afectados.

Se recomienda mayor interés y conciencia por parte de los municipios, profesionales de supervisión y propietarios; para no caer en la informalidad donde las construcciones quedan a cargo de maestros de obra y no de ingenieros o personal calificado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Aguiar, F. R. (2008). Analisis sismico de edificios. Quito, Ecuador: Centro de Investigaciones Científicas.
- 2) Barbat, A. H. (1982). Calculo sismico de las estructuras. Barcelona, España: Tecnicos Asociados.
- 3) Bazán, E. (2012). Diseño sismico de edificios. Mexico: Limusa Noriega Editores.
- 4) Blanco, B. A. (2011). Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado. Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Peru.
- 5) Blanco, M. (2012). Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente . Revista de la Facultad de Ingenieria, 14.
- 6) Bozzo, L. M. (2004). Diseño sismorresistente de edificios."Tecnicas convencionales y avanzadas". Barcelona, España: Reverte S.A.
- 7) Chopra, A. K. (2014). Dinamica de estructuras. Naucalpan de Juarez, Mexico: Pearson Educacion de Mexico S.A.
- 8) Cordova, C. R. (2014). Norma E.030 diseño sismorresistente. Seminario de la promocion de la normatividad para el diseño y construccion para edificaciones seguras. Ministerio de vivienda y saneamiento. Lima, Peru.
- 9) Cruz, A. V. (2013). Los sismos "Una amenaza cotidiana". Mexico: La caja decerillos.
- 10) Delgado, C. G. (2011). Diseño de estructuras aperticadas. Lima, Perú: EDICIVIL S.R.L.
- 11) Eliut, H. (2012). Análisis y diseño estructural utilizando el programa ETABS v9. Caracas, Venezuela: CSI Latinoamérica (Morrison Ingenieros) .
- 12) Garcia, R. L. (1998). Dinamica estructural aplicada al diseño sismico. Bogotá, Colombia: Universidad de Los Andes.

- 13) Harmsen, T. E. (2005). Diseño de estructuras de concreto armado. Lima, Perú: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú .
- 14) Herrera, R. I. (3 de Diciembre de 2012). Evaluación del comportamiento sismorresistente y diseño óptimo de un edificio existente de concreto armado de baja altura. (f. d. ingeniería, Ed.) Revista de la Facultad de Ingeniería de Venezuela, 14.
- 15) INDECI, I. N. (2012). Mapa de peligros de la ciudad de Ayacucho- Proyecto INDECI – PNUD PER / 02/ 051 Ciudades Sostenibles. Ayacucho,Peru: INDECI.
- 16) Ministerio de vivienda, C. y. (2009). Norma técnica de edificación E.060 de concreto armado. Lima, Peru: Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento.
- 17) Municipalidad, D. C. (2016). Plan de desarrollo concertado de la Municipalidad Distrital de Carmen Alto. Ayacucho, Peru.
- 18) Pique, D. P. (1991). Análisis sísmico de edificios. Lima,Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- 19) Rosenblueth, E. (2012). Macrosismos. Mexico: Cuadratin y Medio S.A.
- 20) San Bartolomé, A. (2002). Construcción de albanilería-comportamiento sísmico y diseño estructural. Lima, Perú: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 21) San Bartolome, A. (2005). Análisis de edificios. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 22) Tavera, H. (2014). Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Peru. Lima, Perú: Instituto Geofísico del Perú.



## **ANEXO:**

- 1) REQUISITOS PARA EDIFICACION**
- 2) ESTUDIO GEOLOGICO INDECI (SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL)**
- 3) NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES**
- 4) HOJA DE CALCULO (ESPECTRO DE SISMO SEGÚN LA NORMA E.030-2016)**
- 5) PREDIMENSIONAMIENTO**
- 6) METRADO DE CARGAS**
- 7) PLANOS**



## **REQUISITOS PARA EDIFICACION:**

- **LICENCIA DE EDIFICACION**
- **PLANO CENTRO HISTORICO-  
EJES DE INTERVENCION**



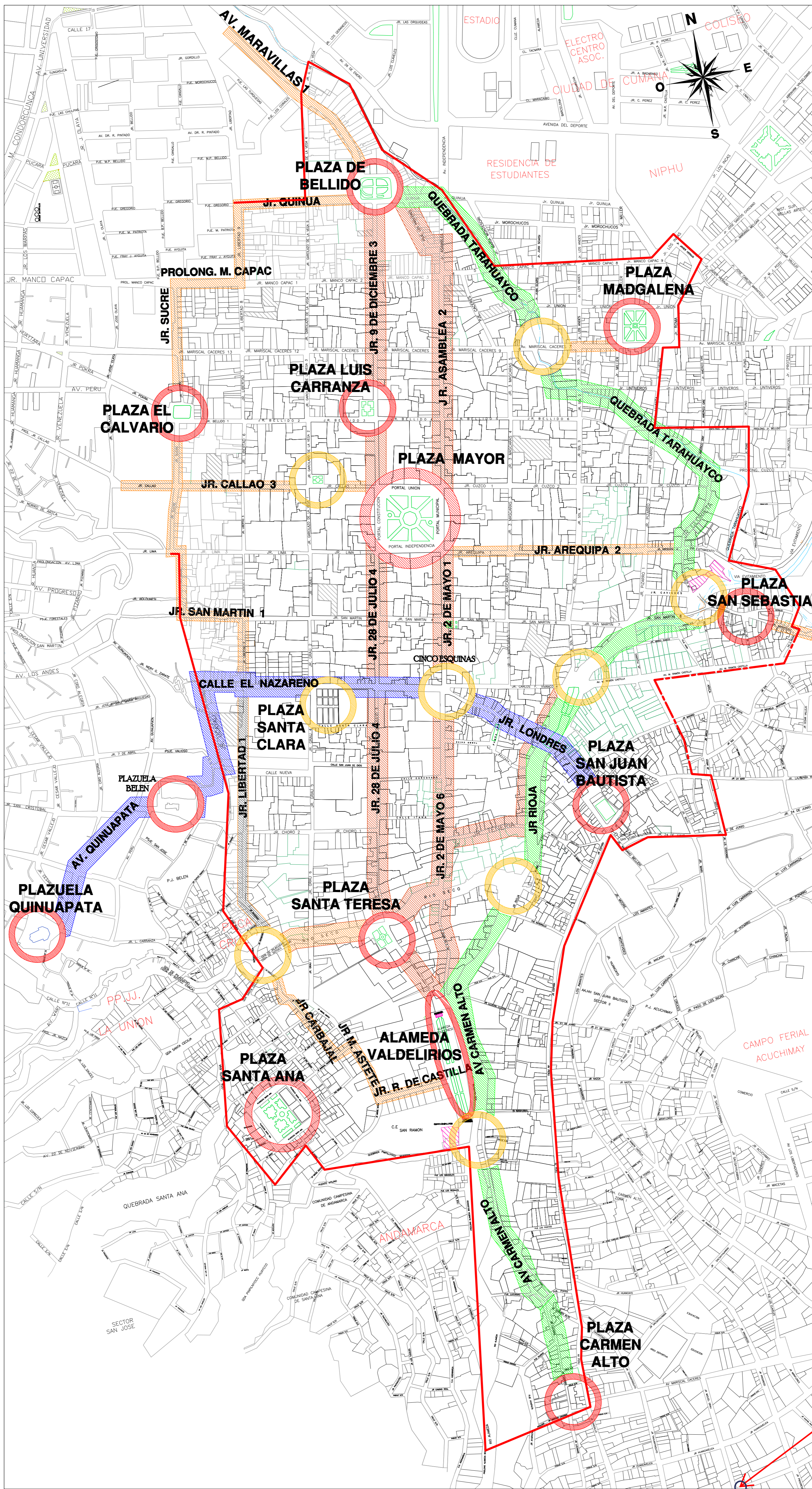
# LICENCIA DE EDIFICACIÓN - MODALIDAD C

## (Aprobación con evaluación previa del proyecto por la Comisión Técnica)

### (Fuera del Centro Histórico)

<p><b>28.1 PARA VIVIENDA MULTIFAMILIAR, QUINTA O CONDOMINIOS QUE INCLUYAN VIVIENDA MULTIFAMILIAR (de más de 5 pisos y/o más de 3,000 m2 de área construida)</b></p> <p><b>28.2 EDIFICACIONES PARA FINES DIFERENTES DE VIVIENDA (a excepción de las previstas en la Modalidad D)</b></p> <p><b>28.3 EDIFICACIONES DE USO MIXTO CON VIVIENDA</b></p> <p><b>28.4 INTERVENCIONES QUE SE DESARROLLEN EN BIENES CULTURALES INMUEBLES (previamente declarados)</b></p> <p><b>28.5 EDIFICACIONES PARA LOCALES COMERCIALES, CULTURALES, CENTROS DE DIVERSIÓN Y SALAS DE ESPECTÁCULOS (que individualmente o en conjunto cuenten con un máximo de 30,000 m2 de área construida)</b></p> <p><b>28.6 EDIFICACIONES PARA MERCADOS (que cuenten con un máximo de 15,000 m2 de área construida)</b></p> <p><b>28.7 LOCALES PARA ESPECTÁCULOS DEPORTIVOS (de hasta 20,000 ocupantes)</b></p> <p><b>28.8 TODAS LAS DEMÁS EDIFICACIONES NO CONTEMPLADAS EN LAS MODALIDADES A, B y D</b></p> <p><b>Base Legal</b> Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y de Edificaciones, Ley N° 29090 y modificatorias (25.09.07). Arts. 10, 25 y 31. Reglamento de Licencias de Habilitación Urbana y Licencias de Edificación, Decreto Supremo N° 008-2013-VIVIENDA, Arts. 3.1, 42.3, 47, 51, 52 y 54, (04-05-13)</p>	<b>A</b>	<b>VERIFICACIÓN ADMINISTRATIVA</b>
	<b>Requisitos comunes</b>	
	1	FUE debidamente suscrito.
	2	Documentación que acredite que cuenta con derecho a edificar y represente al titular, en caso que el solicitante de la licencia de edificación no sea el propietario del predio.
	3	Constitución de la empresa y copia literal del poder expedidos por el Registro de Personas Jurídicas, vigente al momento de presentación de los documentos, en caso que el solicitante sea una persona jurídica.
	4	Declaración Jurada de habilitación de los profesionales que suscriben la documentación.
	5	Copia del comprobante de pago de la tasa municipal correspondiente a la verificación administrativa.
	6	Copia de los comprobantes de pago por derecho de revisión.
	<b>Documentación Técnica</b>	
	7	Plano de Ubicación y Localización según formato.
	8	Planos de Arquitectura (plantas, cortes y elevaciones), Estructuras, Instalaciones Sanitarias, Instalaciones Eléctricas y otros, de ser el caso, y las memorias justificativas por especialidad
	9	Plano de seguridad y evacuación cuando se requiera la intervención de los delegados Ad Hoc del INDECI o del CGBVP.
	10	Plano de Sostenimiento de Excavaciones, de ser el caso de acuerdo a lo establecido en la Norma E 050 del RNE.
	11	Memoria descriptiva que precise las características de la obra y las edificaciones colindantes; indicando el número de pisos y sótanos; así como fotos en los casos que se presente el Plano de Sostenimiento de Excavaciones
	12	Certificado de Factibilidad de Servicios
13	Estudio de Mecánica de Suelos, según los casos que establece el RNE	
14	Estudios de Impacto Ambiental y de Impacto Vial aprobados por las entidades competentes y en los casos que se requiera.	
15	En caso se solicite Licencia de Edificación para Remodelación, Ampliación o Puesta en Valor Histórico deberá presentarse lo siguiente:	
<p><b>15.1</b> Planos de arquitectura (plantas, cortes y elevaciones) en los cuales se diferencie la edificación existente de la proyectada y su respectiva memoria descriptiva, considerando:</p>		
<p><b>a)</b> Plano de levantamiento de la edificación graficando con achurado 45 grados, los elementos a eliminar.</p>		
<p><b>b)</b> Plano de la edificación resultante, graficando con achurado a 45 grados, perpendicular al anterior, los elementos a edificar.</p>		





9@5F95 89@  
 H7FF 9BC 9GH5  
 :1 9F 5 89 @CG  
 @A #9G 89@79BF C  
 <GCF 7C

0.00 100 200 300 400 500 1000

SF95 89@H7FF 9BC

LEYENDA	
EJES DE INTERVENCIÓN	
EJE COMERCIAL CULTURAL	
EJE CULTURAL AMBIENTAL	
EJES A INTERVENIR A MEDIANO PLAZO	
EJES A INTERVENIR A LARGO PLAZO	
AMBIENTE URBANO MONUMENTAL	
ESPACIO PÚBLICO A INTERVENIR	

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA

PLAN DE DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
2008 - 2018

PLANO: CENTRO HISTORICO - EJES DE INTERVENCIÓN

ESCALA: GRÁFICA

FECHA: SETIEMBRE 2008

LÁMINA Nº

Ob: ETPDUA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA





**ESTUDIO GEOLOGICO  
INDECI (SISTEMA  
NACIONAL DE  
DEFENSA CIVIL)**



**ESTUDIO :**

**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**

**PROYECTO INDECI – PNUD PER / 02/ 051**  
**CIUDADES SOSTENIBLES**

## **CONTENIDO**

### **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente Informe ha sido realizado dentro del marco del Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 – Ciudades Sostenibles, con la finalidad de establecer un documento técnico para el área de estudio, que comprende los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno de la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho, en donde se presente como producto final, la zonificación de Peligros Físicos asociado a la ocurrencia de diversos fenómenos naturales; fundamentalmente de origen geológico, geológico-climático, geotécnico y climático.

La ciudad de Ayacucho se encuentra cubierta por formaciones geológicas de origen sedimentario, tales como tobas volcánicas y areniscas tobáceas; rocas de origen volcánico, tales como lavas y piroclásticos; depósitos pleistocénicos, tales como conglomerados y suelos lacustres fuertemente cementados; diatomitas y depósitos recientes, tales como coluviales, aluviales y fluviales, cuyas edades oscilan entre el Terciario superior y Cuaternario reciente.

El área de estudio se encuentra disectada por el curso principal del río Alameda; que cruza prácticamente por el centro y a lo largo de la ciudad de Ayacucho. Al río Alameda se van integrando a lo largo de su recorrido diversas quebradas afluentes, de entre las cuales destacan por su magnitud y sobre la margen izquierda: quebrada Huascaura, quebrada Puracuti, quebrada Accohuaycco y otras menores que tienen su origen principal en las laderas del cerro denominado "La Picota", ubicado al noroeste de la ciudad de Ayacucho; y por la margen derecha la quebrada Chaquihuaycco.

La ciudad de Ayacucho se encuentra en una zona de sismicidad media con probabilidad de ocurrencia de sismos de leves a moderados ( VI a VII en la Escala de Mercalli Modificada o MSK). y aceleraciones máximas hasta de  $0.35 \text{ m/s}^2$ .

La recopilación de información existente de estudios antecedentes ha permitido obtener características geomecánicas del suelo de cimentación de la ciudad de Ayacucho en 176 puntos de investigación de suelos y 06 puntos de investigación de rocas; los cuales se encuentran distribuidos uniformemente en diversos barrios. Esta información existente ha sido complementada con 23 puntos de investigación de suelos mediante la apertura de "calicatas" y 02 puntos de muestreo de roca; que se han ubicado en aquellas zonas en donde aún no se cuenta con información precisa recogida de estudios antecedentes; como es el caso de las nuevas zonas de expansión urbanística: Pampa Mollepata, zona del Aeropuerto antiguo y Barrio Miraflores. Para estos puntos, se ha procedido al recojo de muestras y realización de Ensayos de Laboratorio de Suelos y Rocas que han permitido definir sus propiedades físicas y mecánicas.

En el área de estudio se tiene la presencia de hasta 10 Tipos de suelos en función de sus características geotécnicas y de acuerdo a la descripción siguiente:

**SUELO TIPO I :** Se trata de una roca del tipo aglomerado volcánico, andesita Acuchimay y basalto de estructura vacuolar de muy buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en las áreas de los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto. En el distrito de Ayacucho ocupan mayormente la planicie del Aeropuerto antiguo y nuevo, y en menor proporción las escarpas del río Alameda desde el denominado ovalo evitamiento hasta la salida hacia Huanta.

**SUELO TIPO II :** Se trata de una Grava limosa de origen volcánico y limo-arenoso de baja plasticidad de buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de San Juan Bautista en el Barrio Miraflores y sus zonas de expansión urbanística.

**SUELOS TIPO III :** Grava limo arenosa de origen sedimentario antiguo y reciente y limos arenosos de regulares a buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en el casco urbano y zona norte y en el distrito de Jesús de Nazareno en su parte central.

**SUELOS TIPO IV :** Limo inorgánico de origen lacustrino muy consolidado de regulares a buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en la Pampa de Mollepata , Urbanización ENACE, Conchopata, Urbanización Jardín y Cannan, en el distrito de San Juan Bautista en Cooperativa Ciudad de las Américas, Santa Elena y San Melchor y en el distrito de Carmen Alto en los alrededores de la parte sur de la Cantera de Diatómita Quicapata.

**SUELOS TIPO V :** Arena limosa formada por alteración de tobas de regulares a buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en Barrios Altos, Yuracc Yuracc, Puca Cruz, Santa Ana y Andamarca, y en el distrito de Jesús de Nazareno en la parte sur limítrofe con el río Alameda.

**SUELOS TIPO VI :** Limo inorgánico de regulares a buenas condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente a lo largo del valle del río Alameda entre el denominado Ovalo evitamiento hasta la ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas servidas.

**SUELOS TIPO VII :** Grava areno limosa de origen aluvial y/o fluvial de regulares condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente a lo largo del cauce y áreas adyacentes del río Alameda entre el denominado Ovalo evitamiento hasta la ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de Ayacucho y en el cauce y áreas adyacentes de la quebrada Chaquihuaycco, desde su parte alta hasta su ingreso a la Cooperativa Ciudad de las Américas en el distrito de San Juan Bautista.

**SUELOS TIPO VIII :** Grava areno limosa bien graduada de origen sedimentario antiguo (conglomerado pleistocénico) de regulares condiciones geotécnicas. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho a lo largo de las laderas medias a altas del cerro "La Picota" desde el extremo norte cerca de la Urbanización ENACE hasta el extremo sur cerca al Barrio de Santa Ana.

La mayor parte del distrito de Carmen Alto y que incluye la áreas potenciales de expansión urbanística en Quicapata se encuentran en una Zona de Peligro Bajo, a excepción del área de la mina de Diatomita Quicapata y los cursos de agua y áreas adyacentes al cauce del río Alameda y quebrada Chaquihuaycco en donde es Peligroso y altamente Peligroso, respectivamente y además la zona circundante a la mina de Diatomita Quicapata se trata de una zona de Peligro Medio-Bajo.

La mayor parte del distrito de San Juan Bautista y que incluye la áreas de expansión urbanística en el Barrio Miraflores, se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo. Un área importante concéntrica al pico del cerro "Acuchimay" y que tiene como límite los ríos Alameda, quebrada Chaquihuaycco y el distrito de Carmen Alto tiene un Peligro Medio. Los cursos de agua y áreas adyacentes al río Alameda, Huatatas y quebrada Chaquihuaycco es una zona Altamente Peligrosa.

La mayor parte del distrito de Jesús de Nazareno se encuentran en una Zona de Peligro Medio-Bajo, a excepción de los cursos de agua antiguos, existentes y áreas adyacentes del río Alameda en donde es Altamente Peligroso. La zona de emplazamiento de Villa San Cristóbal y alrededores, así como el valle del río Alameda desde el denominado ovalo de Evitamiento hasta el emplazamiento de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho tienen un Peligro Medio.

La ciudad de Ayacucho en términos generales presenta Peligros de origen geológico, geológico-climático, geotécnico y climático, de calificación baja a media con capacidad de desarrollar zonas urbanas de alta densidad, a excepción de las laderas medias a altas del cerro "La Picota" en donde la alta incidencia de los fenómenos climáticos, geológicos y geológico-climáticos hace que sea una zona Peligrosa y que se requieran los estudios detallados del caso para desarrollar zonas urbanas de baja densidad.

## **CAPITULO I : GENERALIDADES**

### **1.1.- ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

En el año 1979 el Instituto Geológico Minero y Metalurgico del Perú (INGEMMET) elabora a solicitud de la entonces ORDEAYACUCHO un estudio destinado a analizar la seguridad física de la ciudad de Ayacucho y en al año 1981 a raíz de los sismos ocurridos entre 1980 y 1981 en el departamento de Ayacucho un estudio sobre la seguridad física de las ciudades afectadas por los sismos en el área de Ayacucho y Huancavelica. Desde ese año hasta la actualidad poco ha sido desarrollado por las entidades competentes con respecto a la seguridad física de la ciudad de Ayacucho, salvo trabajos académicos aislados relacionados a la problemática de drenaje de aguas superficiales en el cerro "La Picota" y determinación de la capacidad portante de los suelos de Ayacucho realizados por exalumnos de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

## **CAPITULO II : FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO**

### **2.- FASES DE DESARROLLO DEL ESTUDIO**

#### **2.1.- GENERALIDADES**

El presente estudio denominada “**MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO**”, ha sido desarrollado en cuatro grandes fases, que se indican a continuación: :

- **Recopilación de información existente** : Consiste en la recopilación de la mayor cantidad posible de información contenida en Estudios antecedentes y/o similares, relacionada básicamente a geología, geotecnia, hidrología, mecánica de suelos y otros para un punto de investigación específico dentro del área de interés y sus alrededores más cercanos.
- **Investigaciones de campo** : Son aquellos trabajos que se desarrollan en el área de interés con la finalidad de obtener información precisa “in situ” referida a aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e hidrológicos y que permitan desarrollar los estudios básicos correspondientes.
- **Ensayos de Laboratorio** : Son aquellos trabajos que se desarrollan en un laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas y que tienen como objetivo principal determinar las propiedades físicas y geomecánicas de los suelos y rocas encontradas en el área de interés.
- **Trabajos de gabinete** : Son aquellos trabajos que tomando como información base la recopilada en las fases de campo y laboratorio permiten determinar los Estudios Básicos correspondientes y finalmente preparar los Mapas de Peligros.

#### **2.2.- FASE DE RECOPIACION DE INFORMACION EXISTENTE**

Para efectos de desarrollar cada uno de los Estudios Básicos : Geología, Geotecnia e Hidrología se ha procedido a la recopilación de información existente de interés.

Para efectos de desarrollar el Estudio Geológico se ha recopilado la información siguiente:

- Geología Regional del Cuadrángulo de Ayacucho (Hoja 27 ñ)
- Informe Geológico para el Estudio de Prefacibilidad de las Obras de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ayacucho (Fuente: CES-EPSASA)
- Informe Geológico para el Estudio a nivel Definitivo de las Obras de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ayacucho (Fuente: CES-EPSASA)
- Informes Geológicos de las Tesis de investigación relacionadas al tema presentadas por los exalumnos de la UNSCH : F. Cuba, A. Choquechanca y M. Pizarro.
- Estudios del INGEMMET elaborados entre el año 1979 a 1981 para ORDEAYACUCHO con la finalidad de caracterizar la seguridad física de la ciudad de Ayacucho y peligro sísmico. (Fuente: INGEMMET)



En aquellas zonas en donde la información se haya mostrada escasa e insuficiente se ha Preparado un Programa de investigaciones complementario de campo mediante la apertura de 23 “calicatas” de investigación de 3.0 m. de profundidad y 02 puntos de muestreo de rocas; con la finalidad de determinar en campo y laboratorio las propiedades del suelo y roca de cimentación.

Para cada una de las “calicatas” aperturadas en el área de interés, se han realizado los Ensayos de Campo que a continuación se detallan:

**- Descripción del perfil estratigráfico de los suelos según Norma ASTM D 2487**

Destinado a conocer las características del suelo de cimentación hasta una profundidad igual a la de la “calicata” aperturada y que se refieren básicamente a la determinación del color, consistencia, forma de partículas, tamaño máximo de piedras, cobertura general, etc.. Complementariamente a este trabajo, se ha efectuado una auscultación en campo del estado de compacidad del suelo de cimentación en su estado natural e identificación de la estabilidad de las excavaciones efectuadas, Para el caso de macizos rocosos se ha estimado el valor medio del RMR (Rock Mass Rating),

**- Muestreo de suelos y rocas en “calicatas” aperturadas según Norma ASTM D 420:**

En las “calicatas” aperturadas, se ha efectuado la toma de muestras de los estratos que conforman el suelo de cimentación y rocas acorde a las recomendaciones de la Norma E.050. En los casos que los suelos sean de estructura básicamente granular ,se ha extraído muestras alteradas del tipo **Mab** y para el caso de suelos con cohesión de estructura fina se ha extraído muestras inalteradas del tipo **Mib**; en el caso de macizos rocosos se ha recogida muestras de la roca matriz.

**- Densidad natural “ in situ ” :**

Consiste en la ejecución de ensayos "in situ" utilizando el Método del Cono de Arena a partir de los cuales es posible conocer los valores de densidad y humedad natural para los diferentes estratos promedios del perfil estratigráfico. En los casos que no se haya podido realizar dicho método se ha recurrido a la determinación de la densidad natural mediante la toma de muestras inalteradas y de no ser posible, en base a los valores de densidad máxima y mínima del suelo en análisis, mediante una auscultación “in situ” del estado de compacidad del mismo.

Las investigaciones de campo se han desarrollado entre los meses de Junio y Julio del 2003 y han consistido básicamente en efectuar un reconocimiento de campo en el área que comprende el distrito de Ayacucho; Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús de Nazareno. Para tal efecto se ha contado con el apoyo del Ingº. Geólogo Julio Chávez Castillo. Dicho reconocimiento ha tenido como objetivo identificar las formaciones superficiales geológicas existentes y tomando en cuenta indicadores geológicos o similares se confirme la información presentada en la recopilación de los 176 puntos de investigación; asimismo, en algunas zonas específicas se ha visto por conveniente efectuar investigaciones complementarias mediante “calicatas” de investigación y/o puntos de muestreo de rocas que han permitido identificar las propiedades geomecánicas del suelo y roca de cimentación.

Este trabajo de campo también ha tomado en cuenta toda la información antecedente referida básicamente a aspectos geológicos y geotécnicos y viene a ser una complementación y extensión al detalle de la geología superficial local del área de interés.

Para efectos de desarrollar el Estudio Hidrológico se ha desarrollado las siguientes investigaciones de campo :

- Reconocimiento del área de estudio con la finalidad de definir en campo los torrentes de mayor importancia desde el punto de vista de peligro o amenaza de origen climático.
- Entrevistas testimoniales a lugareños con la finalidad de establecer los antecedentes y el tipo de fenómeno que con mayor frecuencia ocurre en cada una de los torrentes de interés ( flujo de lodo, transporte de sedimentos, inundaciones).
- Determinación en campo de la red de drenaje y caracterización de las subcuencas de mayor peligro dentro del área de interés
- Levantamiento catastral de puntos críticos en las zonas urbanas, adyacentes y de expansión urbanística, en los cuales ocurren fenómenos de origen climático que constituyen un peligro físico de relativa importancia.

### **2.3.- FASE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Esta fase se desarrolla para las muestras extraídas en los puntos de investigación y/o puntos de muestreo de la fase de investigaciones de campo ; y está destinada a conocer las propiedades índices y geomecánicas de los materiales encontrados mediante la ejecución de Ensayos Estándar y Especiales que se indican a continuación:

<b>ENSAYOS ESTANDAR</b>	<b>NORMA USADA</b>
1.1.- Descripción visual – manual	ASTM D 2488
1.2.- Contenido de humedad natural	ASTM D 2216
1.3.- Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D 422
1.4.- Límite líquido y límite plástico	ASTM D 4318
1.5.- Clasificación unificada de Suelos	ASTM D 2487
1.6.- Próctor Modificado	ASTM D 1557
1.7.- Densidad seca mínima	ASTM D 4252
1.8.- Peso específico de los sólidos	ASTM D 854
1.9.- Peso volumétrico	ASTM D 2937
1.10.- Densidad Natural (Cono de Arena)	ASTM D 1556
<b>ENSAYOS ESPECIALES</b>	<b>NORMA USADA</b>
2.1.- Corte directo en suelos	ASTM D 3080
2.2.- Corte directo en rocas	

Los Ensayos Estándar de Laboratorio se han efectuado para cada una de las muestras alteradas recogidas en las “calicatas” aperturadas; en el Laboratorio de Suelos M y V ubicado en la ciudad de

### **3.- GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO**

#### **3.1.- GEOLOGIA REGIONAL**

##### **3.1.1.- VOLCANICO ACUCHIMAY**

Es una secuencia piroclástica que se ubica por encima de las diatomitas Quicapata y se exponen claramente en la margen derecha del río Alameda cerca de Ayacucho. Se encuentra a manera de costras constituídas por materiales que han sido lanzados al aire para luego consolidarse a manera de bombas de color rojizo, acumulados cerca de la probable chimenea volcánica en el cerro Acuchimay. Litológicamente son de composición andesítica, color oscuro, textura afanítica, pero algo porosa por las pequeñas vacuolas dejadas por el escape de gases durante su enfriamiento.

### **4.- DEPOSITOS PLEISTOCENICOS**

#### **a).- DEPOSITOS CONGLOMERATICOS**

Están representados por conglomerados de considerable grosor depositados en parte como acumulaciones de materiales acarreados por corrientes fluviales en una época de intensas precipitaciones. Estos materiales se depositaron en las márgenes de una antigua laguna y en la actualidad se les observa adosados a las laderas que hoy bordean el sector oeste de la ciudad de Ayacucho. Están constituidos por cantos heterogéneos de formas angulosas a sub angulosas, con tamaños que varían, con tamaños entre 10 y 30 centímetros, provenientes de rocas volcánicas de naturaleza andesítica, riolítica, dacítica y granítica, englobados en una matriz arenosa de grano medio a grueso. En el sector Nor-Oeste de la ciudad de Ayacucho, se les explota como material de construcción.

#### **b).- DEPOSITOS LACUSTRES**

En discordancia con los conglomerados anteriores, se encuentra una secuencia de areniscas tobáceas retrabajadas y arcillosas poco diagenizadas, y que constituyen las peniplanicies donde se asienta la ciudad de Ayacucho. En el corte de la quebrada Puracuti alcanzan espesores de 40 a 50 metros, constituidas por arcillas de color rojo a rosáceo, aspecto poroso y con contenido de carbonatos que cementan el depósito.

### **5.- DEPOSITOS RECIENTES**

#### **a).- DEPOSITOS COLUVIALES**

Se trata de sedimentos que generalmente se ubican en las partes bajas de laderas de alta pendiente. Están compuestos por material inconsolidado o débilmente consolidado, con bloques angulosos de diferente tamaño en una matriz arenosa limosa, acumulados principalmente por acción de la gravedad.

#### **b).- DEPOSITOS ALUVIALES**

Están constituidos por arenas y gravas de poco transporte, con clastos subangulosos de tamaño mediano, de naturaleza mayormente volcánica y con grosores estimados entre 20 a 30 metros.. Estos depósitos constituyen los últimos transportes de materiales de una edad reciente, por tanto tienen

## **6.- GEOMORFOLOGIA LOCAL**

El área de estudio de la ciudad de Ayacucho, corresponde a nivel regional a la unidad geomorfológica denominada Penillanura Disectada y a nivel local en unidades que se encuentran en función de las características predominantes de cada ubicación específica. En el área en estudio se encuentran en mayor proporción los depósitos sedimentarios de la formación Ayacucho y los depósitos aluviales recientes del Cuaternario y se encuentran en menor proporción depósitos volcánicos de la formación Molinoyoc que suprayacen a depósitos sedimentarios de la formación Ayacucho.

El área de distrito de Ayacucho y el límite con los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto se encuentra disectada por el curso principal del río Alameda; que cruza prácticamente por el centro y a lo largo de la ciudad de Ayacucho. Al río Alameda se van integrando a lo largo de su recorrido diversas quebradas afluentes, de entre las cuales destacan por su magnitud: quebrada Huascaura, quebrada Chaquihuaycco, quebrada Accohuaycco y otras menores que tienen su origen en las laderas del cerro denominado "La Picota"; el cual resulta ser un agente de erosión importante.

Existen suelos predominantes del tipo GM (Grava limosa) de origen volcánico; en la media ladera que comprenden la parte concéntrica al pico del cerro Acuchimay y San Juan se presentan aglomerados volcánicos expuestos superficialmente y en el mismo pico del cerro Acuchimay se presentan superficialmente rocas andesíticas a basálticas. En las zonas adyacentes a la margen derecha de la quebrada Chaquihuaycco se encuentran suelos de origen aluvial del tipo GW (Grava arenosa bien graduada)

En término promedio el área del distrito de Jesús de Nazareno, se encuentra emplazada o asentada preferentemente en suelos medianamente compactos, provenientes de la alteración de los depósitos sedimentarios antiguos, sedimentarios recientes y aluviales de las formaciones terciarias Ayacucho, y cuaternarias recientes, respectivamente.

Los suelos predominantes en la mayor parte del distrito son del tipo GM (Grava limosa) de origen sedimentario antiguo y en menor proporción son del tipo SM (Arena limosa); las áreas circundantes al curso del río Alameda desde el barrio de San Sebastián hasta el denominado ovalo de evitamiento y la salida hacia Huanta, conforman una zona que se encuentra asentada sobre aglomerado volcánico. La Planta de tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho se encuentra emplazadas sobre suelos del tipo ML (Limo arenoso) de origen aluvial y lacustre.

## **7.- CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS**

El objetivo del presente ítem es desarrollar el cálculo de la capacidad portante de los suelos y rocas del área de Estudio; con base a la información colectada anteriormente y el criterio ingenieril, común en este tipo de análisis.

El cálculo de la capacidad portante está basado en el conocimiento que se tiene de las propiedades geomecánicas de las unidades geológicas, suelos y rocas determinadas con base a la información antes descrita y en la interpretación realizada. Los cálculos se efectuarán utilizando las fórmulas de Meyerhof, siguientes:

Para el caso de cimientos corridos :

$$- \quad q_c = C N_c + \gamma_1 D_f N_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma$$

Para el caso de zapatas cuadradas :

$$- \quad q_c = 1.2 C N_c + \gamma_1 D_f N_q + 0.4 \gamma_2 B N_\gamma$$

$$- \quad q_{adm} = q_c / FS$$

En donde :

- $q_c$  : Capacidad de carga última del suelo de cimentación
- $C$  : Cohesión del suelo por debajo de la profundidad de cimentación
- $\gamma_1$  : Densidad del suelo por encima de la profundidad de cimentación
- $\gamma_2$  : Densidad del suelo por debajo de la profundidad de cimentación
- $D_f$  : Profundidad de cimentación medida desde el terreno natural
- $B$  : Ancho del cimiento corrido o de la zapata cuadrada
- $N_c, N_q, N_\gamma$  : Factores de carga que dependen del ángulo de fricción interna
- $q_{adm}$  : Capacidad portante del suelo

En la aplicación de la fórmula de Meyerhof , es necesario considerar los siguientes criterios :

a).- Para un suelo con valores de Densidad Relativa mayores o iguales a 70% el tipo de falla del suelo por corte será "general" y los factores de capacidad de carga se determinan con el ángulo de fricción interna real.

b).- Para un suelo con valores de Densidad Relativa menores o iguales a 35% el tipo de falla del suelo por corte será "local" y los factores de capacidad de carga se determinan con el ángulo de fricción interna reducido, calculado mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$- \quad F_i \text{ reducido} = \text{ArcTang} ( 2/3 \text{ Tang} ( F_i \text{ real} ) )$$

c).- Para un suelo con valores de Densidad Relativa entre 35% y 70% el tipo de falla del suelo por corte será llamada "intermedia" y los factores de capacidad de carga se determinan mediante una interpolación de aquellos valores calculados por corte "general" y por corte "local".

El cálculo de capacidad de carga admisible o capacidad portante se efectuará para una determinado tipo de edificación promedio urbana que corresponde a una casa-habitación de hasta 03 niveles sobre un área total desde 160 m<sup>2</sup> a 200 m<sup>2</sup> ; que resulta en las actuales condiciones una edificación típica para el común de los pobladores del área urbana de la ciudad de Ayacucho.

Por la altura del edificio y las características geomecánicas típicas del suelo de cimentación de la ciudad de Ayacucho; se determina una profundidad de cimentación de 1.0 m. y dimensión mínima de 1.0 m. para el caso de zapatas cuadradas aisladas y de 0.4 m. a 0.6 m. para el caso de cimientos corridos; aunque en algunos casos por la presencia de roca que aflora en la superficie esta profundidad de cimentación puede adoptar hasta un valor mínimo de 0.60 m. y no menos.

Los parámetros geomecánicos del suelo de cimentación necesarios para la determinación de la capacidad portante y que se encuentran involucrados en la fórmula general de Meyerhof; se refieren al peso volumétrico del suelo de cimentación por debajo y por encima del nivel de cimentación y a los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante tales como el ángulo de fricción interna y la cohesión aparente.

En el calculo del asentamiento por consolidación en una arcilla o suelo cohesivo preconsolidado se utiliza las fórmulas siguientes:

$$\sigma_o + \Delta\sigma < \sigma_c$$

$$S = [ H C_s / ( 1 + e_o ) ] \text{Log}_{10} [ (\sigma_o + \Delta\sigma) / \sigma_o ]$$

$$\sigma_o < \sigma_c$$

$$\sigma_o + \Delta\sigma > \sigma_c$$

$$IPC = \sigma_c - \sigma_o$$

En donde :

- S : Es el asentamiento del estrato de arcilla
- H : Es el espesor del estrato de arcilla o de la zona activa de presiones
- C<sub>c</sub> : Es el valor del Coeficiente de compresibilidad en el tramo de la curva virgen; el cual se determina a partir de un Ensayo de consolidación o puede determinarse aproximadamente en suelos normalmente consolidados a partir de la siguiente expresión: **C<sub>c</sub> = 0.009 (LL-10)**.
- C<sub>s</sub> : Es el valor del Coeficiente de compresibilidad en el tramo de la curva de recompresión; el cual se determina a partir de un Ensayo de consolidación.
- e<sub>o</sub> : Es el valor de la relación de vacíos inicial; la cual se determina a partir de la expresión siguiente: **e<sub>o</sub> = Gs/γ<sub>n</sub> - 1**; en donde Gs es la gravedad específica y γ<sub>n</sub> la densidad seca natural
- Δe : Es el valor de la relación de vacíos adicional impuesta por las cargas de la estructura
- σ<sub>o</sub> : Es el valor de la presión inicial de confinamiento antes del asentamiento
- Δσ : Es el valor de presión adicional impuesta por las cargas de la estructura
- a<sub>v</sub> : Es el valor del coeficiente de compresibilidad en cm<sup>2</sup>/Kg; el cual se determina a partir de un

Ensayo de consolidación

- $m_v$  : Módulo de compresibilidad volumétrica del suelo en  $\text{cm}^2/\text{kg}$
- $\sigma_c$  : Es el valor de la carga de preconsolidación, el cual se determina a partir de un Ensayo de consolidación.
- IPC : Es el incremento de preconsolidación y se considera un valor constante para el estrato de arcilla en análisis

$$S = [ H C_c / ( 1 + e_o ) ] \text{Log}_{10} ( \sigma_c / \sigma_o ) + [ H C_c / ( 1 + e_o ) ] \text{Log}_{10} [ ( \sigma_o + \Delta\sigma ) / \sigma_c ]$$

- Índice de compresión = 0.150
- Índice de expansión = 0.015
- Densidad natural seca = 1.5  $\text{Tn}/\text{m}^3$
- Densidad natural húmeda = 1.60  $\text{Tn}/\text{m}^3$
- Relación de vacíos = 1.50
- Ancho de la zapata = De 1.4 m. a 1.7 m.
- Presión transmitida al terreno = De 1.0  $\text{kg}/\text{cm}^2$  a 1.5  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- Presión inicial de confinamiento = 1.0  $\text{kg}/\text{cm}^2$
- Carga de la estructura = 30 Tn.
- Asentamiento total permisible = 2.5 cm.
- Profundidad de cimentación = 1.00 m.

De la aplicación iterativa de las fórmulas antes descritas con los datos anteriores, se obtiene que para una presión actuante no mayor a 1.50  $\text{kg}/\text{cm}^2$  y una profundidad de cimentación de 1.00 m. el asentamiento total no será mayor de 2.50 cm., por lo que la capacidad portante establecida anteriormente para los suelos y rocas del área de estudio es conforme.

Con los valores de capacidad portante obtenidos en cada punto de investigación y ploteados adecuadamente en el Plano Topográfico Base; se ha desarrollado una zonificación de valores de capacidad portante; tomando en cuenta las formaciones geológicas existentes, la zonificación de suelos según SUCS y el criterio ingenieril en cuanto al trazado de curvas de iguales valores de capacidad portante. Este trabajo se ha efectuado para el caso de zapatas cuadradas aisladas cimentadas a una profundidad de 1.0 m. y con una carga máxima de 30 Tn. desprende en términos generales, lo siguiente:

- En aquellas zonas donde se presente predominantemente suelos de estructura fina provenientes de depósitos sedimentarios antiguos y las diatomitas Quicapata; tales como limos de alta a media plasticidad en un estado de compacidad que van desde el medio hasta el compacto los valores de capacidad portante se encuentran entre 1.0  $\text{kg}/\text{cm}^2$  a 1.50  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .
- En aquellas zonas donde se presente predominantemente suelos de estructura granular provenientes de depósitos aluviales recientes; tales como gravas-areno-limosas en un estado de compacidad desde el medianamente suelto hasta el medio los valores de capacidad portante se encuentran entre 1.0  $\text{kg}/\text{cm}^2$  a 1.50  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .
- En aquellas zonas donde se presente predominantemente suelos de estructura fina a granular provenientes de depósitos sedimentarios antiguos y recientes; tales como limos de baja plasticidad, limos-arenosos, limos-arcillosos, arenas-limosas y gravas-limosas en un estado de compacidad que van desde el medio hasta el compacto los valores de capacidad portante se encuentran entre 1.5  $\text{kg}/\text{cm}^2$  a 2.00  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

- En aquellas zonas donde se presente predominantemente suelos de estructura granular provenientes de depósitos sedimentarios antiguos y volcánico-sedimentarios; tales como gravas-limosas en un estado de compacidad que van desde el medio hasta el compacto los valores de capacidad portante se encuentran entre  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.50 \text{ Kg/cm}^2$ .
- En aquellas zonas donde se presente predominantemente en forma superficial o a profundidades no mayores a 1.0 m. rocas de origen volcánico como es el basalto envuelto en una matriz limosa, brechas y aglomerados volcánicos envueltos en una matriz areno-limosa en un estado de compacidad desde el muy compacto hasta el rígido los valores de capacidad portante son mayores a  $2.50 \text{ Kg/cm}^2$  y en la mayoría de las áreas superan ampliamente los  $4.00 \text{ Kg/cm}^2$ .

De los resultados encontrados se desprende que en términos promedios el valor de la capacidad portante de los suelos del área de estudio es mayor a  $1.50 \text{ Kg/cm}^2$ , llegando en algunas zonas de afloramiento volcánico a ser superior a  $4.0 \text{ Kg/cm}^2$ .

En el área del Distrito de Ayacucho se encuentran mayormente suelos cuya capacidad portante está entre  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$ ; a excepción de aquella zona que comprende la Urbanización ENACE y las laderas medias a altas del cerro "La Picota" en donde los valores se encuentran entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$ .

En el área del Distrito de Carmen Alto se encuentran mayormente suelos cuya capacidad portante está entre  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$  a  $4.0 \text{ Kg/cm}^2$ ; a excepción de aquella zona que comprende el embalse nuevo y antiguo de agua cruda Quicapata y sus alrededores que limitan con el río Alameda, quebrada Chaquihuaycco y parte baja del cerro Campanayocco, en donde los valores se encuentran entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$ .

En el área del Distrito de San Juan Bautista se encuentran mayormente suelos cuya capacidad portante es  $4.0 \text{ Kg/cm}^2$ ; a excepción de aquella zona que comprende Cooperativa Ciudad de las Américas, Santa Elena y San Melchor hasta el límite con el río Huatatas y quebrada Chaquihuaycco en donde los valores se encuentran entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$ . En el barrio de Miraflores y sus zonas de expansión urbanística los suelos tienen una capacidad portante entre  $2.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$ .

En el área del Distrito de Jesús de Nazareno se encuentran mayormente suelos cuya capacidad portante está entre  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  a  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$ ; a excepción de aquella zona que comprende el valle del río Alameda hasta la ubicación de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de la ciudad de Ayacucho en donde los valores se encuentran entre  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$  a  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$ . También existen zonas con afloramiento de brechas volcánicas en donde la capacidad portante es  $4.0 \text{ Kg/cm}^2$ .

## **8.- CONTENIDO DE SALES TOTALES Y SULFATOS DE LOS SUELOS**

El contenido de sales totales y sulfatos disueltos en los suelos de la Ciudad de Ayacucho se ha estimado tomando en cuenta resultados de Laboratorio efectuados a muestras de suelos extraídas en



las "calicatas" de Estudios antecedentes.

De la información colectada, se desprende que los suelos del área

de Estudio tienen un contenido de sales bajo y que no ocasiona ataque de manera perjudicial al concreto siendo suficiente utilizar Cemento Portland Tipo I para la construcción de las estructuras de cimentación; además no se ha de producir pérdida de resistencia mecánica en los suelos por lixiviación ya que el contenido de sales totales medido no es superior a 15,000 ppm y no existe nivel freático ni flujo de aguas subterráneas en el subsuelo del área de estudio.

## **9- ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA**

Con los resultados encontrados en los ítems anteriores es que se ha elaborado la zonificación geotécnica para el área de Estudio que comprende la presencia de hasta 10 Tipos de suelos en función de sus características geotécnicas; lo cual se presenta de acuerdo a la descripción siguiente:

**SUELO TIPO I :** Se trata de una roca del tipo aglomerado volcánico, andesita Acuchimay y basalto de estructura vacuolar envuelta en una matriz de limo arenoso de baja plasticidad, ubicada sobre terrenos de pendiente desde muy suave a fuerte ( 0° a 60°) con muy buena capacidad portante ( Mayor a 4.0 Kg/cm<sup>2</sup>), estable en laderas muy inclinadas, poco erosionable por acción hídrica, no agresivo al concreto y de baja amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente en las áreas de los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto. En el distrito de Ayacucho ocupan mayormente la planicie del Aeropuerto antiguo y nuevo, y en menor proporción las escarpas del río Alameda desde el denominado ovalo evitamiento hasta la salida hacia Huanta.

**SUELO TIPO II :** Se trata de una Grava limosa formada por la mezcla de piedras angulosas de origen volcánico y limo-arenoso de baja plasticidad sobre terrenos de pendiente desde muy suave a suave ( 0° a 10°) con muy buena capacidad portante ( 2.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.50 Kg/cm<sup>2</sup>), estable en laderas muy inclinadas, poco erosionable por acción hídrica, no agresivo al concreto y de baja amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de San Juan Bautista en el Barrio Miraflores y sus zonas de expansión urbanística.

**SUELOS TIPO III :** Grava limo arenosa formada por la mezcla de piedras subredondeadas de origen sedimentario antiguo y reciente y limo arenosos de baja plasticidad sobre terrenos de pendiente muy suave ( 0° a 5°) con buena capacidad portante ( 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>), poco estable en laderas muy inclinadas, media a alta erosionabilidad por acción hídrica, no agresivo al concreto y de media amplificación sísmica. Estos suelos se encuentran mayormente en el distrito de Ayacucho en el casco urbano y zona norte y en el distrito de Jesús de Nazareno en su parte central.

**SUELOS TIPO IV :** Limo inorgánico de baja a alta plasticidad de consistencia firme, estable ante cambios en el contenido de humedad de origen lacustrino muy consolidado sobre terrenos de pendiente desde muy suave a suave ( 0° a 10°) con regular a buena capacidad portante ( 1.00 Kg/cm<sup>2</sup> a 2.00 Kg/cm<sup>2</sup>), estable en laderas muy inclinadas, media erosionabilidad por acción hídrica,

## **10.- FENOMENOS DE ORIGEN GEOTECNICO**

Los fenómenos de origen geotécnico que se han tomado en cuenta para el análisis de su ocurrencia en el área de estudio, son los siguientes:

### **Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante)**

Se producen en el suelo de cimentación que presenta una baja capacidad portante y en donde los esfuerzos actuantes inducidos por una estructura de cimentación de alguna obra específica, pueden ocasionar la falla por corte y asentamiento del suelo. Un suelo con una capacidad portante de 1.50 Kg/cm<sup>2</sup> como mínimo se le considera aceptable para una cimentación común y para valores menores se deberá tener un especial cuidado debido a la posibilidad de una drástica reducción de la capacidad portante en condiciones dinámicas y amplificación de ondas sísmicas.

### **Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad**

Se producen en el suelo de cimentación con un alto contenido de humedad natural, un alto Límite Líquido y un alto Índice Plástico. En aquellos suelos en donde el Índice Plástico sea mayor al 15% es posible que se produzcan cambios moderados de volumen por cambios en el contenido de humedad y que ocurren generalmente en las épocas más secas y calurosas del año.

### **Perdida de resistencia mecánica por lixiviación**

Se producen en el suelo de cimentación que se encuentra fuertemente cementado por la presencia de sales de variado tipo. En aquellos suelos en donde la presencia de una napa freática sea importante, en donde se presente un flujo de agua subterránea y en donde el contenido de sales totales sea mayor a 15,000 ppm., es posible la pérdida de resistencia mecánica por el efecto de lixiviación.

### **Agresión química del suelo al concreto**

Se producen en el suelo de cimentación que tiene un alto contenido de Sulfatos (SO<sub>4</sub>). En aquellos suelos en donde el contenido de Sulfatos (SO<sub>4</sub>) sea mayor a 2000 ppm. se considera que el suelo tendrá una agresividad química severa al concreto de las estructuras de cimentación, mientras que para valores por debajo de 1000 ppm la agresividad química del suelo se considera despreciable.

Otros fenómenos de origen geotécnico tales como colapsabilidad de los suelos, licuefacción de los suelos, pérdida de capacidad portante por presencia de nivel freático, hinchamiento de los suelos, congelamiento de los suelos, formación de oquedades en el suelo y otros; no se han tomado en cuenta para efectos de este estudio debido a que las diferentes características propias de los suelos de la ciudad de Ayacucho no permiten la ocurrencia de dichos fenómenos.

## **11.- EVALUACION DE PELIGROS GEOTECNICOS**

Los peligros de origen geotécnico de mayor incidencia en la ciudad de Ayacucho y áreas adyacentes, se dan por las razones siguientes:

- Falla por corte y asentamiento del suelo (Capacidad Portante)
- Cambios de volumen por cambios en el contenido de humedad
- Perdida de resistencia mecánica por lixiviación
- Agresión del suelo al concreto

Para la evaluación de la ocurrencia de los peligros geotécnicos en la ciudad de Ayacucho se ha tomado en cuenta los resultados obtenidos en la Geotecnia del presente Estudio, siendo de especial importancia la zonificación de la Clasificación de suelos y rocas, de la capacidad portante de los suelos, del contenido de sales totales y sulfatos (SO<sub>4</sub>) y la Zonificación Geotécnica. Con base a dicha información y las restricciones establecidas en el ítem 4.2.1.- se determinan las zonas en el área de estudio con ocurrencia variada de Peligros Geotécnicos.

**PARÁMETROS DE RESISTENCIA MÁXIMA AL ESFUERZO CORTANTE OBTENIDOS POR PRUEBAS ESPECIALES DEL SUELO DE AYACUCHO**

PROYECTO : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 FECHA : JUNIO DEL 2003

PROYECTO	UBICACIÓN	FUENTE	CALICATA	ENSAYO ESPECIAL	TIPO DE SUELO Y ESTADO DE COMPACIDAD	TIPO DE MUESTRA	PARÁMETROS DE RESIS.MAX. AL ESFUERZO CORTANTE	
							Cu(Kg/cm2)	φu
CE "Corazón de Jesús"	Asoc. 16 de Abril	INFES	C-36	Corte Directo	SP-SM-Compacto	Alterado	0,00	32.0°
CE "Mariscal Sucre"	Jr.2 de Mayo y Jr.San Martin	INFES	C-S2	Corte Directo	ML-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,75	33.0°
			C-S2	Corte Directo	ML-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,20	25.0°
CE"N.S.De Las Mercedes"	Urb. Jardín	INFES	C-80	Corte Directo	MH-Compacto	Alterado	0,20	26.0°
CE N°38023 Carmen Alto	Av.Mariscal Cáceres s/n	INFES	C-M2	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,90	27.7°
			C-M2	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,30	27.8°
CE"Mariscal Cáceres	Av.Independencia s/n	INFES	C-INF4	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado Humedad Natural	0,00	30.0°
			C-INF4	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado Humedad Natural	0,00	31.0°
			C-INF8	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado Humedad Natural	0,89	35.0°
			C-INF8	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado Humedad Natural	0,59	23.0°
CE E.E.M. N° 38867	Jr.Nicaragua 290S.J.Bautista	INFES	C-INF1	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,50	35.2°
			C-INF1	Corte Directo	SM-Medio Compacto	Inalterado/parcialmente saturado	0,10	34.9°
Instituto Tecnológico	Ayacucho-Distrito San Juan	INFES	C-ARZ1	Corte Directo	MH-Muy Blando	Inalterado/saturado	0,10	26.0°
Arzobispado			C-ARZ2	Corte Directo	MH-Blando	Inalterado/saturado	0,35	25.0°
			C-ARZ3	Corte Directo	MH-Muy Blando	Inalterado/saturado	0,30	24.0°
			C-ARZ4	Corte Directo	MH-Muy Blando	Inalterado/saturado	0,30	24.0°
			C-ARZ6	Corte Directo	SM-Compacto (Firme)	Inalterado/saturado	0,00	29.0°
			C-ARZ12	Corte Directo	MH-Medio Compacto	Inalterado/saturado	0,35	26.0°
Reserv. AAPP Quicapata	Quicapata-Carmen Alto	CES	C1(RQ)	Triaxial UU	ML- Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,63	33.0°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	Pampa Barrio Mollepatá	INDECI	C4(EME)	Corte Directo	ML-Medio	Remoldeado/Humedad Natural	0,00	32.4°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	MarianoMelgarLasNazarenas	INDECI	C9(EME)	Corte Directo	SM-Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,04	37.8°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	Pie de Carretera Andamarca	INDECI	C13(EME)	Corte Directo	SM-Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,04	36.9°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	Escuela en Andamarca	INDECI	C14(EME)	Corte Directo	ML-Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,05	36.0°
Mapa Peligros de la ciudad de Ayacucho	Media Ladera BarrioMiraflores	INDECI	C19(EME)	Corte Directo	GM-Compacto	Remoldeado/Humedad Natural	0,07	38.0°

**PARAMETROS GEOTECNICOS OBTENIDOS DE ENSAYOS DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL PARA SUELOS DE AYACUCHO**

PROYECTO : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 FECHA : JUNIO DEL 2003

PROYECTO	UBICACIÓN	FUENTE	CALICATA	TIPO DE SUELO Y ESTADO DE COMPACTACIÓN	TIPO DE MUESTRA	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS			
						Rel.de Vacíos Inicial $e_0$	Índice de Compresión $C_c$	Índice de Expansión $C_s$	Presión de Pre Consolidación (Kg/cm <sup>2</sup> )
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	MH- Media	Inalterada	1,26	0,132	0,020	1,37
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	MH- Media	Inalterada	1,54	0,144	0,000	1,07
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	MH-Muy Blanda	Inalterada	1,45	0,203	0,020	1,63
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	SM- Compacto	Inalterada	1,59	0,069	0,000	1,43
Instituto Tecnológico-Arzobispado	Ayacucho - Distrito San Juan	INFES	Sin Referencia	MH-Media	Inalterada	1,86	0,560	0,012	1,15

**PARAMETROS FÍSICOS Y MECANICOS DE LAS ROCAS DE AYACUCHO**

PROYECTO : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 FECHA : JUNIO DEL 2003

N°	FUENTE	PUNTO DE MUESTREO Y PROCEDENCIA	FECHA	PARAMETROS FÍSICOS				PARAMETROS MECÁNICOS					
				Descripción de la roca	Densidad (Tn/m³)	Porosidad (%)	Absorción (%)	RCS (Kg/cm²)	φ (°)	c (Kg/cm²)	RQD (%)	RMR	Calidad Geomecánica de la Roca
1,0	Proyecto Centro Cultural Casa Velarde Alvarez	M1:Chacco	08/02/2000	Toba Ayacucho	1,51	12,9	19,61	51,54	-	-	-	-	Media
2,0	Proyecto Centro Cultural Casa Velarde Alvarez	M2:Chacco	08/02/2000	Toba Ayacucho	1,52	16,67	25,27	57,56	-	-	-	-	Media
3,0	Proyecto Centro Cultural Casa Velarde Alvarez	M3:Asoc.LosOlivos San Juan	08/02/2000	Aglomerado Volcánico	2,05	4,76	9,75	133,19	-	-	60	50	Media a Buena
4,0	Proyecto Centro Cultural Casa Velarde Alvarez	M4:Asoc.LosOlivos San Juan	08/02/2000	Aglomerado Volcánico	1,92	4,00	7,7	97,15	-	-	60	50	Media a Buena
5,0	Est.Def.de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho	Quicapata-Carmen Alto	02/00	Volcánico Basalto	1,56	-	-	160,00	19	3,9	50	50	Media a Buena
6,0	Est.Def.de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho	MR1:Rio Alameda-Pte San Sebastian	02/00	Aglomerado volcánico de matriz fina	1,90	-	-	49,28	24	2,75	60	60	Media a Buena
7,0	Est.Def.de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho	MR2:Rio Alameda-Pte. Vía Evitamiento	02/00	Aglomerado volcánico de matriz fina	1,91	-	-	60,37	22	3,16	60	50	Media a Buena
8,0	Est.Def.de Agua Potable y Alcantarillado de Ayacucho	MR3:Rio Alameda-Aguas abajo. Puente Evitamiento	02/00	Aglomerado volcánico de matriz fina	1,93	-	-	55,69	21	3,29	60	50	Media a Buena
9,0	Mapa de Peligros de Ayacucho	MRI (EME):Aeropuerto Antiguo	08/03	Volcánico Basalto Poroso	2,00	-	-	884,42	25	2,92	90	60	Buena
10,0	Mapa de Peligros de Ayacucho	MR2 (EME):Av.Ramón Castilla	08/03	Aglomerado volcánico de matriz fina y fragmentos negros basálticos	2,26	-	-	220,89	30	1,19	75	60	Buena

**PARAMETROS GEOMECANICOS DE LAS ROCAS DE AYACUCHO PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE**

PROYECTO : PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES  
 ESTUDIO : MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE AYACUCHO  
 FECHA : JUNIO DEL 2003

N°	DESCRIPCION DE LA ROCA	PARAMETROS GEOMECANICOS DE RESISTENCIA					CALIDAD DE LA ROCA COMO MATERIAL DE CIMENTACION
		DENSIDAD (Tn/m <sup>3</sup> )	RCS (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ ( ° )	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	RMR (Kg/cm <sup>2</sup> )	
1,0	Aglomerado volcanico de matriz fina con incrustaciones de piedras negras basalticas	1,90	100.00 (Máximo) 50.00 (Mínimo)	24°	2,50	50 a 60	Muy buena .- Valores de Capacidad portante > a 4.0 Kg/cm <sup>2</sup> Muy Baja amplificación sísmica
2,0	Basalto volcanico de estructura vacuolar envuelto en matriz limosa	1,60	150.00 (Mínimo) 800.00 (Máximo)	20°	3,00	50 a 60	Muy buena .- Valores de Capacidad portante > a 4.0 Kg/cm <sup>2</sup> Muy Baja amplificación sísmica

**CONTENIDO DE SALES TOTALES, SULFATOS Y PH EN EXCAVACIONES DE SUELOS DE AYACUCHO**

Nº	PROYECTO	UBICACIÓN	CALICATA	CARACTERISTICAS QUIMICAS			
				PH	CE(mmhos)	SALES TOTALES(ppm)	SO4(ppm)
1	Agua Pot y alc. De Aya Estruc, Reser Quicapata	Estrato "B5"	C-3 (RQ)	7,7	0,26	166,4	100
2	Agua Pot y alc. De Aya Estruc, Reser Quicapata	Estrato "B2"	C-2 (RQ)	8	0,22	140,8	100
3	Agua Pot y alc. De Aya Estruc, Tuberia de Rebose	Km 00+680 Estrato "A"	C-3YC-4(TRQ)	7	0,32	204,8	
4	Agua Pot y alc. De Aya Estruc, Tuberia de Rebose	Km 00+370 Estrato "A"	C-1yC-2(TRQ)	7,9	0,3	192	100
5	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 00+850 Estrato "B"	C-4 (RQM)	7,9	0,39	249,6	
6	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 02+360 Estrato "B"	C-10 (RQM)	7,9	1,85	1184	
7	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 01+220 Estrato "B1"	C-6 (RQM)	8,5	0,8	512	
8	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 01+685 Estrato "B1"	C-8 (RQM)	7,7	0,46	294,4	
9	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 01+100 Estrato "B"	C-5 (RQM)	7,9	0,33	211,2	
10	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 00+100 Estrato "B1"	C-0 (RQM)	7,7	0,66	422,4	
11	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 02+780 Estrato "B"	C-12 (RQM)	8	0,57	364,8	
12	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 00+510 Estrato "B1"	C-2 (RQM)	8,2	0,46	294,4	
13	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 01+370 Estrato "B"	C-7 (RQM)	7,9	0,39	249,6	
14	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Km 02+550 Estrato "B"	C-11 (RQM)	7,5	0,55	352	
15	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	ENACE-Av.Javier P.de Cuellar	C-1 (AP)		8,46	294	400
16	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Vía los Liber.E.B.Piscotambo	C-4 (AP)		2,62	1677	1400
17	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	FONAVI Av.26 de Enero	C-7 (AP)		0,75	480	600
18	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Carmen Alto Jr.Progreso s/n	C-24 (AP)		1,84	1178	1300
19	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	San Juan A.A.Vivanco a.100	C-28 (AP)		2,34	1498	300
20	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Asoc.La Victoria Av.Vict.MzA	C-29 (AP)		1,1	704	400
21	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	San Juan Av.Cuzco N° 371	C-30 (AP)		0,78	499	500
22	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Canaán-Aeropuerto Sur	C-33 (AP)		0,54	346	Trazas
23	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Libertad de América MzR-4	C-34 (AP)		0,88	563	200
24	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	San Juan de APROVISA	C-37 (AP)		0,34	218	Trazas
25	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Barrio de Miraflores	C-41 (AP)		0,91	582	1400
26	Agua Pot y Alc. De Aya Estruc, Línea Conducción	Santa Elena Av. 9 de Dic 501	C-46 (AP)		0,5	320	600
27	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Urb.Basilio Auqui Mz I-Lote 9	C-1 (A)		0,38	243	500
28	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Campo Universitario UNSCH-1	C-5 (A)		0,48	307	200
29	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Ayacucho-Asoc.Illacruz s/n	C-9 (A)		0,71	454	800
30	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Emisor Princ.Terren-Cultivo 2	C-13 (A)		0,52	333	300
31	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Emisor Princ.Final 2ºAcued.	C-15 (A)		2,67	1709	600
32	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Ayac-Jr.Glorieta-Jr.Arequipa	C-20 (A)		1,95	1248	500
33	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Carmen Alto-Av.C.Alto-Grifo	C-23 (A)		4,67	2989	180
34	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	San Juan-Av.A.Vivanco A.100	C-27 (A)		2,34	1498	200
35	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Asoc.La Victoria Av.Vict.MzA	C-28 (A)		1,1	704	400
36	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Asoc.La Vict.Av.Bolognesi	C-29 (A)		1,32	845	300
37	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Vista Alegre.Av.Casuarinas	C-31 (A)		0,45	288	400
38	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Canaán-Aeropuerto Sur	C-33 (A)		0,54	346	Trazas
39	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Santa Elena Av. 9 de Dic 501	C-36 (A)		0,5	320	600
40	Agua Pot y Alc. De Aya Redes de Alcantarillado	Santa Elena Av.9deDic s/n	C-37 (A)		0,67	429	100



**NORMA E.030 DEL  
REGLAMENTO  
NACIONAL DE  
EDIFICACIONES**





**DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA LA NORMA TÉCNICA E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE" DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA POR DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON DECRETO SUPREMO N° 002-2014-VIVIENDA**

**DECRETO SUPREMO  
N° 003-2016-VIVIENDA**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es competencia del Ministerio formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana, para lo cual dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, comprendidas en el referido Índice, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas; precisándose que a la fecha las referidas normas han sido modificadas por sendos Decretos Supremos;

Que, es preciso señalar que con los Decretos Supremos N° 001-2010-VIVIENDA y N° 017-2012-VIVIENDA, se aprobaron dos normas técnicas adicionales, de acuerdo al Índice y a la Estructura del RNE aprobado mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA; y con los Decretos Supremos N° 011-2012-VIVIENDA, N° 005-2014-VIVIENDA y N° 006-2014-VIVIENDA, se incorporaron tres nuevas normas al citado cuerpo legal;

Que, con Informe N° 001-2015-CPARNE de fecha 17 de junio de 2015, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del RNE, eleva la propuesta de modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del RNE, aprobada con Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA; la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme al Acta de aprobación de la Quincuagésima Segunda Sesión de fecha 10 de junio de 2015, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, la propuesta normativa tiene por objeto actualizar la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" de acuerdo con las nuevas tecnologías en sismorresistencia y los avances científicos en el campo de la sismología, a fin de disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones nuevas, evitar las pérdidas de vidas humanas en caso de sismos y asegurar la continuidad de los servicios básicos;

Que, conforme a lo señalado por la Comisión Permanente de Actualización del RNE, corresponde disponer la modificación de la Norma Técnica a que se refiere el considerando anterior, a fin de actualizar y complementar su contenido; y,

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por el Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA;

DECRETA:

**Artículo 1.- Modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE**

Modifícase la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" contenida en el Numeral III.2 Estructuras,

del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, la cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Artículo 2.- Publicación y Difusión**

Publícase el presente Decreto Supremo y la Norma Técnica a que se refiere el artículo 1 de la presente norma, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento ([www.vivienda.gob.pe](http://www.vivienda.gob.pe)), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano", de conformidad con lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 001-2009-JUS.

**Artículo 3.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA**

**Única.- Normativa aplicable a proyectos de inversión pública y procedimientos administrativos en trámite**

Los proyectos de inversión pública que a la fecha de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, cuentan con la declaratoria de viabilidad en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública - SNIP, y los procedimientos administrativos en los que se haya solicitado a las Municipalidades la licencia de edificación correspondiente, se rigen por la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, hasta su conclusión.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de enero del año dos mil dieciséis.

OLLANTA HUMALA TASSO  
Presidente de la República

FRANCISCO ADOLFO DUMLER CUYA  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**NORMA TÉCNICA E.030**

**"DISEÑO SISMORRESISTENTE"**

**ÍNDICE**

**CAPÍTULO 1. GENERALIDADES**

- 1.1 Nomenclatura
- 1.2 Alcances
- 1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente
- 1.4 Concepción Estructural Sismorresistente
- 1.5 Consideraciones Generales
- 1.6 Presentación del Proyecto

**CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO**

- 2.1 Zonificación
- 2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio
- 2.3 Condiciones Geotécnicas
- 2.4 Parámetros de Sitio ( $S$ ,  $T_p$  y  $T_f$ )
- 2.5 Factor de Amplificación Sísmica ( $C$ )

**CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES**

- 3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso ( $U$ )
- 3.2 Sistemas Estructurales
- 3.3 Categoría y Sistemas Estructurales
- 3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_o$ )
- 3.5 Regularidad Estructural
- 3.6 Factores de Irregularidad ( $I_a$ ,  $I_b$ )
- 3.7 Restricciones a la Irregularidad
- 3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas,

R

3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

#### CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

- 4.1 Consideraciones Generales para el Análisis
- 4.2 Modelos para el Análisis
- 4.3 Estimación del Peso ( $P$ )
- 4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico
- 4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes
- 4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral
- 4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

#### CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

- 5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales
- 5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles
- 5.3 Separación entre Edificios ( $s$ )
- 5.4 Redundancia
- 5.5 Verificación de Resistencia Última

#### CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

- 6.1 Generalidades
- 6.2 Responsabilidad Profesional
- 6.3 Fuerzas de Diseño
- 6.4 Fuerza Horizontal Mínima
- 6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales
- 6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos
- 6.7 Otras Estructuras
- 6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

#### CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

- 7.1 Generalidades
- 7.2 Capacidad Portante
- 7.3 Momento de Volteo
- 7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

#### CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

- 8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo
- 8.2 Reparación y reforzamiento

#### CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN

- 9.1 Estaciones Acelerométricas
- 9.2 Requisitos para su Ubicación
- 9.3 Mantenimiento
- 9.4 Disponibilidad de Datos

#### ANEXOS

##### ANEXO N° 1 ZONIFICACIÓN SISMICA

##### ANEXO N° 2 PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

#### CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

##### 1.1 Nomenclatura

Para efectos de la presente Norma Técnica, se consideran las siguientes nomenclaturas:

$C$  Factor de amplificación sísmica.

$C_T$  Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio.

$d_i$  Desplazamientos laterales del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ .

$e_i$  Excentricidad accidental en el nivel " $i$ ".

$F_i$  Fuerza sísmica horizontal en el nivel " $i$ ".

$g$  Aceleración de la gravedad.

$h_i$  Altura del nivel " $i$ " con relación al nivel del terreno.

$h_{ei}$  Altura del entrepiso " $i$ ".

$h_n$  Altura total de la edificación en metros.

$M_{\theta}$  Momento torsor accidental en el nivel " $i$ ".

$m$  Número de modos usados en la combinación modal.

$n$  Número de pisos del edificio.

$P$  Peso total de la edificación.

$P_i$  Peso del nivel " $i$ ".

$R$  Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.

$r$  Respuesta estructural máxima elástica esperada.

$r_i$  Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo " $i$ ".

$S$  Factor de amplificación del suelo.

$S_a$  Espectro de pseudo aceleraciones.

$T$  Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.

$T_p$  Período que define la plataforma del factor  $C$ .

$T_i$  Período que define el inicio de la zona del factor  $C$  con desplazamiento constante.

$U$  Factor de uso o importancia.

$V$  Fuerza cortante en la base de la estructura.

$Z$  Factor de zona.

$R_0$  Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

$I_a$  Factor de irregularidad en altura.

$I_p$  Factor de irregularidad en planta.

$f_i$  Fuerza lateral en el nivel  $i$ .

$\bar{V}_S$  Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.

$\bar{N}_{60}$  Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.

$\bar{S}_{u}$  Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

##### 1.2 Alcances

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en numeral 1.3.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

El empleo de sistemas estructurales diferentes a los indicados en el numeral 3.2, deberá ser aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad.

Para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se podrá usar esta Norma en lo que sea aplicable.

Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

##### 1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

- a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

**1.4 Concepción Estructural Sismorresistente**

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada frente a las cargas laterales.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- Deformación lateral limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

**1.5 Consideraciones Generales**

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados.

No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

Deberá considerarse el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del numeral 1.3, se acepta que las edificaciones tengan incursiones inelásticas frente a solicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las fuerzas sísmicas de diseño son una fracción de la solicitación sísmica máxima elástica.

**1.6 Presentación del Proyecto**

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán estar firmados por el ingeniero civil colegiado responsable del diseño, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán incluir la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente.
- b. Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales.
- c. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- d. Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones.

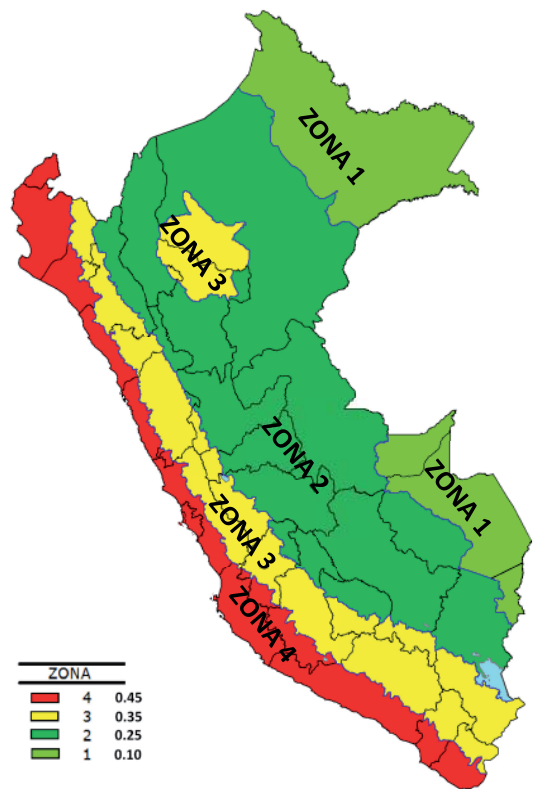
- e. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.
- f. La ubicación de las estaciones acelerométricas, si éstas se requieren conforme al Capítulo 9.

**CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO**

**2.1 Zonificación**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo N° 1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.

**ZONAS SÍSMICAS**



**FIGURA N° 1**

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

**2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio**

**2.2.1 Microzonificación Sísmica**

Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación

de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras.

Para los siguientes casos podrán ser considerados los resultados de los estudios de microzonificación correspondientes:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados.

### 2.2.2 Estudios de Sitio

Son estudios similares a los de microzonificación, aunque no necesariamente en toda su extensión. Estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales por las condiciones locales. Su objetivo principal es determinar los parámetros de diseño.

Los estudios de sitio deberán realizarse, entre otros casos, en grandes complejos industriales, industria de explosivos, productos químicos inflamables y contaminantes.

No se considerarán parámetros de diseño inferiores a los indicados en esta Norma.

## 2.3 Condiciones Geotécnicas

### 2.3.1 Perfiles de Suelo

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte ( $\bar{V}_s$ ), o alternativamente, para suelos granulares, el promedio ponderado de los  $\bar{N}_{60}$  obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\bar{S}_u$ ) para suelos cohesivos. Estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, como se indica en el numeral 2.3.2.

Para los suelos predominantemente granulares, se calcula  $\bar{N}_{60}$  considerando solamente los espesores de cada uno de los estratos granulares. Para los suelos predominantemente cohesivos, la resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  se calcula como el promedio ponderado de los valores correspondientes a cada estrato cohesivo.

Este método también es aplicable si se encuentran suelos heterogéneos (cohesivos y granulares). En tal caso, si a partir de  $\bar{N}_{60}$  para los estratos con suelos granulares y de  $\bar{S}_u$  para los estratos con suelos cohesivos se obtienen clasificaciones de sitio distintas, se toma la que corresponde al tipo de perfil más flexible.

Los tipos de perfiles de suelos son cinco:

#### a. Perfil Tipo $S_0$ : Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $\bar{V}_s$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $\bar{V}_s$ .

#### b. Perfil Tipo $S_1$ : Roca o Suelos Muy Rígidos

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $qu$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $\bar{N}_{60}$  mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### c. Perfil Tipo $S_2$ : Suelos Intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$ , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### d. Perfil Tipo $S_3$ : Suelos Blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$  menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$ , entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo  $S_4$  y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad  $P_i$  mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $\bar{S}_u$  menor que 25 kPa.

#### e. Perfil Tipo $S_4$ : Condiciones Excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo  $S_4$  cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

La Tabla N° 2 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
$S_0$	> 1500 m/s	-	-
$S_1$	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
$S_2$	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
$S_3$	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

### 2.3.2 Definición de los Perfiles de Suelo

Las expresiones de este numeral se aplicarán a los 30 m superiores del perfil de suelo, medidos desde el nivel del fondo de cimentación. El subíndice  $i$  se refiere a uno cualquiera de los  $n$  estratos con distintas características,  $m$  se refiere al número de estratos con suelos granulares y  $k$  al número de estratos con suelos cohesivos.

#### a. Velocidad Promedio de las Ondas de Corte, $\bar{V}_s$

La velocidad promedio de propagación de las ondas de corte se determinará con la siguiente fórmula:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{d_i}{V_{si}} \right)}$$



donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $n$  estratos y  $V_{si}$  es la correspondiente velocidad de ondas de corte (m/s).

**b. Promedio Ponderado del Ensayo Estándar de Penetración,  $\bar{N}_{60}$**

El valor  $\bar{N}_{60}$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos granulares en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{N}_{60} = \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{d_i}{N_{60i}} \right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $m$  estratos con suelo granular y  $\bar{N}_{60}$  es el correspondiente valor corregido del SPT.

**c. Promedio Ponderado de la Resistencia al Corte en Condición no Drenada,  $\bar{S}_u$**

El valor  $\bar{S}_u$  se calculará considerando solamente los estratos con suelos cohesivos en los 30 m superiores del perfil:

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k \left( \frac{d_i}{S_{ui}} \right)}$$

Donde  $d_i$  es el espesor de cada uno de los  $k$  estratos con suelo cohesivo y  $\bar{S}_u$  es la correspondiente resistencia al corte en condición no drenada (kPa).

**Consideraciones Adicionales:**

En los casos en los que no sea obligatorio realizar un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) o cuando no se disponga de las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, se permite que el profesional responsable estime valores adecuados sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

En el caso de estructuras con cimentaciones profundas a base de pilotes, el perfil de suelo será el que corresponda a los estratos en los 30 m por debajo del extremo superior de los pilotes.

**2.4 Parámetros de Sitio ( $S$ ,  $T_p$  y  $T_L$ )**

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los períodos  $T_p$  y  $T_L$  dados en las Tablas N° 3 y N° 4.

ZONA \ SUELO	SUELO			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$Z_4$	0,80	1,00	1,05	1,10
$Z_3$	0,80	1,00	1,15	1,20
$Z_2$	0,80	1,00	1,20	1,40
$Z_1$	0,80	1,00	1,60	2,00

	Perfil de suelo			
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

**2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)**

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \right)$$

Tes el período de acuerdo al numeral 4.5.4, concordado con el numeral 4.6.1.

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

**CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES**

**3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)**

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar  $U = 1$ .

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:  - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.	1,5
Edificaciones Esenciales	Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.  También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de  $U$  será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

## 3.2 Sistemas Estructurales

### 3.2.1 Estructuras de Concreto Armado

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismorresistente deberán cumplir con lo previsto en el Capítulo 21 "Disposiciones especiales para el diseño sísmico" de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE.

**Pórticos.** Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

**Muros Estructurales.** Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

**Dual.** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20 % y 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % de la fuerza cortante en la base.

**Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa.

Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

### 3.2.2 Estructuras de Acero

Los Sistemas que se indican a continuación forman parte del Sistema Estructural Resistente a Sismos.

**Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)**  
Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia por flexión de las vigas y limitada fluencia en las zonas de panel de las columnas. Las columnas deberán ser diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando estas incursionan en la zona de endurecimiento por deformación.

**Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)**

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

**Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)**

Estos pórticos deberán proveer una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

**Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)**

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.

**Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)**

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

**Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)**

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

### 3.2.3 Estructuras de Albañilería

Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o armada.

### 3.2.4 Estructuras de Madera

Se consideran en este grupo las edificaciones cuyos elementos resistentes son principalmente a base de madera. Se incluyen sistemas entramados y estructuras arriostradas tipo poste y viga.

### 3.2.5 Estructuras de Tierra

Son edificaciones cuyos muros son hechos con unidades de albañilería de tierra o tierra apisonada in situ.

## 3.3 Categoría y Sistemas Estructurales

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 6 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albanilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

(\*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

### 3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas ( $R_o$ )

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7.

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente  $R_o$  que corresponda.

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_o$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albanilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

(\*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 "Adobe" del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos  $S_3$ , ni se permite en suelos  $S_4$ .

### 3.5 Regularidad Estructural

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones de la Tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el coeficiente  $R$  de reducción de fuerzas sísmicas.

**Estructuras Regulares** son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

En estos casos, el factor  $I_a$  o  $I_p$  será igual a 1,0.

**Estructuras Irregulares** son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

### 3.6 Factores de Irregularidad ( $I_a, I_p$ )

El factor  $I_a$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis. El factor  $I_p$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las Tablas N° 8 y 9 se obtuvieran valores distintos de los factores  $I_a$  o  $I_p$  para las dos direcciones de análisis, se deberá tomar para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,75
<b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,75
<b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,50
<b>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	0,50
<b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
<b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.	0,80

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_a$
<b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)</b> Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.	0,60
Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<b>Irregularidad Torsional</b> Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta_{m\acute{a}x}$ ), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,75
<b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta_{CM}$ ), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,60
<b>Esquinas Entrantes</b> La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90
<b>Discontinuidad del Diafragma</b> La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0,85
<b>Sistemas no Paralelos</b> Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0,90

### 3.7 Restricciones a la Irregularidad

#### 3.7.1 Categoría de la Edificación e Irregularidad

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

#### 3.7.2 Sistemas de Transferencia

Los sistemas de transferencia son estructuras de losas y vigas que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior.

En las zonas sísmicas 4, 3 y 2 no se permiten estructuras con sistema de transferencia en los que más del 25 % de las cargas de gravedad o de las cargas sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación. Esta disposición no se aplica para el último entrepiso de las edificaciones.

#### 3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, $R$

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente  $R_0$  determinado a partir de la Tabla N° 7 y de los factores  $I_a$ ,  $I_p$  obtenidos de las Tablas N° 8 y N° 9.

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

#### 3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

Se permite la utilización de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía en la edificación, siempre y cuando se cumplan las disposiciones de esta Norma (mínima fuerza cortante en la base, distorsión de entrepiso máxima permisible), y en la medida que sean aplicables los requisitos del documento siguiente:

“Minimum Design Loads for Building and Other Structures”, ASCE/SEI 7-10, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA, 2010.

La instalación de sistemas de aislamiento sísmico o de sistemas de disipación de energía deberá someterse a una supervisión técnica especializada a cargo de un ingeniero civil.

### CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

#### 4.1 Consideraciones Generales para el Análisis

Para estructuras regulares, el análisis podrá hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes. Para estructuras irregulares deberá suponerse que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño.

Las solicitaciones sísmicas verticales se considerarán en el diseño de los elementos verticales, en elementos horizontales de gran luz, en elementos post o pre tensados y en los voladizos o salientes de un edificio. Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis.

#### 4.2 Modelos para el Análisis

El modelo para el análisis deberá considerar una distribución espacial de masas y rigideces que sean adecuadas para calcular los aspectos más significativos del comportamiento dinámico de la estructura.



Para propósito de esta Norma las estructuras de concreto armado y albañilería podrán ser analizadas considerando las inercias de las secciones brutas, ignorando la fisuración y el refuerzo.

Para edificios en los que se pueda razonablemente suponer que los sistemas de piso funcionan como diafragmas rígidos, se podrá usar un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por diafragma, asociados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotación. En tal caso, las deformaciones de los elementos deberán compatibilizarse mediante la condición de diafragma rígido y la distribución en planta de las fuerzas horizontales deberá hacerse en función a las rigideces de los elementos resistentes.

Deberá verificarse que los diafragmas tengan la rigidez y resistencia, suficientes para asegurar la distribución antes mencionada, en caso contrario, deberá tomarse en cuenta su flexibilidad para la distribución de las fuerzas sísmicas.

El modelo estructural deberá incluir la tabiquería que no esté debidamente aislada.

Para los pisos que no constituyan diafragmas rígidos, los elementos resistentes serán diseñados para las fuerzas horizontales que directamente les corresponde.

En los edificios cuyos elementos estructurales predominantes sean muros, se deberá considerar un modelo que tome en cuenta la interacción entre muros en direcciones perpendiculares (muros en H, muros en T y muros en L).

**4.3 Estimación del Peso (P)**

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

**4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico**

Deberá utilizarse uno de los procedimientos siguientes:

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes (numeral 4.5).
- Análisis dinámico modal espectral (numeral 4.6).

El análisis se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

El procedimiento de análisis dinámico tiempo - historia, descrito en el numeral 4.7, podrá usarse con fines de verificación, pero en ningún caso será exigido como sustituto de los procedimientos indicados en los numerales 4.5 y 4.6.

**4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes**

**4.5.1 Generalidades**

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

Podrán analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, las estructuras clasificadas como regulares según el numeral 3.5 de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

**4.5.2 Fuerza Cortante en la Base**

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se determinará por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

**4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura**

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i, correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1,0.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: k = (0,75 + 0,5 T) ≤ 2,0.

**4.5.4 Período Fundamental de Vibración**

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

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

Donde:

C<sub>T</sub> = 35 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

C<sub>T</sub> = 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

C<sub>T</sub> = 60 Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2\right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i\right)}}$$

Donde:

- f<sub>i</sub> es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

- d<sub>i</sub> es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f<sub>i</sub>. Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental  $T$  deberá tomarse como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

#### 4.5.5 Excentricidad Accidental

Para estructuras con diafragmas rígidos, se supondrá que la fuerza en cada nivel ( $F$ ) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y debe considerarse además de la excentricidad propia de la estructura el efecto de excentricidades accidentales (en cada dirección de análisis) como se indica a continuación:

a) En el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante, se aplicará un momento torsor accidental ( $M_{ti}$ ) que se calcula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel ( $e_i$ ), se considerará como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

b) Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se obtienen considerando las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Se considerarán únicamente los incrementos de las fuerzas horizontales no así las disminuciones.

#### 4.5.6 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción del peso igual a  $2/3 Z \cdot U \cdot S$ .

En elementos horizontales de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

#### 4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

##### 4.6.1 Modos de Vibración

Los modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas.

En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

##### 4.6.2 Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los  $2/3$  del espectro empleado para las direcciones horizontales.

##### 4.6.3 Criterios de Combinación

Mediante los criterios de combinación que se indican, se podrá obtener la respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) tanto para las fuerzas internas en los elementos componentes de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

La respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados ( $r_i$ ) podrá determinarse

usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

Donde  $r$  representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas. Los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8\beta^2(1+\lambda)\lambda^{3/2}}{(1-\lambda^2)^2 + 4\beta^2\lambda(1+\lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

$\beta$ , fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05

$\omega_i, \omega_j$  son las frecuencias angulares de los modos  $i, j$

Alternativamente, la respuesta máxima podrá estimarse mediante la siguiente expresión.

$$r = 0,25 \cdot \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

#### 4.6.4 Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el numeral 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

#### 4.6.5 Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

#### 4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados en los numerales 4.5 y 4.6.

En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

##### 4.7.1 Registros de Aceleración

Para el análisis se usarán como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales.

Cada conjunto de registros de aceleraciones del terreno consistirá en un par de componentes de aceleración horizontal, elegidas y escaladas de eventos individuales. Las historias de aceleración serán obtenidas de eventos cuyas magnitudes, distancia a las fallas, y mecanismos de fuente sean consistentes con el máximo sismo considerado. Cuando no se cuente con el número requerido de registros apropiados, se podrán usar registros simulados para alcanzar el número total requerido.

Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construirá un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5 % de amortiguamiento. Ambas componentes se escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre  $0,2 T$  y  $1,5 T$  (siendo  $T$  el período fundamental),

el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 4.6.2 con  $R = 1$ .

Para la generación de registros simulados deberán considerarse los valores de  $C$ , definidos en el numeral 2.5, excepto para la zona de períodos muy cortos ( $T < 0,2 T_p$ ) en la que se considerará:

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_p}\right)$$

**4.7.2 Modelo para el Análisis**

El modelo matemático deberá representar correctamente la distribución espacial de masas en la estructura.

El comportamiento de los elementos será modelado de modo consistente con resultados de ensayos de laboratorio y tomará en cuenta la fluencia, la degradación de resistencia, la degradación de rigidez, el estrechamiento de los lazos histeréticos, y todos los aspectos relevantes del comportamiento estructural indicado por los ensayos.

La resistencia de los elementos será obtenida en base a los valores esperados sobre resistencia del material, endurecimiento por deformación y degradación de resistencia por la carga cíclica.

Se permite suponer propiedades lineales para aquellos elementos en los que el análisis demuestre que permanecen en el rango elástico de respuesta.

Se admite considerar un amortiguamiento viscoso equivalente con un valor máximo del 5 % del amortiguamiento crítico, además de la disipación resultante del comportamiento histerético de los elementos.

Se puede suponer que la estructura está empotrada en la base, o alternativamente considerar la flexibilidad del sistema de cimentación si fuera pertinente.

**4.7.3 Tratamiento de Resultados**

En caso se utilicen por lo menos siete juegos de registros del movimiento del suelo, las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las distorsiones de entrepiso se evaluarán a partir de los promedios de los correspondientes resultados máximos obtenidos en los distintos análisis. Si se utilizaran menos de siete juegos de registros, las fuerzas de diseño, las deformaciones y las distorsiones de entrepiso serán evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1,25 veces de los valores indicados en la Tabla N° 11.

Las deformaciones en los elementos no excederán de 2/3 de aquellas para las que perderían la capacidad portante para cargas verticales o para las que se tendría una pérdida de resistencia en exceso a 30 %.

Para verificar la resistencia de los elementos se dividirán los resultados del análisis entre  $R = 2$ , empleándose las normas aplicables a cada material.

**CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD**

**5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales**

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75  $R$  los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por  $R$  los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de  $C/R$  indicados en el numeral 4.5.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 4.6.4.

**5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles**

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la

fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	$(\Delta_i / h_{ei})$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

**5.3 Separación entre Edificios (s)**

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima  $s$  para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que:

$$s = 0,006 h \geq 0,03 \text{ m}$$

Donde  $h$  es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar  $s$ .

El edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores de 2/3 del desplazamiento máximo calculado según el numeral 5.1 ni menores que  $s/2$  si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria.

En caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio deberá separarse de la edificación existente el valor de  $s/2$  que le corresponde más el valor  $s/2$  de la estructura vecina.

**5.4 Redundancia**

Cuando sobre un solo elemento de la estructura, muro o pórtico, actúa una fuerza de 30 % o más del total de la fuerza cortante horizontal en cualquier entrepiso, dicho elemento deberá diseñarse para el 125 % de dicha fuerza.

**5.5 Verificación de Resistencia Última**

En caso se realice un análisis de la resistencia última se podrá utilizar las especificaciones del ASCE/SEI 41 SEISMIC REHABILITATION OF EXISTING BUILDINGS. Esta disposición no constituye una exigencia de la presente Norma.

**CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS**

**6.1 Generalidades**

Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema pero su aporte a la rigidez no es significativo.

Para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sismorresistente y deban acompañar la deformación de la estructura deberá asegurarse que en caso de falla no causen daños.

Dentro de los elementos no estructurales que deben tener adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas se incluyen:

- Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.

- Vidrios y muro cortina.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones de gas.
- Equipos mecánicos.
- Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.

### 6.2 Responsabilidad Profesional

Los profesionales que elaboran los diferentes proyectos serán responsables de proveer a los elementos no estructurales la adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas.

### 6.3 Fuerzas de Diseño

Los elementos no estructurales, sus anclajes, y sus conexiones deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección ( $F$ ) asociada a su peso ( $P_e$ ), cuya resultante podrá suponerse aplicada en el centro de masas del elemento, tal como se indica a continuación:

$$F = \frac{a_i}{g} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $a_i$  es la aceleración horizontal en el nivel donde el elemento no estructural está soportado, o anclado, al sistema estructural de la edificación. Esta aceleración depende de las características dinámicas del sistema estructural de la edificación y debe evaluarse mediante un análisis dinámico de la estructura.

Alternativamente podrá utilizarse la siguiente ecuación:

$$F = \frac{F_i}{P_i} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Donde  $F_i$  es la fuerza lateral en el nivel donde se apoya o se ancla el elemento no estructural calculada de acuerdo al numeral 4.5 y  $P_i$  el peso de dicho nivel.

Los valores de  $C_1$  se tomarán de la Tabla N° 12.

Para calcular las solicitaciones de diseño en muros, tabiques, parapetos y en general elementos no estructurales con masa distribuida, la fuerza  $F$  se convertirá en una carga uniformemente distribuida por unidad de área. Para muros y tabiques soportados horizontalmente en dos niveles consecutivos, se tomará el promedio de las aceleraciones de los dos niveles.

Tabla N° 12 VALORES DE $C_1$	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rígidamente al piso.	1,5

### 6.4 Fuerza Horizontal Mínima

En ningún nivel del edificio la fuerza  $F$  calculada con el numeral 6.3 será menor que  $0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$ .

### 6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como 2/3 de la fuerza horizontal.

Para equipos soportados por elementos de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 4.6.2.

### 6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos

Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos deberán diseñarse con una fuerza horizontal calculada con:

$$F = 0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

### 6.7 Otras Estructuras

Para letreros, chimeneas, torres y antenas de comunicación instaladas en cualquier nivel del edificio, la fuerza de diseño se establecerá considerando las propiedades dinámicas del edificio y de la estructura a instalar. La fuerza de diseño no deberá ser menor que la correspondiente a la calculada con la metodología propuesta en este capítulo con un valor de  $C_1$  mínimo de 3,0.

### 6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

Cuando el elemento no estructural o sus anclajes se diseñen utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles, las fuerzas sísmicas definidas en este Capítulo se multiplicarán por 0,8.

## CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

### 7.1 Generalidades

Las suposiciones que se hagan para los apoyos de la estructura deberán ser concordantes con las características propias del suelo de cimentación.

La determinación de las presiones actuantes en el suelo para la verificación por esfuerzos admisibles, se hará con las fuerzas obtenidas del análisis sísmico multiplicadas por 0,8.

### 7.2 Capacidad Portante

En todo estudio de mecánica de suelos deberán considerarse los efectos de los sismos para la determinación de la capacidad portante del suelo de cimentación. En los sitios en que pueda producirse licuación del suelo, debe efectuarse una investigación geotécnica que evalúe esta posibilidad y determine la solución más adecuada.

### 7.3 Momento de Volteo

Toda estructura y su cimentación deberán ser diseñadas para resistir el momento de volteo que produce un sismo, según los numerales 4.5 o 4.6. El factor de seguridad calculado con las fuerzas que se obtienen en aplicación de esta Norma deberá ser mayor o igual que 1,2.

### 7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

Para zapatas aisladas con o sin pilotes en suelos tipo  $S_3$  y  $S_4$  y para las Zonas 4 y 3 se proveerá elementos de conexión, los que deben soportar en tracción o compresión, una fuerza horizontal mínima equivalente al 10 % de la carga vertical que soporta la zapata.

Para suelos de capacidad portante menor que 0,15 MPa se proveerá vigas de conexión en ambas direcciones.

Para el caso de pilotes y cajones deberá proveerse de vigas de conexión o deberá tenerse en cuenta los giros y deformaciones por efecto de la fuerza horizontal diseñando pilotes y zapatas para estas solicitaciones. Los pilotes tendrán una armadura en tracción equivalente por lo menos al 15 % de la carga vertical que soportan.

## CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

Las estructuras dañadas por sismos deben ser evaluadas, reparadas y/o reforzadas de tal manera que se corrijan los posibles defectos estructurales que provocaron los daños y recuperen la capacidad de resistir un nuevo evento sísmico, acorde con la filosofía del diseño sismorresistente señalada en el Capítulo 1.



**8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo**

Ocurrido el evento sísmico la estructura deberá ser evaluada por un ingeniero civil, quien deberá determinar si la edificación se encuentra en buen estado o requiere de reforzamiento, reparación o demolición. El estudio deberá necesariamente considerar las características geotécnicas del sitio.

**8.2 Reparación y reforzamiento**

La reparación o reforzamiento deberá dotar a la estructura de una combinación adecuada de rigidez, resistencia y ductilidad que garantice su buen comportamiento en eventos futuros.

El proyecto de reparación o reforzamiento incluirá los detalles, procedimientos y sistemas constructivos a seguirse.

Para la reparación y el reforzamiento sísmico de edificaciones se seguirán los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Solo en casos excepcionales se podrá emplear otros criterios y procedimientos diferentes a los indicados en el RNE, con la debida justificación técnica y con aprobación del propietario y de la autoridad competente.

Las edificaciones esenciales se podrán intervenir empleando los criterios de reforzamiento sísmico progresivo y en la medida que sea aplicable, usando los criterios establecidos en el documento "Engineering Guideline for Incremental Seismic Rehabilitation", FEMA P-420, Risk Management Series, USA, 2009.

**CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN**

**9.1 Estaciones Acelerométricas**

Las edificaciones que individualmente o en forma conjunta, tengan un área techada igual o mayor que 10 000 m<sup>2</sup>, deberán contar con una estación acelerométrica, instalada a nivel del terreno natural o en la base del edificio. Dicha estación acelerométrica deberá ser provista por el propietario, siendo las especificaciones técnicas, sistemas de conexión y transmisión de datos debidamente aprobados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

En edificaciones con más de 20 pisos o en aquellas con dispositivos de disipación sísmica o de aislamiento en la base, de cualquier altura, se requerirá además de una estación acelerométrica en la base, otra adicional, en la azotea o en el nivel inferior al techo.

**9.2 Requisitos para su Ubicación**

La estación acelerométrica deberá instalarse en un área adecuada, con acceso fácil para su mantenimiento y apropiada iluminación, ventilación, suministro de energía eléctrica estabilizada. El área deberá estar alejada de fuentes generadoras de cualquier tipo de ruido antrópico. El plan de instrumentación será preparado por los proyectistas de cada especialidad, debiendo indicarse claramente en los planos de arquitectura, estructuras e instalaciones del edificio.

**9.3 Mantenimiento**

El mantenimiento operativo de las partes, de los componentes, del material fungible, así como el servicio de los instrumentos, deberán ser provistos por los propietarios del edificio y/o departamentos, bajo control de la municipalidad y debe ser supervisado por el Instituto Geofísico del Perú. La responsabilidad del propietario se mantendrá por 10 años.

**9.4 Disponibilidad de Datos**

La información registrada por los instrumentos será integrada al Centro Nacional de Datos Geofísicos y se encontrará a disposición del público en general.

**ANEXO N° 01  
ZONIFICACIÓN SÍSMICA**

Las zonas sísmicas en las que se divide el territorio peruano, para fines de esta Norma se muestran en la Figura 1.

A continuación se especifican las provincias y distritos de cada zona.

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO				
LORETO	MARISCAL RAMÓN CASTILLA	RAMÓN CASTILLA	1	TODOS LOS DISTRITOS				
		PEBAS						
		SAN PABLO						
		YAVARI						
	MAYNAS	MAYNAS	ALTO NANAY	1	TODOS LOS DISTRITOS			
			BELÉN					
			FERNANDO LORES					
			INDIANA					
			IQUITOS					
			LAS AMAZONAS					
			MAZÁN					
			NAPO					
			PUNCHANA					
			PUTUMAYO					
			SAN JUAN BAUTISTA					
			TNTE. MANUEL CLAVERO					
TORRES CAUSANA								
LORETO	REQUENA	SAQUENA	1	UN DISTRITO				
		REQUENA	2	DIEZ DISTRITOS				
		CAPELO						
		SOPLIN						
		TAPICHE						
		JENARO HERRERA						
		YAQUERANA						
		ALTO TAPICHE						
		EMILIO SAN MARTÍN						
		MAQUÍA						
		PUINAHUA						
		LORETO			LORETO	NAUTA	2	TODOS LOS DISTRITOS
						PARINARI		
						TIGRE		
TROMPETEROS								
ALTO AMAZONAS	ALTO AMAZONAS	LAGUNAS	2	UN DISTRITO				
		YURIMAGUAS	3	CINCO DISTRITOS				
		BALSAPUERTO						
		JEBEROS						
		SANTA CRUZ						
TNTE. CÉSAR LÓPEZ ROJAS								

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LORETO	UCAVALI	CONTAMANA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		INAHUAYA		
		PADRE MÁRQUEZ		
		PAMPA HERMOSA		
		SARAYACU		

DATEM DEL MARAÑÓN	ALFREDO VARGAS GUERRA	2	CUATRO DISTRITOS
	YANAYACU		
	MANSERICHE		
	MORONA		
	PASTAZA	3	DOS
	ANDOAS		
	BARRANCA		
	CAHUAPANAS		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
UCAVALI	PURÚS	PURÚS	1	ÚNICO DISTRITO
	ATALAYA	RAIMONDI	2	TODOS LOS DISTRITOS
		SEPAHUA		
		TAHUANIA		
	PADRE ABAD	YURÚA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CURIMANÁ		
		IRAZOLA		
	CORONEL PORTILLO	PADRE ABAD	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CALLERÍA		
		CAMPOVERDE		
		IPARÍA		
		MANANTAY		
		MASISEA		
NUEVA REQUENA				
YARINACOCHA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
MADRE DE DIOS	TAMBOPATA	INAMBARI	1	TODOS LOS DISTRITOS
		LABERINTO		
		LAS PIEDRAS		
		TAMBOPATA		
	TAHUAMANU	IBERIA	1	TODOS LOS DISTRITOS
		INÁPARI		
		TAHUAMANU		
	MANU	FITZCARRALD	2	TODOS LOS DISTRITOS
		HUEPETUHE		
		MADRE DE DIOS		
		MANU		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
PUNO	SANDIA	ALTO INAMBARI	1	TRES DISTRITOS
		SAN JUAN DEL ORO		
		YANAHUAYA		
		CUYOCUYO	2	SIETE DISTRITOS
		LIMBANI		
		PATAMBUCO		
		PHARA		
		QUIACA		
		SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO		
	SANDIA			
	SAN ANTONIO DE PUTINA	ANANEA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		QUILCAPUNCU		
		SINA		
		PEDRO VILCA APAZA		
		PUTINA		
	CARABAYA	AYAPATA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COASA		

HUANCANE	CRUCERO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	ITUATA		
	SAN GABÁN		
	USICAYOS		
	AJOYANI		
	CORANI		
	MACUSANI		
MOHO	OLLACHEA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	COJATA		
	HUANCANE		
	HUATASANI		
	INCHUPALLA		
	PUSI		
PUNO	ROSASPATA	2	TRES DISTRITOS
	TARACO		
	VILQUE CHICO		
	HUAYRAPATA		
	MOHO		
PUNO	CONIMA	3	DOCE DISTRITOS
	TILALI		
	COATA		
	CAPACHICA		
	AMANTANI		
	ACORA		
	ATUNCOLLA		
	CHUCUITO		
	HUATA		
	MAÑAZO		
	PAUCARCOLLA		
	PICHACANI		
	PLATERIA		
PUNO			
SAN ANTONIO			
TIQUILLACA			
VILQUE			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
PUNO	AZÁNGARO	AZÁNGARO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		ACHAYA		
		ARAPA		
		ASILLO		
		CAMINACA		
		CHUPA		
		JOSÉ DOMINGO CHOQUEHUANCA		
		MUÑANI		
		POTONI		
		SAMAN		
		SAN ANTON		
		SAN JOSÉ		
		SAN JUAN DE SALINAS		
		SANTIAGO DE PUPUJA		
	TIRAPATA			
	CHUCUITO	DESAGUADERO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		HUACULLANI		
		JULI		
		KELLUYO		
		PISACOMA		
	EL COLLAO	POMATA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ZEPITA		
		CAPAZO		
		CONDURIRI		
	EL COLLAO	ILAVE	3	TODOS LOS DISTRITOS
		PILCUYO		

PUNO	LAMPA	SANTA ROSA	2	TRES DISTRITOS
		CALAPUJA		
		NICASIO		
		PUCARÁ	3	SIETE DISTRITOS
		CABANILLA		
	LAMPA			
	OCUVIRI			
	PALCA			
	PARATIA			
	SANTA LUCÍA	2	TODOS LOS DISTRITOS	
	VILAVILA			
	ANTAUTA			
	AYAVIRI			
	CUPI			
	LLALLI			
	MACARI			
	NUÑO A	2	TODOS LOS DISTRITOS	
	ORURILLO			
	SANTA ROSA			
	UMACHIRI			
SAN ROMÁN	JULIACA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	CABANA			
	CABANILLAS			
	CARACOTO			
YUNGUYO	YUNGUYO	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	ANAPIA			
	COPANI			
	CUTURAPI			
	OLLARAYA			
	TINICACHI			
UNICACHI				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
AMAZONAS	CAHACHAPOYAS	ASUNCIÓN	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		BALSAS					
		CHACHAPOYAS					
		CHETO					
		CHILIQUIN					
		CHUQUIBAMBA					
		GRANADA					
		HUANCAS					
		LA JALCA					
		LEVANTO					
		LEYMEBAMBA					
		MAGDALENA					
		MARISCAL CASTILLA					
		MOLINOPAMPA					
		MONTEVIDEO					
		OLLEROS					
		QUINJALCA					
		SAN FRANCISCO DE DAGUAS					
		SAN ISIDRO DE MAINO					
		SOLOCO					
		SONCHE					
		BAGUA			ARAMANGO	2	TODOS LOS DISTRITOS
					BAGUA		
	COPALLIN						
	EL PARCO						
	BONGARÁ	IMAZA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		LA PECA					
		CHISQUILLA					
		CHURUJA					
		COROSHA					
	CUISPES						

CONDORCANQUI	FLORIDA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	JAZAN		
	JUMBILLA		
	RECTA		
	SAN CARLOS		
	SHIPASBAMBA		
	VALERA		
	YAMBRASBAMBA		
	EL CENEPA		
	NIEVA		
RÍO SANTIAGO			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AMAZONAS	LUYA	CAMPORREDONDO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COBACAMBA		
		COLCAMAR		
		CONILA		
		INGUILPATA		
		LAMUD		
		LONGUITA		
		LONYA CHICO		
		LUYA		
		LUYA VIEJO		
		MARÍA		
		OCALLI		
		OCUMAL		
		PISUQUÍA		
		PROVIDENCIA		
		SAN CRISTÓBAL		
		SAN FRANCISCO DEL YESO		
		SAN JERÓNIMO		
		SAN JUAN DE LOPECANCHA		
		SANTA CATALINA		
	SANTO TOMÁS			
	TINGO			
	TRITA			
	UTCUBAMBA	BAGUA GRANDE	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CAJARURO		
		CUMBA		
		EL MILAGRO		
	RODRÍGUEZ DE MENDOZA	JAMALCA	2	ONCE DISTRITOS
		LONYA GRANDE		
		YAMON		
		CHIRIMOTO		
		COCHAMAL		
		HUAMBO		
LIMABAMBA				
LONGAR				
MARISCAL BENAVIDES				
MILPUC				
OMIA				
SAN NICOLÁS				
SANTA ROSA				
TOTORA				
VISTA ALEGRE	3	UN DISTRITO		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
BELLAVISTA		BELLAVISTA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		ALTO BIAVO		
		BAJO BIAVO		
		HUALLAGA		
		SAN PABLO		
SAN RAFAEL				

SAN MARTÍN	HUALLAGA	SAPOSOA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		EL ESLABÓN		
		PISCOYACU		
		SACANCHE		
		TINGO DE SAPOSOA		
		ALTO SAPOSOA		
	LAMAS	LAMAS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ALONSO DE ALVARADO		
		BARRANQUILLA		
		CAYNARACHI		
		CUÑUMBUQUI		
		PINTO RECODO		
		RUMISAPA		
		SAN ROQUE DE CUMBAZA		
		SHANAO		
		TABALOSOS		
	ZAPATEROS			
	MARISCAL CÁCERES	JUANJUÍ	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CAMPANILLA		
		HUICUNGO		
PACHIZA				
PAJARILLO				
JUANJUICILLO				
PICOTA	PICOTA	2	TODOS LOS DISTRITOS	
	BUENOS AIRES			
	CASPISAPA			
	PILLUANA			
	PUCACACA			
	SAN CRISTÓBAL			
	SAN HILARIÓN			
	SHAMBOYACU			
	TINGO DE PONAZA			
TRES UNIDOS				
MOYOBAMBA	MOYOBAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	CALZADA			
	HABANA			
	JEPELACIO			
	SORITOR			
	YANTALO			
RIOJA	RIOJA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	AWAJÚN			
	ELÍAS SOPLÍN VARGAS			
	NUEVA CAJAMARCA			
	PARDO MIGUEL			
	POSIC			
	SAN FERNANDO			
	YORONGOS			
	YURACYACU			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
SAN MARTÍN	SAN MARTÍN	CHIPURANA	2	CUATRO DISTRITOS
		EL PORVENIR		
		HUIMBAYOC		
		PAPAPLAYA		
		TARAPOTO		
		ALBERTO LEVEU	3	DIEZ DISTRITOS
		CACATACHI		
		CHAZUTA		
		JUAN GUERRA		
		LA BANDA DE SHILCAYO		
		MORALES		
		SAN ANTONIO		

TOCACHE	SAUCE	2	TODOS LOS DISTRITOS
	SHAPAJA		
	TOCACHE		
	NUEVO PROGRESO		
	PÓLVORA		
	SHUNTE		
EL DORADO	UCHIZA	3	TODOS LOS DISTRITOS
	SAN JOSÉ DE SISA		
	AGUA BLANCA		
	SAN MARTÍN		
	SANTA ROSA		
SHANTOJA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
HUÁNUCO	HUÁNUCO	HUÁNUCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		AMARILIS		
		CHINCHAO		
		CHURUMBAMBA		
		MARGOS		
		PILLCO MARCA		
		QUISQUI		
		SAN FRANCISCO DE CAYRÁN		
		SAN PEDRO DE CHAULÁN		
		SANTA MARÍA DEL VALLE		
		YARUMAYO		
		YACUS		
	HUACAYBAMBA	HUACAYBAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CANCHABAMBA		
		COCHABAMBA		
		PINRA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
HUÁNUCO	LEONCIO PRADO	RUPA-RUPA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		JOSÉ CRESPO Y CASTILLO					
		MARIANO DÁMASO BERAÚN					
		DANIEL ALOMIA ROBLES					
		FELIPE LUYANDO					
		HERMILIO VALDIZÁN					
		MARAÑÓN			HUACACHUCRO	2	TODOS LOS DISTRITOS
					CHOLÓN		
					SAN BUENAVENTURA		
		PUERTO INCA			PUERTO INCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CODO DEL POZUZO						
	HONORIA						
	TOURNAVISTA						
	YUYAPICHIS						
	YAROWILCA	CHAVINILLO	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CAHUAC					
		CHACABAMBA					
		CHUPAN					
		JACAS CHICO					
		OBAS					
PAMPAMARCA							
CHORAS							



PACHITEA	PANAO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CHAGLLA		
	MOLINO		
	UMARI		
AMBO	AMBO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CAYNA		
	COLPAS		
	CONCHAMARCA		
	HUÁCAR		
	SAN FRANCISCO		
	SAN RAFAEL		
	TOMAY KICHWA		

DANIEL A. CARRION	SIMÓN BOLIVAR	3	TODOS LOS DISTRITOS
	TINYAHUARCO		
	VICCO		
	YANAHUANCA		
	CHACAYAN		
	GOYLLARISQUIZGA		
	PAUCAR		
	SAN PEDRO DE PILLAO		
	SANTA ANA DE TUSI		
	TAPUC		
VILCABAMBA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
HUÁNUCO	HUAMALIES	ARANCAY	2	OCHO DISTRITOS
		CHAVIN DE PARIARCA		
		JACAS GRANDE		
		JIRCAN		
		MONZÓN		
		PUNCHAO		
		SINGA		
		TANTAMAYO		
		LLATA		
		MIRAFLORES		
	DOS DE MAYO	CHUQUIS	2	TRES DISTRITOS
		MARIAS		
		QUIVILLA		
		LA UNIÓN		
		PACHAS		
		RIPÁN		
		SHUNQUI		
		SILLAPATA		
	LAURICOCHA	YANAS	3	SEIS DISTRITOS
		BAÑOS		
		JESÚS		
		JIVIA		
		QUEROPALCA		
		RONDOS		
		SAN FRANCISCO DE ASÍS		
		SAN MIGUEL DE CAURI		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
JUNIN	CHANCHAMAYO	CHANCHAMAYO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		PERENÉ		
		PICHANAQUI		
		SAN LUIS DE SHUARO		
		SAN RAMON		
		VITOC		
		SATIOPO		
	LLAYLLA			
	MAZAMARI			
	PAMPA HERMOSA			
	PANGOA			
	RÍO NEGRO			
	TARMA	RÍO TAMBO	2	SEIS DISTRITOS
		SATIOPO		
		ACOBAMBA		
		HUASAHUASI		
		PALCA		
		PALCAMAYO		
		SAN PEDRO DE CAJAS		
	TAPO			
TARMA	HUARICOLCA	3	TRES DISTRITOS	
	LA UNIÓN			
	TARMA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO			
PASCO	OXAPAMPA	OXAPAMPA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CHONTABAMBA					
		HUANCABAMBA					
		PALCAZU					
		POZUZO					
		PUERTO BERMÚDEZ					
		VILLA RICA					
		PASCO			HUACHÓN	2	OCHO DISTRITOS
	HUARIACA						
	NINACACA						
	PALLANCHACRA						
	PAUCARTAMBO						
	SAN FRANCISCO DE ASÍS DE YARUSYACÁN						
	TICLACAYÁN						
	YANACANCHA						
	CHAUPIMARCA (c. de Pasco)		CHAUPIMARCA (c. de Pasco)	3	CINCO DISTRITOS		
			HUAYLLAY				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
JUNIN	CONCEPCIÓN	ANDAMARCA	2	CUATRO DISTRITOS
		COCHAS		
		COMAS		
		MARISCAL CASTILLA		
		ACO		
		CHAMBARA		
		CONCEPCIÓN		
		HEROÍNAS DE TOLEDO		
		MANZANARES		
		MATAHUASI		
		MITO		
		NUEVE DE JULIO		
		ORCOTUNA		
	CHUPACA	SAN JOSÉ DE QUERO	3	ONCE DISTRITOS
		SANTA ROSA DE OCOPA		
		AHUAC		
		CHONGOS BAJO		
		CHUPACA		
		HUACHAC		
		HUAMANCACA CHICO		

JUNÍN	HUANCAYO	SAN JUAN DE JARPA	2	DOS DISTRITOS
		SAN JUAN DE YSCOS		
		TRES DE DICIEMBRE		
		YANACANCHA		
		PARIAHUANCA		
	SANTO DOMINGO DE ACOBAMBA	3	VEINTISEIS DISTRITOS	
	CARHUACALLANGA			
	CHACAPAMPA			
	CHICCHE			
	CHILCA			
	CHONGOS ALTO			
	CHUPURO			
	COLCA			
	CULLHUAS			
	EL TAMBO			
	HUACRAPUQUIO			
	HUALHUAS			
	HUANCAN			
	HUANCAYO			
	HUASICANCHA			
	HUAYUCACHI			
	INGENIO			
	PILCOMAYO			
	PUCARA			
	QUICHUAY			
	QUILCAS			
	SAN AGUSTÍN			
	SAN JERÓNIMO DE TUNÁN			
	SAÑO			
	SAPALLANGA			
	SICAYA			
	VIQUES			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
JUNÍN	JAUJA	APATA	2	CUATRO DISTRITOS
		MOLINOS		
		MONOBAMBA		
		RICRAN		
		ACOLLA		
		ATAURA		
		CANCHAYLLO		
		CURICACA		
		EL MANTARO		
		HUAMALI		
		HUARIPAMPA		
		HUERTAS		
		JANJAILLO		
		JAUJA		
		JULCAN		
		LEONOR ORDÓÑEZ	3	TREINTA DISTRITOS
		LLOCLLAPAMPA		
		MARCO		
		MASMA		
		MASMA CHICCHE		
		MUQUI		
		MUQUIYAYUYO		
		PACA		
		PACCHA		
		PANCÁN		
		PARCO		
	POMACANCHA			
	SAN LORENZO			

JUNÍN	HUANCAYO	SAN PEDRO DE CHUNAN	2	DOS DISTRITOS
		SAUSA		
		SINCOS		
		TUNANMARCA		
		YAUJI		
	YAUYOS			
	YAUJI	CARHUAMAYO	2	DOS DISTRITOS
		ULCUMAYO		
		JUNIN	3	DOS DISTRITOS
		ONDORES		
CHACAPALPA				
YAUJI	HUAY-HUAY	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	LA OROYA			
	MARCAPOMACOCHA			
	MOROCOCHA			
	PACCHA			
	SANTA BÁRBARA DE CARHUACAYÁN			
	SANTA ROSA DE SACCO			
	SUITUCANCHA			
	YAUJI			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
CUSCO	CALCA	CALCA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		COYA					
		LAMAY					
		LARES					
		PISAC					
		SAN SALVADOR					
		TARAY					
		YANATILE					
		URUBAMBA			CHINCHERO	2	TODOS LOS DISTRITOS
					HUAYLLABAMBA		
	MACHU PICCHU						
	MARAS						
	OLLANTAYTAMBO						
	URUBAMBA						
	PAUCARTAMBO	YUCAY	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CAICAY					
		CHALLABAMBA					
		COLQUEPATA					
		HUANCARANI					
	ANTA	KOSÑIPATA	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		PAUCARTAMBO					
		ANCAHUASI					
		ANTA					
		CACHIMAYO					
		CHINCHAYPUJIO					
		HUAROCONDO					
		LIMATAMBO					
		MOLLEPATA					
		PUCYURA					
		ZURITE					
	QUISPICANCHIS	ANDAHUAYLILLAS	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CAMANTI					
		CCARHUAYO					
		CCATCA					
		CUSIPATA					
		HUARO					
		LUCRE					
		MARCAPATA					
		OCONGATE					
		OROPESA					
		QUIQUIJANA					
	URCOS						

PARURO	ACCHA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CCAPI		
	COLCHA		
	HUANOQUITE		
	OMACHA		
	PACCARITAMBO		
	PILLPINTO		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
CUSCO	CANCHIS	ALTO PICHIGUA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COMBAPATA		
		MARANGANI		
		PITUMARCA		
		SAN PABLO		
		SAN PEDRO		
		SUYCKUTAMBO		
		TINTA		
	CANAS	CHECCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		KUNTURKANKI		
		LANGUI		
		LAYO		
		PAMPAMARCA		
		QUEHUE		
		TÚPAC AMARU		
	YANAOCA			
	ACOMAYO	ACOMAYO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		ACOPIA		
		ACOS		
		MOSOC LLACTA		
		POMACANCHI		
		RONDOCAN		
		SANGARARÁ		
	CUSCO	CCORCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CUSCO		
		POROY		
		SAN JERÓNIMO		
SAN SEBASTIÁN				
SANTIAGO				
SAYLLA				
WANCHAQ				
LA CONVENCION	ECHERATE	2	TODOS LOS DISTRITOS	
	HUAYOPATA			
	MARANURA			
	OCOBAMBA			
	PICHARI			
	QUELLOUNO			
	QUIMBIRI			
	SANTA ANA			
	SANTA TERESA			
VILCABAMBA				
CHUMBIVILCAS	CAPACMARCA	2	CUATRO DISTRITOS	
	CHAMACA			
	COLOQUEMARCA			
	LIVITACA	3	CUATRO DISTRITOS	
	LLUSCO			
	QUIÑOTA			
ESPINAR	SANTO TOMÁS	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	VELILLE			
	CONDOROMA			
	COPORAQUE			
	ESPINAR			
	OCORURO			
	PALLPATA			
PICHIGUA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO			
HUANCAVELICA	CHURCAMP	ANCO	2	TODOS LOS DISTRITOS			
		CHINCHUASI					
		CHURCAMP					
		COSME					
		EL CARMEN					
		LA MERCED					
		LOCROJA					
		PACHAMARCA					
		PAUCARBAMBA					
		SAN MIGUEL DE MAYOC					
		SAN PEDRO DE CORIS					
		ACOBAMBA			ACOBAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
					ANDABAMBA		
					ANTA		
	CAJA						
	MARCAS						
	PAUCARÁ						
	TAYACAJA	POMACOCOCHA	2	DIEZ DISTRITOS			
		ROSARIO					
		COLCABAMBA					
		DANIEL HERNANDEZ					
		HUACHOCOLPA					
		HUARIBAMBA					
		QUISHUAR					
		SALCABAMBA					
		SAN MARCOS DE ROCCHAC					
		SARCAHUASI					
		SURCUBAMBA					
		TINTAY PUNCU					
	ANGARAES	ACOSTAMBO	3	SIETE DISTRITOS			
		ACRAQUIA					
		AHUAYCHA					
		HUANDO					
		ÑAHUIMPUQUIO					
		PAMPAS					
		PAZOS					
		CHINCHO			2	UN DISTRITO	
		ANCHONGA			3	ONCE DISTRITOS	
		CALLANMARCA					
	CCOCHACCASA						
	CONGALLA						
	HUANCA HUANCA						
HUAYLLAY GRANDE							
JULCAMARCA							
LIRCAY							
SAN ANTONIO DE ANTAPARCO							
SECCLLA							
STO TOMÁS DE PATA							

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
HUANCAVELICA		ACOBAMBILLA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ACORIA		
		ASCENSIÓN		
		CONAYCA		
		CUENCA		
		HUACHOCOLPA		
		HUANCAVELICA		
		HUAYLLAHUARA		
IZCUCHACA				

HUANCAVELICA		LARIA	3	ONCE DISTRITOS			PACAYCASA	3	CINCO DISTRITOS	
		MANTA					QUINUA			
		MARISCAL CÁCERES					SAN JOSÉ DE TICLLAS			
		MOYA					SANTIAGO DE PISCHA			
		NUEVO OCCORO					TAMBILLO			
		PALCA					CARMEN ALTO			
		PILCHACA					CHIARA			
		VILCA					SAN JUAN BAUTISTA			
		YAULI					SOCOS			
		ARMA					VINCHOS			
	CASTROVIRREYNA	AURAHUA	3	ONCE DISTRITOS				CONCEPCIÓN	3	SIETE DISTRITOS
		CASTROVIRREYNA						ACOMARCA		
		CHUPAMARCA						CARHUANCA		
		COCAS						HUAMBALPA		
		HUACHOS						INDEPENDENCIA		
		HUAMATAMBO						SAURAMA		
		MOLLEPAMPA						VILCASHUAMÁN		
		SANTA ANA						VISCHONGO		
		TANTARÁ								
		TICRAPO								
	HUAYTARÁ	CAPILLAS	4	DOS DISTRITOS				CARAPO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		SAN JUAN						SÁCSAMARCA		
		SAN ANTONIO DE CUSCANCHA						SANCOS		
		PILPICHACA						SANTIAGO DE LUCANAMARCA		
	HUAYTARÁ	QUERCO	4	TRECE DISTRITOS				CANGALLO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		AYAVÍ						CHUSCHI		
		CÓRDOVA						LOS MOROCHUCOS		
		HUAYACUNDO						MARÍA PARADO DE BELLIDO		
		ARMA						PARAS		
		HUAYTARÁ						TOTOS		
		LARAMARCA								
		OCOYO								
		QUITO ARMA								
SAN FRANCISCO DE SANGAYAICO										
SAN ISIDRO										
SANTIAGO DE CHOCORVOS										
SANTIAGO DE QUIRAHUARA										
SANTO DOMINGO DE CAPILLAS										
TAMBO										

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AYACUCHO	HUANTA	AYAHUANCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		HIGUAIN		
		HUAMANGUILLA		
		HUANTA		
		LLOCHEGUA		
		LURICOCHA		
		SANTILLANA		
	SIVIA			
	LA MAR	ANCO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		AYNA		
		CHILCAS		
		CHUNGUI		
		LUIS CARRANZA		
		SAN MIGUEL		
	HUAMANGA	SANTA ROSA	2	DIEZ DISTRITOS
		TAMBO		
		ACOCRO		
		ACOSVINCHOS		
		AYACUCHO		
JESÚS NAZARENO				
OCROS				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
AYACUCHO	PÁUCAR DEL SARA SARA	COLTA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CORCULLA		
		LAMPA		
		MARCABAMBA		
		OYOLO		
		PARARCA		
		PAUSA		
		SAN JAVIER DE ALPABAMBA		
		SAN JOSÉ DE USHUA		
	SARA SARA			
	SUCRE	BELÉN	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHALCOS		
		CHILCAYOC		
		HUACAÑA		
		MORCOLLA		
		PAICO		
		QUEROBAMBA		
		SAN PEDRO DE LARCAY		
		SAN SALVADOR DE QUIJE		
		SANTIAGO DE PAUCARAY		
	SORAS			
	VÍCTOR FAJARDO	ALCAMENCA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		APONGO		
		ASQUIPATA		
		CANARIA		
		CAYARA		
		COLCA		
HUAMANQUIQUIA				

PARINACOCNAS	HUANCAPI	3	SEIS DISTRITOS		
	HUANCARAYLLA				
	HUAYA				
	SARHUA				
	VILCANCHOS				
	CHUMPI				
	CORACORA				
	CORONEL CASTAÑEDA				
	PACAPAUZA				
	SAN FRANCISCO DE RAVACAYCU				
	UPAHUACHO				
	PULLO				
	PUYUSCA			4	DOS DISTRITOS

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
AYACUCHO	LUCANAS	AUCARA	3	DIEZ DISTRITOS
		CABANA		
		CARMEN SALCEDO		
		CHAVIÑA		
		CHIPAO		
		LUCANAS		
		PUQUIO		
		SAN JUAN		
		SAN PEDRO DE PALCO		
		SANTA ANA DE HUAYCAHUACHO		
		HUAC HUAS	4	ONCE DISTRITOS
		LARAMATE		
		LEONCIO PRADO		
		LLAUTA		
		OCAÑA		
		OTOCA		
		SAISA		
		SAN CRISTOBAL		
		SAN PEDRO		
		SANCOS		
SANTA LUCÍA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
APURÍMAC	COTABAMBAS	CALLHUAHUACHO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		COTABAMBAS		
		COYLLURQUI		
		HAQUIRA		
		MARA		
		TAMBOBAMBA		
		CHUQUIBAMBILLA		
	CURASCO			
	CURPAHUASI			
	GAMARRA			
	HUAYLLATI			
	MAMARA			
	MICAELA BASTIDAS			
	PATAYPAMPA			
	PROGRESO			
	SAN ANTONIO			
	SANTA ROSA			
	TURPAY			
	VILCABAMBA			
	VIRUNDO			
	ABANCAY	ABANCAY	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHACOCHÉ		
		CIRCA		
		CURAHUASI		

HUANIPACA
LAMBRAMA
PICHIRHUA
SAN PEDRO DE CACHORA
TAMBURCO

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
APURÍMAC	CHINCHEROS	ANCO-HUALLO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHINCHEROS		
		COCHARCAS		
		HUACCANA		
		OCOBAMBA		
		ONGOY		
		RANRACANCHA		
		URANMARCA		
	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS	2	TRECE DISTRITOS
		ANDARAPA		
		HUANCARAMA		
		HUANCARAY		
		KAQUIABAMBA		
		KISHUARA		
		PACOBAMBA		
		PACUCHA		
		SAN ANTONIO DE CACHI		
SAN JERONIMO				
SANTA MARIA DE CHICMO	3	SEIS DISTRITOS		
TALAVERA				
TURPO				
CHIARA				
HUAYANA				
PAMPACHIRI				
POMACOCCHA	2	CINCO DISTRITOS		
SAN MIGUEL DE CHACCRAMPA				
TUMAY HUARACA				
CHAPIMARCA				
AYMARAES	COLCABAMBA	2	CINCO DISTRITOS	
	LUCRE			
	SAN JUAN DE CHACÑA			
	TINTAY			
	CAPAYA	3	DOCE DISTRITOS	
	CARAYBAMBA			
	CHALHUANCA			
	COTARUSE			
	HUAYLLO			
	JUSTO APU SAHUARAURA			
	POCOHUANCA			
	SAÑAYCA			
	SORAYA			
	TAPAIRIHUA			
TORAYA				
YANACA				
ANTABAMBA	ANTABAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	EL ORO			
	HIAQUIRCA			
	JUAN ESPINOZA MEDRANO			
	OROPESA			
	PACHACONAS			
SABAINO				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
TUMBES	CONTRALMIRANTE VILLAR	CASITAS	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ZORRITOS		
	TUMBES	CORRALES	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LA CRUZ		
		PAMPAS DE HOSPITAL		
		SAN JACINTO		
		SAN JUAN DE LA VIRGEN		
		TUMBES		
	ZARUMILLA	AGUAS VERDES	4	TODOS LOS DISTRITOS
		MATAPALO		
		PAPAYAL		
		ZARUMILLA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO	
PIURA	HUANCABAMBA	CANCHAQUE	3	TODOS LOS DISTRITOS	
		EL CARMEN DE LA FRONTERA			
		HUANCABAMBA			
		HUARMACA			
		LALAQUIZ			
		SAN MIGUEL DE EL FAIQUE			
		SONDOR			
		SONDORILLO			
	AYABACA	AYABACA	3	SEIS DISTRITOS	
		JILILI			
		LAGUNAS			
		MONTERO			
		PACAIPAMPA			
		SICCHEZ			
		FRIAS			
		SUYO			
	MORROPÓN	PAIMAS	4	CUATRO DISTRITOS	
		SAPILICA			
		SANTO DOMINGO			
		TAMBO GRANDE			
	PIURA	BUENOS AIRES	3	SEIS DISTRITOS	
		CHALACO			
		SALITRAL			
		SAN JUAN DE BIGOTE			
		SANTA CATALINA DE MOSSA			
		YAMANGO			
		CHULUCANAS			
		LA MATANZA			
		4	MORROPÓN	4	CUATRO DISTRITOS
			CASTILLA		
			CATACAOS		
			CURA MORI		
			EL TALLÁN		
			LA ARENA		
			LA UNIÓN		
			LAS LOMAS		
PIURA					
TAMBO GRANDE					

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
	PAITA	AMOTAPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ARENAL		
		COLÁN		
		LA HUACA		
		PAITA		
		TAMARINDO		

PIURA	SECHURA	VICHAYAL	4	TODOS LOS DISTRITOS
		BELLAVISTA LA UNION		
		BERNAL		
		CRISTO NOS VALGA		
		RINCONADA LLICUAR		
		SECHURA		
	SULLANA	BELLAVISTA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		IGNACIO ESCUDERO		
		LANCONES		
		MARCAVELICA		
		MIGUEL CHECA		
		QUERECOTILLO		
	TALARA	EL ALTO	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LA BREA		
		LOBITOS		
		LOS ÓRGANOS		
		MÁNCORA		
		PARIÑAS		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
LAMBAYEQUE	FERREÑAFE	CAÑARIS	3	DOS DISTRITOS
		INCAHUASI	4	CUATRO DISTRITOS
		FERREÑAFE		
		MANUEL A. MESONES MURO		
		PITTIPO		
		PUEBLO NUEVO		
	LAMBAYEQUE	SALAS	3	UN DISTRITO
		CHOCHEPE	4	SIETE DISTRITOS
		ILLIMO		
		JAYANCA		
		LAMBAYEQUE		
		MOCHUMI		
		MÓRROPE		
		MOTUPE		
		OLMOS		
		PACORA		
	SAN JOSÉ			
	TÚCUME			
	CHICLAYO	CAYALTÍ	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CHICLAYO		
		CHONGOYAPE		
		ETEN		
		ETEN PUERTO		
		JOSÉ LEONARDO ORTIZ		
		LA VICTORIA		
		LAGUNAS		
MONSEFÚ				
NUEVAARICA				
OYOTUN				
PATAPO				
PICSI				
PIMENTEL				
POMALCA				
PUCALÁ				
REQUE				
SANTA ROSA				
SAÑA				
TUMÁN				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO	
CAJAMARCA	HUALGAYOC	BAMBAMARCA	2	TODOS LOS DISTRITOS	
		CHUGUR			
		HUALGAYOC			
	SAN IGNACIO	CHIRINOS	2	CINCO DISTRITOS	
		HUARANGO			
		LA COIPA			
		NAMBALLE			
		SAN IGNACIO	2	DOS DISTRITOS	
		SAN JOSE DE LOURDES			
		TABACONAS			
	CELENDÍN	CELENDÍN	2	TODOS LOS DISTRITOS	
		CHUMUCH			
		CORTEGANA			
		HUASMIN			
		JORGE CHÁVEZ			
		JOSÉ GÁLVEZ			
		LA LIBERTAD DE PALLAN			
		MIGUEL IGLESIAS			
		OXAMARCA			
		SOROCHUCO			
		SUCRE			
		UTCO			
	CUTERVO	CALLAYUC	2	CATORCE DISTRITOS	
		CHOROS			
		CUJILLO			
		CUTERVO			
		LA RAMADA			
		PIMPINGOS			
		SAN ANDRÉS DE CUTERVO			
		SAN JUAN DE CUTERVO			
		SAN LUIS DE LUCMA			
		SANTA CRUZ			
		SANTO DOMINGO DE LA CAPILLA			
SANTO TOMÁS					
SOCOTA					
TORBIO					
CASANOVA					
QUEROCOTILLO		3			UN DISTRITO
JAÉN		BELLAVISTA			2
	CHONTALI				
	COLASAY				
	HUABAL				
	JAÉN				
	LAS PIRIAS				
	SAN JOSÉ DEL ALTO	3	CUATRO DISTRITOS		
	SANTA ROSA				
	POMAHUACA				
	PUCARÁ				
	SALLIQUE				
SAN FELIPE					

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
	SAN MARCOS	GREGORIO PITA	2	CUATRO DISTRITOS
		ICHOCÁN		
		JOSÉ MANUEL QUIROZ		
		JOSÉ SABOGAL		

CAJAMARCA	CHOTA	CHANCA Y	3	TRES DISTRITOS
		EDUARDO VILLANUEVA		
		PEDRO GÁLVEZ		
	CHOTA	ANGUIA	2	DOCE DISTRITOS
		CHADIN		
		CHALAMARCA		
		CHIGUIRIP		
		CHIMBAN		
		CHOROPAMPA		
		CHOTA		
		CONCHAN		
		LAJAS		
		PACCHA		
		PIÓN		
		TACABAMBA		
	COCHABAMBA	3	SIETE DISTRITOS	
	HUAMBOS			
	LLAMA			
	MIRACOSTA			
	QUEROCOTO			
	SAN JUAN DE LICUPIS			
	TOCMOCHE			
	CAJABAMBA	SITACOCHA	2	UN DISTRITO
		CACHACHI	3	TRES DISTRITOS
		CAJABAMBA		
		CONDEBAMBA		
	CAJAMARCA	ENCAÑADA	2	UN DISTRITO
		ASUNCIÓN	3	ONCE DISTRITOS
		CAJAMARCA		
		CHETILLA		
		COSPÁN		
		JESÚS		
		LLACANORA		
LOS BAÑOS DEL INCA				
MAGDALENA				
MATARA				
NAMORA				
SAN JUAN				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
CAJAMARCA	CONTUMAZÁ	CHILETE	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CONTUMAZÁ		
		CUPISNIQUE		
		GUZMANGO		
		SAN BENITO		
		SANTA CRUZ DE TOLEDO		
		TANTARICA		
	YONÁN			
	SAN MIGUEL	BOLÍVAR	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CALQUIS		
		CATILLUC		
		EL PRADO		
		LA FLORIDA		
		LLAPA		
		NANCHOC		
		NIEPOS		
		SAN GREGORIO		
		SAN MIGUEL		
		SAN SILVESTRE DE COCHAN		
		TONGOD		
		UNIÓN AGUA BLANCA		

SAN PABLO	SAN BERNARDINO	2	TODOS LOS DISTRITOS
	SAN LUIS		
	SAN PABLO		
	TUMBADEN		
SANTA CRUZ	ANDABAMBA	2	TODOS LOS DISTRITOS
	CATACHE		
	CHANCAYBAÑOS		
	LA ESPERANZA		
	NINABAMBA		
	PULÁN		
	SANTA CRUZ		
	SAUCEPAMPA		
	SEXI		
	UTICYACU		
	YAYUCAN		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LA LIBERTAD	BOLÍVAR	BAMBAMARCA	2	TODOS LOS DISTRITOS
		BOLÍVAR		
		CONDORMARCA		
		LONGOTEA		
		UCHUMARCA		
		UCUNCHA		
	PATAZ	BULDIBUYO	2	TODOS LOS DISTRITOS
		CHILLIA		
		HUANCASPATA		
		HUAYLILLAS		
		HUAYO		
		ONGÓN		
		PARCOY		
		PATAZ		
		PIAS		
		SANTIAGO DE CHALLAS		
		TAURJA		
		TAYABAMBA		
	URPAY			
	SANCHEZ CARRIÓN	COCHORCO	2	DOS DISTRITOS
		SARTIMBAMBA	3	SEIS DISTRITOS
		CHUGAY		
		CURGOS		
		HUAMACHUCO		
		MARCABAL		
		SANAGORAN		
	SARÍN			
	SANTIAGO DE CHUCO	ANGASMARCA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CACHICADÁN		
		MOLLEBAMBA		
		MOLLEPATA		
		QUIRUVILCA		
		SANTA CRUZ DE CHUCA		
SANTIAGO DE CHUCO				
SITABAMBA				
GRAN CHIMÚ	CASCAS	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	LUCMA			
	MARMOT			
	SAYAPULLO			
JULCÁN	CALAMARCA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	CARABAMBA			
	HUASO			
	JULCÁN			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LA LIBERTAD	OTUZCO	AGALLPAMPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CHARAT		
		HUARANCHAL		
		LA CUESTA		
		MACHE		
		OTUZCO		
		PARANDAY		
		SALPO		
		SINSICAP		
		USQUIL		
		CHEPÉN		
	PACANGA			
	PUEBLO NUEVO			
	ASCOPE	ASCOPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CASA GRANDE		
		CHICAMA		
		CHOCOPE		
		MAGDALENA DE CAO		
		PAIJÁN		
		RAZURI		
	SANTIAGO DE CAO			
	PACASMAYO	GUADALUPE	4	TODOS LOS DISTRITOS
		JEQUETEPEQUE		
		PACASMAYO		
		SAN JOSÉ		
	TRUJILLO	SAN PEDRO DE LLOC	4	TODOS LOS DISTRITOS
		EL PORVENIR		
		FLORENCIA DE MORA		
		HUANCHACO		
		LA ESPERANZA		
		LAREDO		
		MOCHE		
		POROTO		
SALAVERRY				
SIMBAL				
TRUJILLO				
VÍCTOR LARCO HERRERA				
VIRÚ	CHAO	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	GUADALUPITO			
	VIRÚ			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
ÁNCASH	ANTONIO RAYMONDI	CHACCHO	2	TRES DISTRITOS
		CHINGA		
		LLAMELLIN		
		ACZO	3	TRES DISTRITOS
		MIRGAS		
		SAN JUAN DE RONTROY		
	HUARI	ANRA	2	SEIS DISTRITOS
		HUACACHI		
		HUACCHIS		
		PAUCAS		
		RAPAYÁN		
		UCO		
		CAJAY	3	
	CHAVÍN DE HUANTAR			
	HUACHIS			
	HUANTAR			



	ASUNCIÓN	HUARI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		MASIN		
		PONTO		
		RAHUAPAMPA		
		SAN MARCOS		
		SAN PEDRO DE CHANA		
	CARHUAZ	ACOPAMPA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		AMASHCA		
		ANTA		
		ATAQUERO		
		CARHUAZ		
		MARCARÁ		
		PARIAHUANCA		
		SAN MIGUEL DE ACO		
		SHILLA		
		TINCO		
	YUNGAR			
	CARLOS F. FITZCARRALD	SAN LUIS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		SAN NICOLÁS		
		YAUYA		
CORONGO	ACO	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	BAMBAS			
	CORONGO			
	CUSCA			
	LA PAMPA			
	YANAC			
	YUPÁN			
MARISCAL LUZURIAGA	CASCA	3	TODOS LOS DISTRITOS	
	ELEAZAR GUZMÁN BARRÓN			
	FIDEL OLIVAS ESCUDERO			
	LLAMA			
	LLUMPA			
	LUCMA			
	MUSGA			
	PISCOBAMBA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
ÁNCASH	PALLASCA	BOLOGNESI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CABANA		
		CONCHUCOS		
		HUACASCHUQUE		
		HUANDOVAL		
		LACABAMBA		
		LLAPO		
		PALLASCA		
		PAMPAS		
		SANTA ROSA		
	TAUCA			
	POMABAMBA	HUAYLLÁN	3	TODOS LOS DISTRITOS
		PAROBAMBA		
		POMABAMBA		
		QUINUABAMBA		
	SIHUAS	ACOBAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ALFONSO UGARTE		
		CASHAPAMPA		
		CHINGALPO		
		HUAYLLABAMBA		
		QUICHES		
		RAGASH		
		SAN JUAN		
	SICSIBAMBA			

ÁNCASH	HUAYLAS	SIHUAS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CARAZ		
		HUALLANCA		
		HUATA		
		HUAYLAS		
		MATO		
		PAMPAROMAS		
		PUEBLO LIBRE		
		SANTA CRUZ		
		SANTO TORIBIO		
	YURACMARCA			
	YUNGAY	CASCAPARA	3	TODOS LOS DISTRITOS
		MANCOS		
		MATACOTO		
		QUILLO		
		RANRAHIRCA		
		SHUPLUY		
		YANAMA		
	YUNGAY			
	HUARAZ	COCHABAMBA	3	TODOS LOS DISTRITOS
COLCABAMBA				
HUANCHAY				
HUARAZ				
INDEPENDENCIA				
JANGAS				
LA LIBERTAD				
OLLEROS				
PAMPAS				
PARIACOTO				
PIRA				
TARICA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
ÁNCASH	BOLOGNESI	ABELARDO PARDO	3	TODOS LOS DISTRITOS
		LEZAMETA		
		ANTONIO RAYMONDI		
		AQUIA		
		CAJACAY		
		CANIS		
		CHIQUIAN		
		COLQUIOC		
		HUALLANCA		
		HUASTA		
		HUAYLLACAYAN		
		LA PRIMAVERA		
		MANGAS		
		PACLLON		
	SAN MIGUEL DE CORPANQUI			
	TICLLOS			
	RECUAY	CATAC	3	TODOS LOS DISTRITOS
		COTAPARACO		
		HUAYLLAPAMPA		
		LLACLLIN		
		MARCA		
		PAMPAS CHICO		
		PARARIN		
	RECUAY			
	TAPACCOCHA			
	TICAPAMPA			
	AIJA	AIJA	3	DOS DISTRITOS
		CORIS		
		LA MERCED	4	TRES DISTRITOS
		HUACLLÁN		
	SUCCHA			
	OCROS	ACAS	3	CINCO DISTRITOS

ÁNCASH		CAJAMARQUILLA	4	CINCO DISTRITOS
		CARHUAPAMPA		
		CONGAS		
		LLIPA		
		OCROS		
		S. CRISTÓBAL DE RAJÁN		
		SANTIAGO DE CHILCAS		
		COCHAS		
		SAN PEDRO		
	HUARMEY	COCHAPETI	3	TRES DISTRITOS
		HUAYAN		
		MALVAS		
		CULEBRAS		
	SANTA	HUARMEY	4	DOS DISTRITOS
		CÁCERES DEL PERÚ	3	TRES DISTRITOS
		MACATE		
		MORO		
		CHIMBOTE	4	SEIS DISTRITOS
		COISHCO		
NEPEÑA				
NUEVO CHIMBOTE				
SAMANCO				
SANTA				
CASMA	BUENA VISTA ALTA	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	CASMA			
	COMANDANTE NOEL			
	YAUTÁN			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	CAJATAMBO	CAJATAMBO	3	CUATRO DISTRITOS
		COPA		
		GORGOR		
		HUACAPÓN		
	OYÓN	MANÁS	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ANDAJES		
		CAUJUL		
		COCHAMARCA		
		NAVÁN		
	YAUYOS	OYÓN	3	VEINTINUEVE DISTRITOS
		PACHANGARA		
		ALIS		
		AYAUCA		
		AYAVIRÍ		
		AZÁNGARO		
		CACRA		
		CARANIA		
		CATAHUASI		
		CHOCOS		
		COCHAS		
		COLONIA		
		HONGOS		
		HUAMPARA		
		HUANCAYA		
		HUANGÁSCAR		
		HUANTÁN		
		HUAÑEC		
LARAOS				
LINCHA				
MADEAN				
MIRAFLORES				
QUINCHES				
SAN JOAQUÍN				

		SAN LORENZO DE PUTINZA	4	TRES DISTRITOS
		SAN PEDRO DE PILAS TANTA		
		TOMAS		
		TUPE		
		VIÑAC		
		VITIS		
		YAUYOS		
		OMAS		
		QUINOCAY		
		TAURIPAMPA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
LIMA	HUAROCHIRÍ	CALLAHUANCA	3	VEINTICINCO DISTRITOS			
		CARAMPOMA					
		CHICLA					
		HUACHUPAMPA					
		HUANZA					
		HUAROCHIRÍ					
		LAHUAYTAMBO					
		LANGA					
		LARAOS					
		MATUCANA					
		SAN ANDRÉS DE TUPICOCHA					
		SAN BARTOLOMÉ					
		SAN DAMIÁN					
		S. JERÓNIMO DE SURCO					
		SAN JUAN DE IRIS					
		SAN JUAN DE TANTARANCHE					
		SAN LORENZO DE QUINTI					
		SAN MATEO					
		SAN MATEO DE OTAO					
		SAN PEDRO DE CASTA					
		SAN PEDRO DE HUANCAYRE					
		SANGALLAYA					
		SANTA CRUZ DE COCACHACRA					
		SANTIAGO DE ANCHUCAYA					
		SANTIAGO DE TUNA					
		ANTIOQUÍA			4	SIETE DISTRITOS	
		CUENCA					
		MARIATANA					
		RICARDO PALMA					
		SAN ANTONIO DE CHACLLA					
		SANTA EULALIA					
		SANTO DOMINGO DE OLLEROS					
		CANTA			CANTA	3	CUATRO DISTRITOS
					HUAROS		
					LACHAQUI		
SAN BUENAVENTURA							
ARAHUAY							
HUARAL	HUAMANTANGA	4	TRES DISTRITOS				
	SANTA ROSA DE QUIVES						
	ATAVILLOS ALTO	3	NUEVE DISTRITOS				
	ATAVILLOS BAJO						

		IHUARI		
		LAMPIAN		
		PACARAOS		
		SAN MIGUEL DE ACOS		
		SANTA CRUZ DE ANDAMARCA		
		SUMBILCA		
		VEINTISIETE DE NOVIEMBRE		
		AUCALLAMA	4	TRES DISTRITOS
		CHANCAY		
		HUARAL		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	HUAURA	CHECRAS	3	CUATRO DISTRITOS
		LEONCIO PRADO		
		PACCHO		
		SANTA LEONOR		
		ÁMBAR	4	OCHO DISTRITOS
		CALETA DE CARQUIN		
		HUACHO		
		HUALMAY		
	HUAURA			
	SANTA MARÍA			
	SAYÁN			
	VEGUETA			
	CAÑETE	ZUÑIGA	3	UN DISTRITO
		ASIA	4	QUINCE DISTRITOS
		CALANGO		
		CERRO AZUL		
		CHILCA		
		COAYLLO		
		IMPERIAL		
		LUNAHUANÁ		
		MALA		
NUEVO IMPERIAL				
PACARÁN				
QUILMANÁ				
SAN ANTONIO				
SAN LUIS				
SAN VICENTE DE CAÑETE				
SANTA CRUZ DE FLORES				
BARRANCA	BARRANCA	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	PARAMONGA			
	PATIVILCA			
	SUPE			
	SUPE PUERTO			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LIMA	LIMA	ANCÓN	4	TODOS LOS DISTRITOS
		ATE		
		BARRANCO		
		BREÑA		
		CARABAYLLO		
		CHACLACAYO		
		CHORRILLOS		
		CIENEGUILLA		
		COMAS		
		EL AGUSTINO		
		INDEPENDENCIA		
		JESUS MARÍA		
		LA MOLINA		
		LA VICTORIA		

LIMA	LIMA	LIMA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LINCE		
		LOS OLIVOS		
		LURIGANCHO-CHOSICA		
		LURIN		
		MAGDALENA DEL MAR		
		MIRAFLORES		
		PACHACAMAC		
		PUCUSANA		
		PUEBLO LIBRE		
		PUENTE PIEDRA		
		PUNTA HERMOSA		
		PUNTA NEGRA		
		RIMAC		
		SAN BARTOLO		
		SAN BORJA		
		SAN ISIDRO		
		SAN JUAN DE LURIGANCHO		
		SAN JUAN DE MIRAFLORES		
		SAN LUIS		
		SAN MARTIN DE PORRES		
SAN MIGUEL				
SANTA ANITA				
SANTA MARÍA DEL MAR				
SANTA ROSA				
SANTIAGO DE SURCO				
SURQUILLO				
VILLA EL SALVADOR				
VILLA MARIA DEL TRIUNFO				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
CALLAO	CALLAO	BELLAVISTA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		CALLAO		
		CARMEN DE LA LEGUA-REYNOSO		
		LA PERLA		
		LA PUNTA		
		VENTANILLA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
ICA	CHINCHA	SAN PEDRO DE HUACARPANA	3	UN DISTRITO
		ALTO LARÁN	4	DIEZ DISTRITOS
		CHAVIN		
		CHINCHA ALTA		
		CHINCHA BAJA		
		EL CARMEN		
		GROCIO PRADO		
		PUEBLO NUEVO		
		SAN JUAN DE YANAC		
		SUNAMPE		
	TAMBO DE MORA			
	PALPA	LLIPATA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		PALPA		
		RÍO GRANDE		
		SANTA CRUZ		
		TIBILLO		

ICA	ICA	ICA	4	TODOS LOS DISTRITOS
		LA TINGUIÑA		
		LOS AQUIJES		
		OCUCAJE		
		PACHACÚTEC		
		PARCONA		
		PUEBLO NUEVO		
		SALAS		
		SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS		
		SAN JUAN BAUTISTA		
		SANTIAGO		
		SUBTANJALLA		
		TATE		
		YAUCA DEL ROSARIO		
		NAZCA		
	EL INGENIO			
	MARCONA			
	NAZCA			
PISCO	HUANCANO	4	TODOS LOS DISTRITOS	
	HUMAY			
	INDEPENDENCIA			
	PARACAS			
	PISCO			
	SAN ANDRÉS			
	SAN CLEMENTE			
	TÚPAC AMARU INCA			

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
AREQUIPA	LA UNIÓN	ALCA	3	TODOS LOS DISTRITOS			
		CHARCANA					
		COTAHUASI					
		HUAYNACOTAS					
		PAMPAMARCA					
		PUYCA					
		QUECHUALLA					
		SAYLA					
		TAURIA					
		TOME PAMPA					
		TORO					
		CAYLLOMA			ACHOMA	3	DIECINUEVE DISTRITOS
					CABANA CONDE		
	CALLALLI						
	CAYLLOMA						
	CHIVAY						
	COPORAQUE						
	HUAMBO						
	HUANCA						
	ICHUPAMPA						
	LARI						
	LLUTA						
	MACA						
	MADRIGAL						
	SAN ANTONIO DE CHUCA						
		SIBAYO	4	UN DISTRITO			
	TAPAY						
TISCO							
TUTI							
	YANQUE	4	UN DISTRITO				
MAJES							

CASTILLA	3	ANDAGUA	ONCE DISTRITOS
		AYO	
		CHACHAS	
		CHILCAYMARCA	
		CHOCO	
		MACHAGUAY	
		ORCOPAMPA	
		PAMPACOLCA	
		TIPÁN	
		UÑÓN	
	4	VIRACO	TRES DISTRITOS
		APLAO	
		HUANCARQUI	
	URACA		

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO			
AREQUIPA	AREQUIPA	ALTO SELVA ALEGRE	3	VEINTIUN DISTRITOS			
		AREQUIPA					
		CAYMA					
		CERRO COLORADO					
		CHARACATO					
		CHIGUATA					
		JACOBO HUNTER					
		JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO					
		MARIANO MELGAR					
		MIRAFLORES					
		MOLLEBAYA					
		PAUCARPATA					
		POCSI					
		QUEQUEÑA					
		SABANDIA					
		SACHACA					
		SAN JUAN DE TARUCANI					
		SOCABAYA					
		TIABAYA					
		YANA HUARA					
	CONDESUYOS	LA JOYA	4	OCHO DISTRITOS			
		POLOBAYA					
		SAN JUAN DE SIGUAS					
		SANTA ISABEL DE SIGUAS					
		SANTA RITA DE SIGUAS					
		UCHUMAYO					
		VÍTOR					
		YARABAMBA					
		ISLAY			CAYARANI	4	TODOS LOS DISTRITOS
					CHICHAS		
					SALAMANCA		
					ANDARAY		
		CONDESUYOS			CHUQUIBAMBA	3	TRES DISTRITOS
IRAY							
RÍO GRANDE							
YANAQUIHUA							
COCACHACRA							
ISLAY	DEAN VALDIVIA	4	TODOS LOS DISTRITOS				
	ISLAY						
	MEJÍA						
	MOLLENDO						
	PUNTA DE BOMBÓN						

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
AREQUIPA	CAMANÁ	CAMANÁ	4	TODOS LOS DISTRITOS
		JOSÉ MARÍA QUIMPER		
		MARIANO NICOLÁS VALCÁRCEL		
		MARISCAL CÁCERES		
		NICOLÁS DE PIÉROLA		
		OCOÑA		
		QUILCA		
		SAMUEL PASTOR		
		CARAVELÍ		
	ÁTICO			
	ATIQUIPA			
	BELLA UNIÓN			
	CAHUACHO			
	CARAVELÍ			
	CHALA			
	CHAPARRA			
	HUANUHUANU			
	JAQUI			
	LOMAS			
QUICACHA				
YAUCA				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
MOQUEGUA	GENERAL SÁNCHEZ CERRO	CHOJATA	3	DIEZ DISTRITOS
		COALAQUE		
		ICHUÑA		
		LLOQUE		
		MATALAQUE		
		OMATE		
		PUQUINA		
		QUINISTAQUILLAS		
		UBINAS		
		YUNGA		
	LA CAPILLA	4	UN DISTRITO	
	MARISCAL NIETO	CARUMAS	3	CINCO DISTRITOS
		CUCHUMBAYA		
		SAMEGUA		
		SAN CRISTÓBAL DE CALACOA		
		TORATA		
	MOQUEGUA	4	UN DISTRITO	
	ILO	EL AGARROBAL	4	TODOS LOS DISTRITOS
		PACOSCHA		
ILO				

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SISMICA	ÁMBITO
TACNA	TARATA	CHUCATAMANI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		ESTIQUE		
		ESTIQUE-PAMPA		
		SITAJARA		
		SUSAPAYA		
		TARATA		
		TARUCACHI		
	TICACO			
	CANDARAVE	CAIRANI	3	TODOS LOS DISTRITOS
		CAMILACA		
		CANDARAVE		
		CURIBAYA		
		HUANUARA		
		QUILAHUANI		

JORGE BASADRE	ILABAYA	4	TODOS LOS DISTRITOS
	ITE		
	LOCUMBA		
TACNA	PALCA	3	UN DISTRITO
	ALTO DE LA ALIANZA	4	OCHO DISTRITOS
	CALANA		
	CIUDAD NUEVA		
	INCLÁN		
	PACHIA		
	POCOLLAY		
	SAMA		
TACNA			

**ANEXO N° 02**

**PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS**

Las acciones sísmicas para el diseño estructural dependen de la zona sísmica (Z), del perfil de suelo (S,  $T_p$ ,  $T_L$ ), del uso de la edificación (U), del sistema sismorresistente (R) y las características dinámicas de la edificación (T, C) y de su peso (P).

**ETAPA 1: PELIGRO SÍSMICO (Capítulo 2)**

Los pasos de esta etapa dependen solamente del lugar y las características del terreno de fundación del proyecto. No dependen de las características del edificio.

**Paso 1 Factor de Zona Z (Numeral 2.1)**

Determinar la zona sísmica donde se encuentra el proyecto en base al mapa de zonificación sísmica (Figura N° 1) o a la Tabla de provincias y distritos del Anexo N° 1. Determinar el factor de zona (Z) de acuerdo a la Tabla N° 1.

**Paso 2 Perfil de Suelo (Numeral 2.3)**

De acuerdo a los resultados del Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) se determina el tipo de perfil de suelo según el numeral 2.3.1 donde se definen 5 perfiles de suelo. La clasificación se debe hacer en base a los parámetros indicados en la Tabla N° 2 considerando promedios para los estratos de los primeros 30 m bajo el nivel de cimentación.

Cuando no se conozcan las propiedades del suelo hasta la profundidad de 30 m, el profesional responsable del EMS determinará el tipo de perfil de suelo sobre la base de las condiciones geotécnicas conocidas.

**Paso 3 Parámetros de Sitio S,  $T_p$  y  $T_L$  (Numeral 2.4)**

El factor de amplificación del suelo se obtiene de la Tabla N° 3 y depende de la zona sísmica y el tipo de perfil de suelo. Los períodos  $T_p$  y  $T_L$  se obtienen de la Tabla N° 4 y solo dependen del tipo de perfil de suelo.

**Paso 4 Construir la función Factor de Amplificación Sísmica C versus Período T (Numeral 2.5)**

Depende de los parámetros de sitio  $T_p$  y  $T_L$ . Se definen tres tramos, períodos cortos, intermedios y largos, y se aplica para cada tramo las expresiones de este numeral.

**ETAPA 2: CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO (Capítulo 3)**

Los pasos de esta etapa dependen de las características de la edificación, como son su categoría, sistema estructural y configuración regular o irregular.

**Paso 5 Categoría de la Edificación y el Factor de Uso U (Numeral 3.1)**

La categoría de la edificación y el factor de uso (U) se obtienen de la Tabla N° 5.

**Paso 6 Sistema Estructural (Numeral 3.2 y 3.3)**

Se determina el sistema estructural de acuerdo a las definiciones que aparecen en el numeral 3.2.

En la Tabla N° 6 (numeral 3.3) se definen los sistemas estructurales permitidos de acuerdo a la categoría de la edificación y a la zona sísmica en la que se encuentra.

#### **Paso 7 Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, $R_0$ (Numeral 3.4)**

De la Tabla N° 7 se obtiene el valor del coeficiente  $R_0$ , que depende únicamente del sistema estructural.

#### **Paso 8 Factores de Irregularidad $I_a, I_p$ (Numeral 3.6)**

El factor  $I_a$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades existentes en altura. El factor  $I_p$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades existentes en planta.

En la mayoría de los casos se puede determinar si una estructura es regular o irregular a partir de su configuración estructural, pero en los casos de Irregularidad de Rigidez e Irregularidad Torsional se debe comprobar con los resultados del análisis sísmico según se indica en la descripción de dichas irregularidades.

#### **Paso 9 Restricciones a la Irregularidad (Numeral 3.7)**

Verificar las restricciones a la irregularidad de acuerdo a la categoría y zona de la edificación en la Tabla N° 10. Modificar la estructuración en caso que no se cumplan las restricciones de esta Tabla.

#### **Paso 10 Coeficiente de Reducción de la Fuerza Sísmica $R$ (Numeral 3.8)**

Se determina  $R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$ .

### **ETAPA 3: ANÁLISIS ESTRUCTURAL (Capítulo 4)**

En esta etapa se desarrolla el análisis estructural. Se sugieren criterios para la elaboración del modelo matemático de la estructura, se indica cómo se debe calcular el peso de la edificación y se definen los procedimientos de análisis.

#### **Paso 11 Modelos de Análisis (Numeral 4.2)**

Desarrollar el modelo matemático de la estructura. Para estructuras de concreto armado y albañilería considerar las propiedades de las secciones brutas ignorando la fisuración y el refuerzo.

#### **Paso 12 Estimación del Peso $P$ (Numeral 4.3)**

Se determina el peso ( $P$ ) para el cálculo de la fuerza sísmica adicionando a la carga permanente total un porcentaje de la carga viva que depende del uso y la categoría de la edificación, definido de acuerdo a lo indicado en este numeral.

#### **Paso 13 Procedimientos de Análisis Sísmico (Números 4.4 a 4.7)**

Se definen los procedimientos de análisis considerados en esta Norma, que son análisis estático (numeral 4.5) y análisis dinámico modal espectral (numeral 4.6).

#### **Paso 13 A Análisis Estático (Numeral 4.5)**

Este procedimiento solo es aplicable a las estructuras que cumplen lo indicado en el numeral 4.5.1.

El análisis estático tiene los siguientes pasos:

- Calcular la fuerza cortante en la base  $V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$  para cada dirección de análisis (numeral 4.5.2).
- Para determinar el valor de  $C$  (Paso 4 o numeral 2.5) se debe estimar el periodo fundamental de vibración de la estructura ( $T$ ) en cada dirección (numeral 4.5.4).
- Determinar la distribución en la altura de la fuerza sísmica de cada dirección (numeral 4.5.3).
- Aplicar las fuerzas obtenidas en el centro de masas

de cada piso. Además se deberá considerar el momento torsor accidental (numeral 4.5.5).

- Considerar fuerzas sísmicas verticales (numeral 4.5.6) para los elementos en los que sea necesario.

#### **Paso 13 B Análisis Dinámico (Numeral 4.6)**

Si se elige o es un requerimiento desarrollar un análisis dinámico modal espectral se debe:

- Determinar los modos de vibración y sus correspondientes periodos naturales y masas participantes mediante análisis dinámico del modelo matemático (numeral 4.6.1).

- Calcular el espectro inelástico de pseudo aceleraciones  $S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$  para cada dirección de análisis (numeral 4.6.2).

- Considerar excentricidad accidental (numeral 4.6.5).

- Determinar todos los resultados de fuerzas y desplazamientos para cada modo de vibración.

- Determinar la respuesta máxima esperada correspondiente al efecto conjunto de los modos considerados (numeral 4.6.3).

- Se deben escalar todos los resultados obtenidos para fuerzas (numeral 4.6.4) considerando un cortante mínimo en el primer entrepiso que será un porcentaje del cortante calculado para el método estático (numeral 4.5.3). No se escalan los resultados para desplazamientos.

- Considerar fuerzas sísmicas verticales (numeral 4.6.2) usando un espectro con valores iguales a 2/3 del espectro más crítico para las direcciones horizontales, para los elementos que sea necesario.

### **ETAPA 4: VALIDACIÓN DE LA ESTRUCTURA**

De acuerdo a los resultados del análisis se determinará si la estructura planteada es válida, para lo cual debe cumplir con los requisitos de regularidad y rigidez indicados en este capítulo.

#### **Paso 14 Revisión de las Hipótesis del Análisis**

Con los resultados de los análisis se revisarán los factores de irregularidad aplicados en el paso 8. En base a éstos se verificará si los valores de  $R$  se mantienen o deben ser modificados. En caso de haberse empleado el procedimiento de análisis estático deberá verificarse lo señalado en el numeral 4.5.1.

#### **Paso 15 Restricciones a la Irregularidad (Numeral 3.7)**

Verificar las restricciones a la irregularidad de acuerdo a la categoría y zona de la edificación en la Tabla N° 10. De existir irregularidades o irregularidades extremas en edificaciones en las que no están permitidas según esa Tabla, se debe modificar la estructuración y repetir el análisis hasta lograr un resultado satisfactorio.

#### **Paso 16 Determinación de Desplazamientos Laterales (Numeral 5.1)**

Se calculan los desplazamientos laterales de acuerdo a las indicaciones de este numeral.

#### **Paso 17 Distorsión Admisible (Numeral 5.2)**

Verificar que la distorsión máxima de entrepiso que se obtiene en la estructura con los desplazamientos calculados en el paso anterior sea menor que lo indicado en la Tabla N° 11. De no cumplir se debe revisar la estructuración y repetir el análisis hasta cumplir con el requerimiento.

#### **Paso 18 Separación entre Edificios (Numeral 5.3)**

Determinar la separación mínima a otras edificaciones o al límite de propiedad de acuerdo a las indicaciones de este numeral.



**HOJA DE CALCULO  
(ESPECTRO DE SISMO  
SEGÚN LA NORMA  
E.030-2016)**

# ESPECTRO DE SISMO SEGÚN LA NORMA E.030-2016

## ALTERNATIVA 01: COLUMNAS Y VIGAS RECTANGULARES

### 1 Zonificación, Según E.030-2016 (2.1)

Zona : 3 Z = 0.35 g

### 2 Parámetros de Sitio, Según E.030-2016 (2.4)

Perfil Tipo : S1 S = 1.00  
T<sub>p</sub> = 0.40  
T<sub>L</sub> = 2.50

### 3 Categoría del Edificio, Según E.030-2016 (3.1)

Categoría : Común C U = 1.00

### 4 Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.4)

Categoría :

R<sub>0</sub> = 8

### 5 Restricciones de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.7)

Restricciones :

### 6 Factores de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.6)

Tomar en consideración el punto 5 sobre restricciones.

Irregularidad en Altura, I<sub>a</sub> :   
I<sub>a</sub> = 1.00

Irregularidad en Planta, I<sub>p</sub> :   
I<sub>p</sub> = 0.85 (Para el tipo 03 se debe ingresar el valor manualmente)

### 7 Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.8)

R = R<sub>0</sub> x I<sub>a</sub> x I<sub>p</sub> = 6.8

### 8 Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño(Sa/g)

C	T (s)	Sa/g	sa
2.50	0.00	0.129	1.26
2.50	0.02	0.129	1.26
2.50	0.04	0.129	1.26
2.50	0.06	0.129	1.26
2.50	0.08	0.129	1.26
2.50	0.10	0.129	1.26
2.50	0.12	0.129	1.26
2.50	0.14	0.129	1.26
2.50	0.16	0.129	1.26
2.50	0.18	0.129	1.26
2.50	0.20	0.129	1.26
2.50	0.25	0.129	1.26
2.50	0.30	0.129	1.26
2.50	0.35	0.129	1.26
2.50	0.40	0.129	1.26
2.22	0.45	0.114	1.12



2.00	0.50	0.103	1.01
1.82	0.55	0.094	0.92
1.67	0.60	0.086	0.84
1.54	0.65	0.079	0.78
1.43	0.70	0.074	0.72
1.33	0.75	0.069	0.67
1.25	0.80	0.064	0.63
1.18	0.85	0.061	0.59
1.11	0.90	0.057	0.56
1.05	0.95	0.054	0.53
1.00	1.00	0.051	0.50
0.91	1.10	0.047	0.46
0.83	1.20	0.043	0.42
0.77	1.30	0.040	0.39
0.71	1.40	0.037	0.36
0.67	1.50	0.034	0.34
0.63	1.60	0.032	0.32
0.59	1.70	0.030	0.30
0.56	1.80	0.029	0.28
0.53	1.90	0.027	0.27
0.50	2.00	0.026	0.25
0.45	2.20	0.023	0.23
0.42	2.40	0.021	0.21
0.37	2.60	0.019	0.19
0.32	2.80	0.016	0.16
0.28	3.00	0.014	0.14
0.16	4.00	0.008	0.08
0.10	5.00	0.005	0.05
0.07	6.00	0.004	0.04
0.05	7.00	0.003	0.03
0.04	8.00	0.002	0.02
0.03	9.00	0.002	0.02
0.03	10.00	0.001	0.01

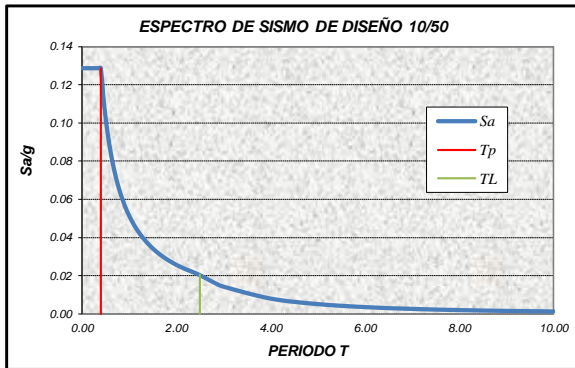
$T < T_p$   $C = 2,5$   
 $T_p < T < T_L$   $C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$   
 $T > T_L$   $C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

**ZONAS SÍSMICAS**



**ZONA**  
■ 4 0.45  
■ 3 0.35  
■ 2 0.25  
■ 1 0.10



Para graficar $T_p$ y $T_L$		
0.000	0.400	$T_p$
0.129	0.400	
0.000	2.500	$T_L$
0.021	2.500	

### 9 Calculo de fuerza cortante V

P= 1064.89 ton  
 hn= 21 m  
 Ct= 45

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Cálculo del periodo fundamental de la estructura  
 Factor de amplificación sísmica

T= 0.47 s  
 C= 2.142857

V= 117.45 Ton

### 10 Comparación entre V obtenido del analisis y V estático

Eje X-X V= 58.5 ton  
 Eje Y-Y V= 61.8 ton

### 11 Escalamiento de fuerzas

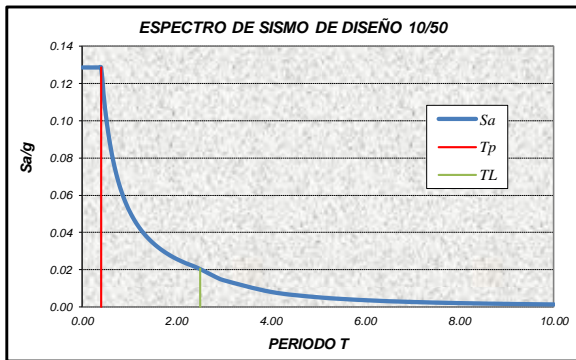
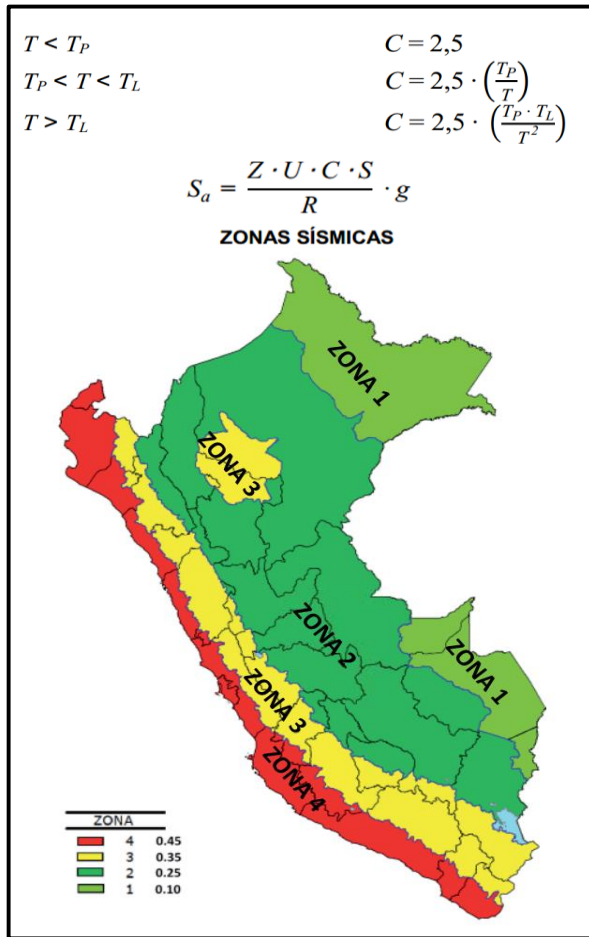
EJE	V programa	V est.	Factor
Eje X-X	58.5	117.45	1.61
Eje Y-Y	61.8	117.45	1.52

### 12 Calculo de las distorsiones de entrepiso

Nivel	eje	0.75R	hn (m)	desplaz	$\Delta$	D	RESULTADO DE RIGIDEZ
Piso 06	X-X	5.1	2.8	0.0244	0.0015	0.00273	OK
	Y-Y	5.1		0.0379	0.0029	0.00528	OK
Piso 05	X-X	5.1	2.8	0.0229	0.0023	0.00419	OK
	Y-Y	5.1		0.035	0.0038	0.00692	OK
Piso 04	X-X	5.1	2.8	0.0206	0.0028	0.0051	OK
	Y-Y	5.1		0.0312	0.0046	0.00838	Incrementar rigidez
Piso 03	X-X	5.1	2.8	0.0178	0.0033	0.00601	OK
	Y-Y	5.1		0.0266	0.0052	0.00947	Incrementar rigidez
Piso 02	X-X	5.1	2.8	0.0145	0.0036	0.00656	OK
	Y-Y	5.1		0.0214	0.0057	0.01038	Incrementar rigidez
Piso 01	X-X	5.1	2.8	0.0109	0.0038	0.00692	OK
	Y-Y	5.1		0.0157	0.0059	0.01075	Incrementar rigidez
Sotano	X-X	5.1	4.2	0.0071	0.0071	0.00862	Incrementar rigidez
	Y-Y	5.1		0.0098	0.0098	0.0119	Incrementar rigidez



2.22	0.45	0.114	1.12
2.00	0.50	0.103	1.01
1.82	0.55	0.094	0.92
1.67	0.60	0.086	0.84
1.54	0.65	0.079	0.78
1.43	0.70	0.074	0.72
1.33	0.75	0.069	0.67
1.25	0.80	0.064	0.63
1.18	0.85	0.061	0.59
1.11	0.90	0.057	0.56
1.05	0.95	0.054	0.53
1.00	1.00	0.051	0.50
0.91	1.10	0.047	0.46
0.83	1.20	0.043	0.42
0.77	1.30	0.040	0.39
0.71	1.40	0.037	0.36
0.67	1.50	0.034	0.34
0.63	1.60	0.032	0.32
0.59	1.70	0.030	0.30
0.56	1.80	0.029	0.28
0.53	1.90	0.027	0.27
0.50	2.00	0.026	0.25
0.45	2.20	0.023	0.23
0.42	2.40	0.021	0.21
0.37	2.60	0.019	0.19
0.32	2.80	0.016	0.16
0.28	3.00	0.014	0.14
0.16	4.00	0.008	0.08
0.10	5.00	0.005	0.05
0.07	6.00	0.004	0.04
0.05	7.00	0.003	0.03
0.04	8.00	0.002	0.02
0.03	9.00	0.002	0.02
0.03	10.00	0.001	0.01



Para graficar $T_P$ y $T_L$		
0.000	0.400	$T_P$
0.129	0.400	
0.000	2.500	$T_L$
0.021	2.500	

### 9 Calculo de fuerza cortante V

P= 1184.79 ton  
 hn= 21 m  
 Ct= 45

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Cálculo del periodo fundamental de la estructura  
 Factor de amplificación sismica

T= 0.47 s  
 C= 2.142857

V= 130.68 Ton

### 10 Comparación entre V obtenido del analisis y V estático

Eje X-X V= 67.45 ton  
 Eje Y-Y V= 53.68 ton

### 11 Escalamiento de fuerzas

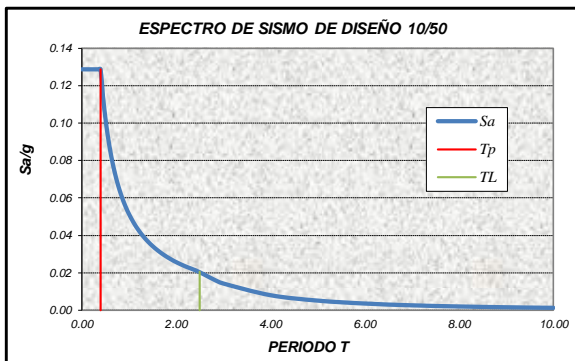
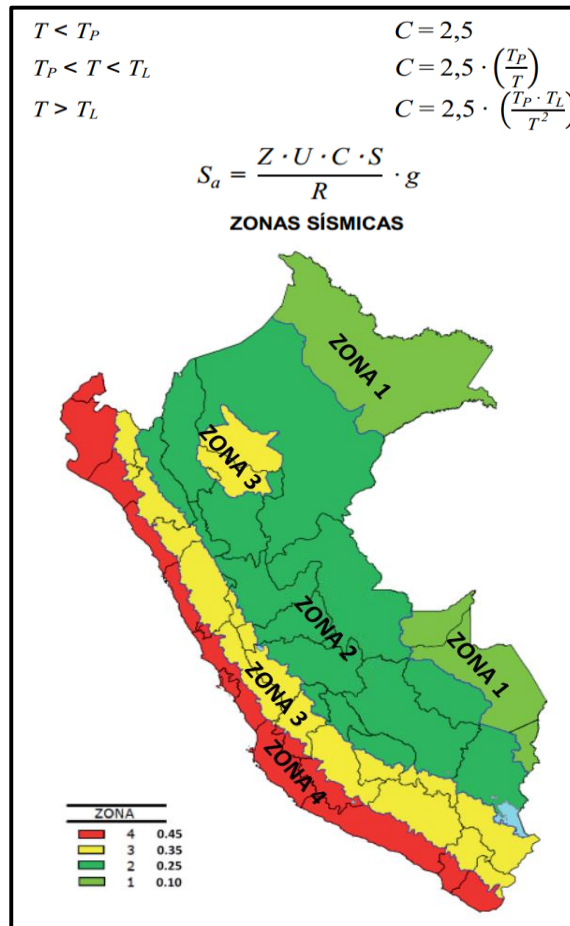
	V programa	V est.	Factor
Eje X-X	67.45	130.68	1.55
Eje Y-Y	53.68	130.68	1.95

### 12 Calculo de las distorsiones de entepiso

Nivel	eje	0.75R	hn (m)	desplaz	$\Delta$	D	RESULTADO DE RIGIDEZ
Piso 06	X-X	5.1	2.8	0.0152	0.002	0.00364	OK
	Y-Y	5.1		0.0221	0.0032	0.00583	OK
Piso 05	X-X	5.1	2.8	0.0132	0.0023	0.00419	OK
	Y-Y	5.1		0.0189	0.0035	0.00638	OK
Piso 04	X-X	5.1	2.8	0.0109	0.0025	0.00455	OK
	Y-Y	5.1		0.0154	0.0037	0.00674	OK
Piso 03	X-X	5.1	2.8	0.0084	0.0027	0.00492	OK
	Y-Y	5.1		0.0117	0.0039	0.0071	Incrementar rigidez
Piso 02	X-X	5.1	2.8	0.0057	0.0027	0.00492	OK
	Y-Y	5.1		0.0078	0.0036	0.00656	OK
Piso 01	X-X	5.1	2.8	0.003	0.0022	0.00401	OK
	Y-Y	5.1		0.0042	0.0029	0.00528	OK
Sotano	X-X	5.1	4.2	0.0008	0.0008	0.00097	OK
	Y-Y	5.1		0.0013	0.0013	0.00158	OK



1.54	0.65	0.079	0.78
1.43	0.70	0.074	0.72
1.33	0.75	0.069	0.67
1.25	0.80	0.064	0.63
1.18	0.85	0.061	0.59
1.11	0.90	0.057	0.56
1.05	0.95	0.054	0.53
1.00	1.00	0.051	0.50
0.91	1.10	0.047	0.46
0.83	1.20	0.043	0.42
0.77	1.30	0.040	0.39
0.71	1.40	0.037	0.36
0.67	1.50	0.034	0.34
0.63	1.60	0.032	0.32
0.59	1.70	0.030	0.30
0.56	1.80	0.029	0.28
0.53	1.90	0.027	0.27
0.50	2.00	0.026	0.25
0.45	2.20	0.023	0.23
0.42	2.40	0.021	0.21
0.37	2.60	0.019	0.19
0.32	2.80	0.016	0.16
0.28	3.00	0.014	0.14
0.16	4.00	0.008	0.08
0.10	5.00	0.005	0.05
0.07	6.00	0.004	0.04
0.05	7.00	0.003	0.03
0.04	8.00	0.002	0.02
0.03	9.00	0.002	0.02
0.03	10.00	0.001	0.01



Para graficar $T_P$ y $T_L$		
0.000	0.400	$T_P$
0.129	0.400	
0.000	2.500	$T_L$
0.021	2.500	

## 9 Calculo de fuerza cortante V

P= 1313.31 ton  
 hn= 21 m  
 Ct= 45  
 Cálculo del periodo fundamental de la estructura T= 0.47 s  
 Factor de amplificación sísmica C= 2.142857

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

V= 144.85 Ton

## 10 Comparación entre V obtenido del analisis y V estático

Eje X-X V= 95.67 ton  
 Eje Y-Y V= 79.95 ton

## 11 Escalamiento de fuerzas

	V programa	V est.	Factor
Eje X-X	95.67	144.85	1.21
Eje Y-Y	79.95	144.85	1.45

## 12 Calculo de las distorsiones de entrepiso

Nivel	eje	0.75R	hn	desplaz	$\Delta$	D	OBSERVACIONES
piso 06	X-X	5.1	2.8	0.0098	0.0012	0.00219	OK
	Y-Y	5.1		0.0129	0.0017	0.0031	OK
Piso 05	X-X	5.1	2.8	0.0086	0.0013	0.00237	OK
	Y-Y	5.1		0.0112	0.002	0.00364	OK
Piso 04	X-X	5.1	2.8	0.0073	0.0017	0.0031	OK
	Y-Y	5.1		0.0092	0.0022	0.00401	OK
Piso 03	X-X	5.1	2.8	0.0056	0.0018	0.00328	OK
	Y-Y	5.1		0.007	0.0024	0.00437	OK
Piso 02	X-X	5.1	2.8	0.0038	0.0018	0.00328	OK
	Y-Y	5.1		0.0046	0.0022	0.00401	OK
Piso 01	X-X	5.1	2.8	0.002	0.0014	0.00255	OK
	Y-Y	5.1		0.0024	0.0016	0.00291	OK
Sotano	X-X	5.1	4.2	0.0006	0.0006	0.00073	OK
	Y-Y	5.1		0.0008	0.0008	0.00097	OK

$$R = R_0 \times I_a \times I_p = 6.8$$

**0.75R** : Desplazamiento lateral para estructuras regulares

**hn** :Altura de entre piso

**desplazamiento** :Desplazamiento de cada piso por ejes(datos obtenidos del ETABS)

$\Delta$  : Diferencia de ejes (x-x; y-y) de pisos (superios -inferior)

$$\text{PISO 6(x-x)} - \text{PISO 5(x-x)} = \Delta$$

$$0.0098 - 0.0086 = 0.0012$$

$$\text{PISO 6(y-y)} - \text{PISO 5(y-y)} = \Delta$$

$$0.0129 - 0.0112 = 0.0017$$

**D** :Desplazamiento menor a 0.007 (por eje de cada piso)

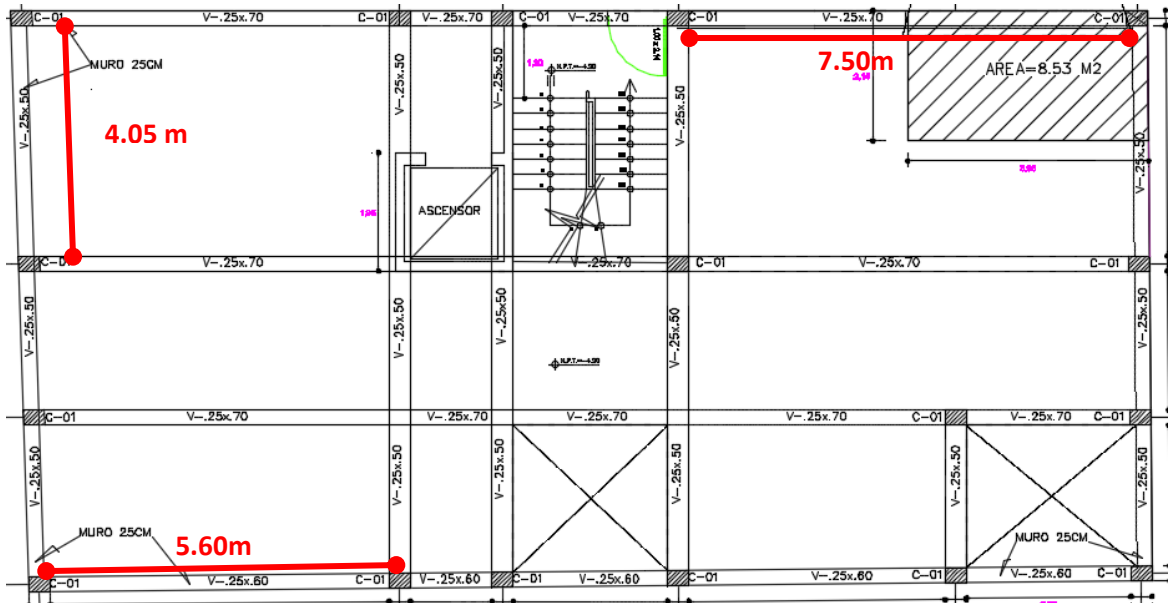
$$\text{PISO 7(x-x)} - \text{PISO 6(x-x)} = \Delta$$





# **PREDIMENSIONAMIENTO**

## PREDIMENSIONAMIENTO



### Para Vigas

$$h = (1/10 \text{ a } 1/12) L$$

$$b = (1/2 \text{ a } 2/3) h$$

En la práctica:

$$h = (1/10) L;$$

$$b = (1/2) h$$

Para evitar cangrejas tomar  $b_{\min} = 25 \text{ cm}$

Antonio Blanco Blasco recomienda: para luces

$$L < 5.5 \text{ m. } 25 \times 50, 30 \times 50$$

$$L < 6.5 \text{ m. } 25 \times 60, 30 \times 60, 40 \times 60$$

$$L < 7.5 \text{ m. } 25 \times 70, 30 \times 70, 40 \times 70, 50 \times 70$$

Para el trabajo de tesis se tomaron las dimensiones de **25cm x 70cm**; **25cm x 60cm** en las vigas horizontales y **25cm x 50cm**, en las vigas verticales.

### Para Columnas:

La edificación tiene 07 pisos, el área tributaria tiene un área de **8.53m<sup>2</sup>** y recae sobre una columna esquinada y según el ACI la fórmula para columna esquinada es la siguiente:

$$Area_{\text{columna}} = P_{\text{servicio}} / 0.35 f'c$$

$$P_{\text{servicio}} = P_{\text{categoría}} \times Area_{\text{tributaria}} \times N^{\circ} \text{pisos}$$

La edificación del trabajo de tesis, según la norma es de categoría "C" y le corresponde un peso  $P= 1000 \text{ Kgf/m}^2$

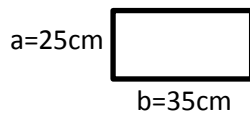
Por lo tanto:

$$P_{\text{servicio}}=1000 \text{ Kgf/m}^2 \times 8.53\text{m}^2 \times 7 \quad P_{\text{servicio}}=59710 \text{ Kgf}$$

$$\text{Area}_{\text{columna}}=59710 \text{ Kg} / 0.35 \text{ (210 Kg/cm}^2) \quad \text{Area}_{\text{columna}}=812.38\text{cm}^2$$

Como el espesor del muro es de 25cm se tiene:  $a=25\text{cm}$

Para hallar el b, tenemos:  $b=812.38\text{cm}^2/25\text{cm}= 32.50\text{cm}$  equivalente a 35cm



#### **Para placas o muro:**

De acuerdo a Antonio Blanco Blasco, las placas pueden hacerse de mínimo 10cm de espesor, pero generalmente se considera de 15cm de espesor y de 20, 25 ó 30 cm conforme aumentemos el número de pisos

Para la presente tesis se consideraron medidas de 25cm de espesor, como muros en el sótano y 15 cm en la caja de ascensor.



# **METRADO DE CARGAS**

### METRADO DE CARGAS

SOTANO		P1(Tonf)
CM	VIGAS	52.09
	COLUMNAS	14.99
	LOSAS	32.95
	ACABADO	2.93
	TABIQUES	1.56
MURO DE C.		88.30
cv	S/C	36.60

<b>P0</b>	<b>201.97</b>
A	146.38
P0/A	1.38

M0	20.59
----	-------

PISO 3		P1(Tonf)
CM	VIGAS	52.09
	COLUMNAS	10.00
	LOSAS	32.95
	ACABADO	2.77
	TABIQUES	7.92

cv	S/C	40.63
----	-----	-------

<b>P3</b>	<b>115.89</b>
A	150.75
P3/A	0.77

M3	11.81
----	-------

PISO 6		P1(Tonf)
CM	VIGAS	52.09
	COLUMNAS	11.68
	LOSAS	32.95
	ACABADO	2.59
	TABIQUES	8.22

cv	S/C	15.08
----	-----	-------

<b>P6</b>	<b>111.30</b>
A	150.75
P6/A	0.74

M6	11.35
----	-------

PISO 1		P1(Tonf)
CM	VIGAS	52.09
	COLUMNAS	10.00
	LOSAS	32.95
	ACABADO	2.57
	TABIQUES	9.70

cv	S/C	30.15
----	-----	-------

<b>P1</b>	<b>114.85</b>
A	150.75
P1/A	0.76

M1	11.71
----	-------

PISO 4		P1(Tonf)
CM	VIGAS	52.09
	COLUMNAS	10.00
	LOSAS	32.95
	ACABADO	2.59
	TABIQUES	8.22

cv	S/C	30.05
----	-----	-------

<b>P4</b>	<b>113.36</b>
A	150.27
P4/A	0.75

M4	11.56
----	-------

PISO 2		P1(Tonf)
CM	VIGAS	63.80
	COLUMNAS	10.00
	LOSAS	32.95
	ACABADO	2.77
	TABIQUES	7.92

cv	S/C	40.63
----	-----	-------

<b>P2</b>	<b>127.60</b>
A	150.75
P2/A	0.85

M2	13.01
----	-------

PISO 5		P1(Tonf)
CM	VIGAS	52.09
	COLUMNAS	10.00
	LOSAS	32.95
	ACABADO	2.59
	TABIQUES	8.22

cv	S/C	30.05
----	-----	-------

<b>P5</b>	<b>113.36</b>
A	150.27
P5/A	0.75

M5	11.56
----	-------

**ANALISIS ESTATICO**

	h(m) PISO	P(Tn)
PISO 06	21.00	111.30
PISO 05	18.20	113.36
PISO 04	15.40	113.36
PISO 03	12.60	115.89
PISO 02	9.80	127.60
PISO 01	7.00	114.85
SOTANO	4.20	105.42
		801.77

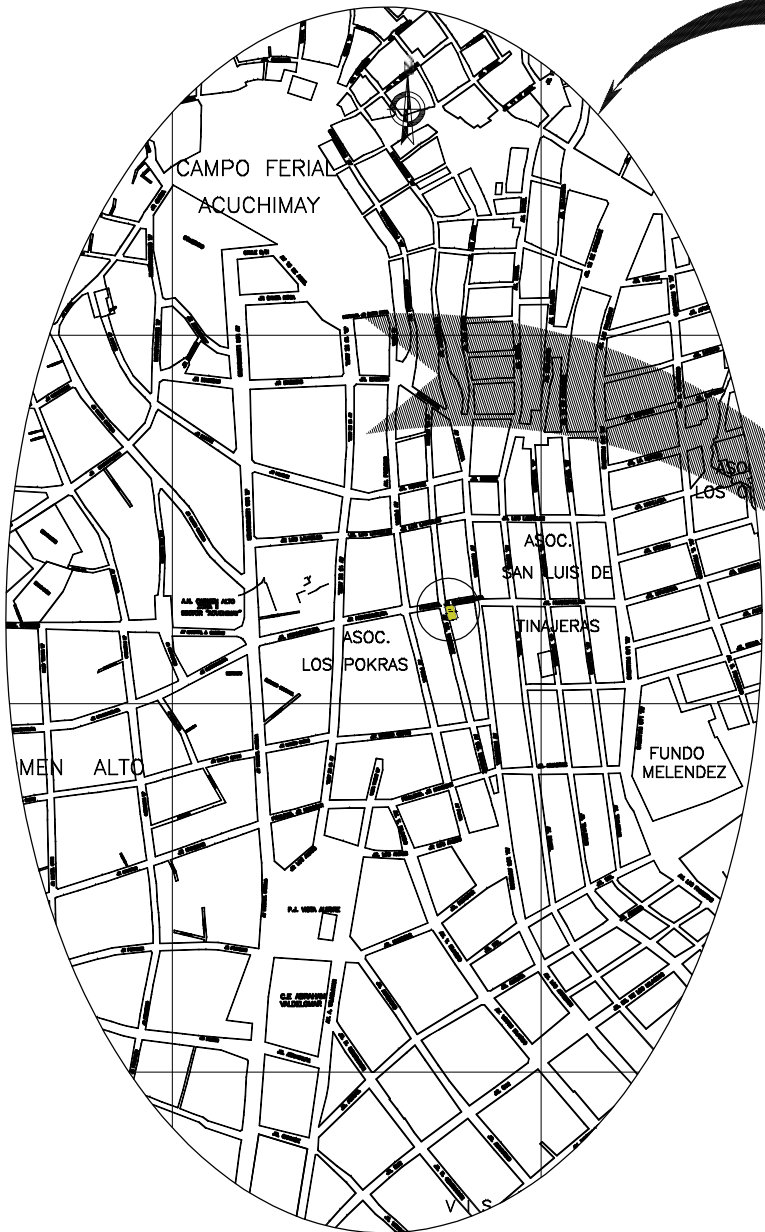
T=0.47 PERIODO FUNDAMENTAL

Z	U	S	R	TP	C	ZUSC/R	Vest (Ton)
0.35	1.00	1.00	6.80	0.40	2.14	0.110	88.31

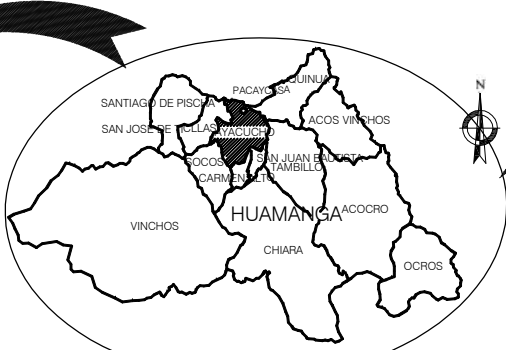
	h(m) PISO	P(Tn)	PXh	F(Tn)	V(tn)
PISO 06	21.00	111.30	2337.30	20.43	20.43
PISO 05	18.20	113.36	2063.15	18.03	38.46
PISO 04	15.40	113.36	1745.74	15.26	53.72
PISO 03	12.60	115.89	1460.21	12.76	66.49
PISO 02	9.80	127.60	1250.44	10.93	77.42
PISO 01	7.00	114.85	803.93	7.03	84.44
SOTANO	4.20	105.42	442.76	3.87	88.31
		801.77	10103.55	88.31	



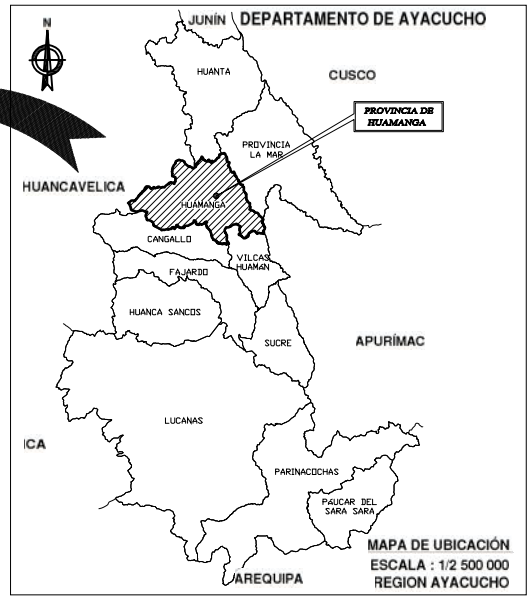
# **PLANOS**



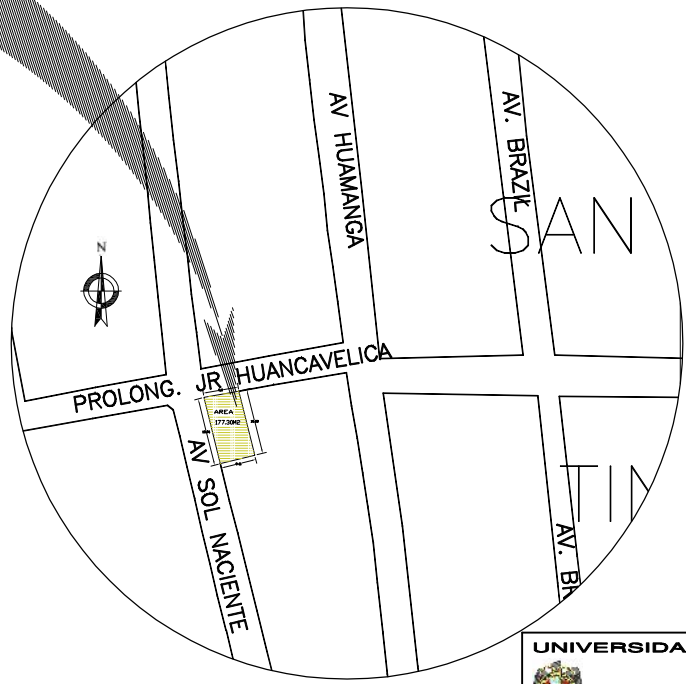
**DISTRITO DE CARMEN ALTO**  
ESC:1/6 000



**PROVINCIA DE HUAMANGA**  
ESC:1/1 250 000



**MAPA DE UBICACIÓN**  
ESCALA : 1/2 500 000  
REGION AYACUCHO



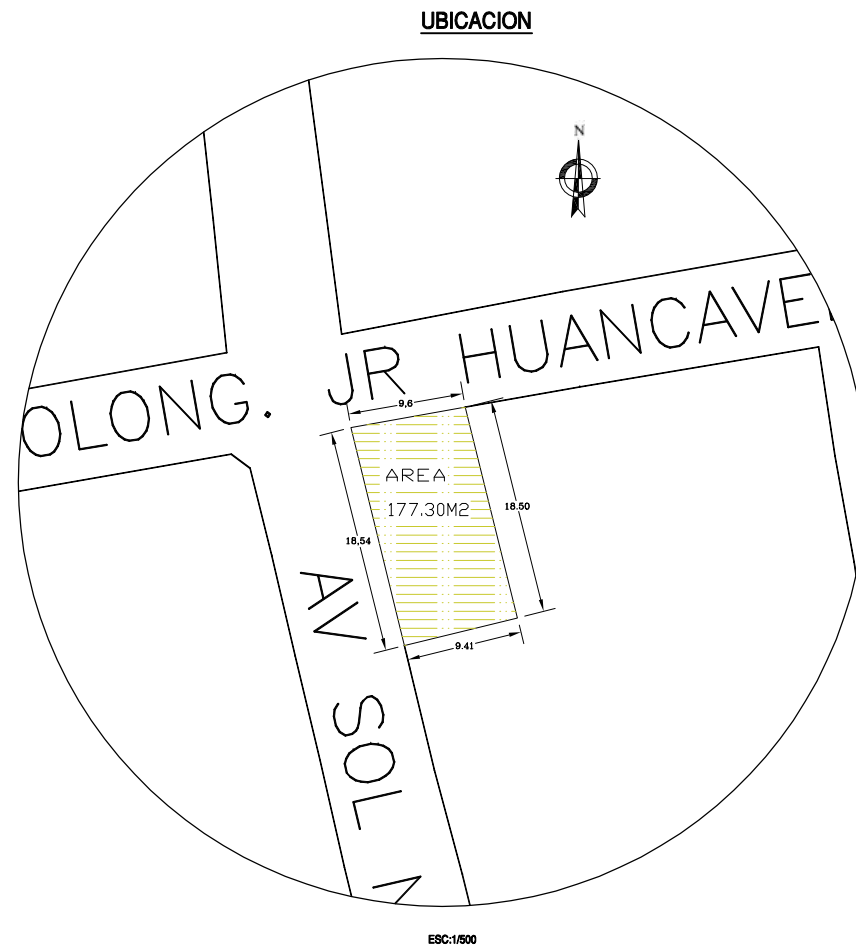
**Prolong. Jr Huancavelica -  
Av. Sol Naciente**  
ESC:1/1000

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b> FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA		
TESIS: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES MÁS UN SÓTANO DE ACUERDO A LA NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES AYACUCHO 2016		LAMINA
PRESENTADO POR: <b>HENRY BAUTISTA YAURI</b>		<b>UB-01</b>
PROYECTO: <b>EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MAS UN SOTANO</b>	PLANO: <b>UBICACION</b>	
ESPECIALIDAD: <b>UBICACION Y LOCALIZACION</b>	ESCALA: <b>INDICADA</b>	FECHA: <b>MAYO-2016</b>



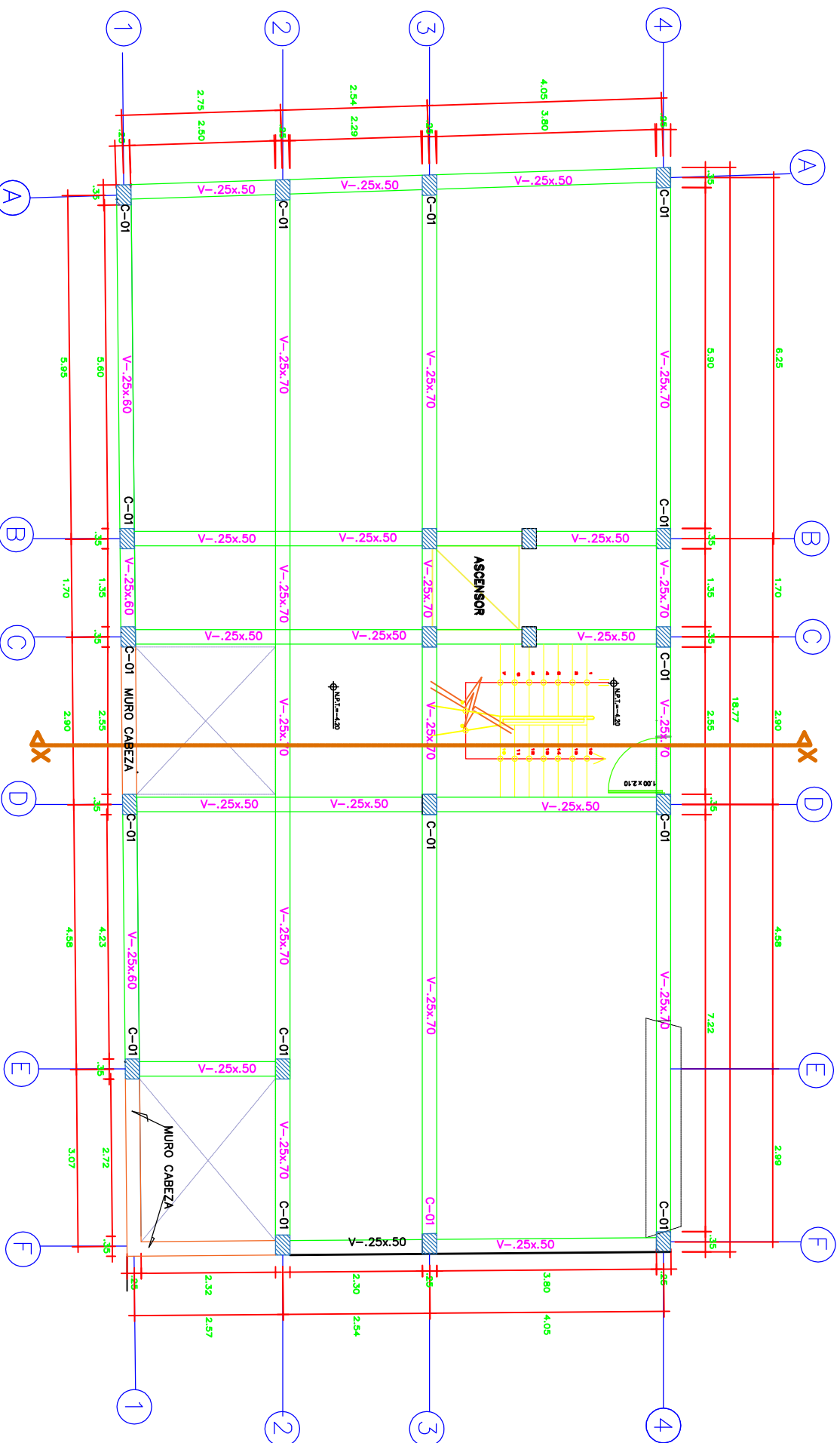


**LOCALIZACION**  
ESC:1/500



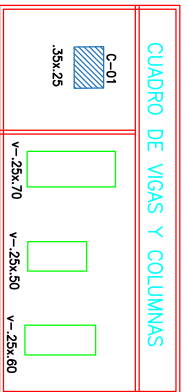
ESC:1/500

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA</b> FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA		
TESIS: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES MÁS UN SÓTANO DE ACUERDO A LA NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES AYACUCHO 2016		LAMINA
PRESENTADO POR: <b>HENRY BAUTISTA YAURI</b>		<b>UB-02</b>
PROYECTO: <b>EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MAS UN SOTANO</b>	PLANO: <b>LOCALIZACION</b>	
ESPECIALIDAD: <b>UBICACION Y LOCALIZACION</b>	ESCALA: <b>INDICADA</b>	FECHA: <b>MAYO-2016</b>



SOTANO, PISO 01, 02, 03, 04, 05, 06  
 ESC: 1/100

# ALTERNATIVA 01



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL  
 DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



TESIS COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES MAS UN SOTANO DE ACUERDO A LA NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES AYACUCHO 2016

PRESENTADO POR: HENRY BAUTISTA YAURI

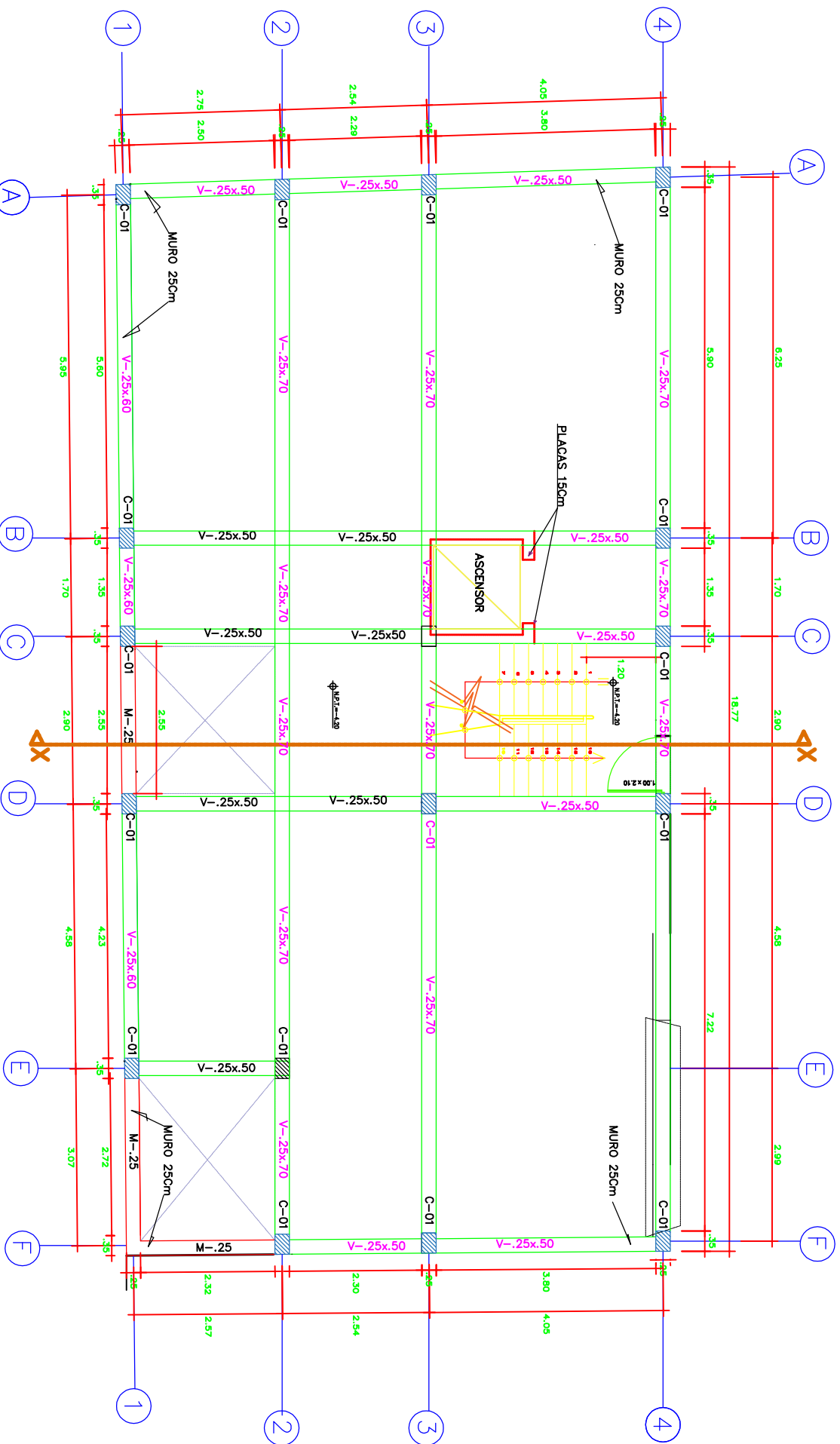
PROYECTO: EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MAS UN SOTANO

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA



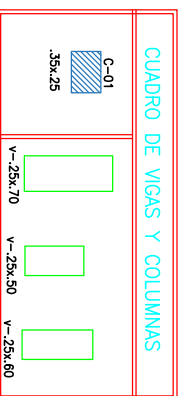
E-01

FECHA: JULIO-2016



**SOTANO, PISO 01, 02, 03, 04, 05, 06**  
 ESC: 1/100

# ALTERNATIVA 02



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



TESIS COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES MAS UN SOTANO DE ACUERDO A LA NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES AYAUCHO 2016

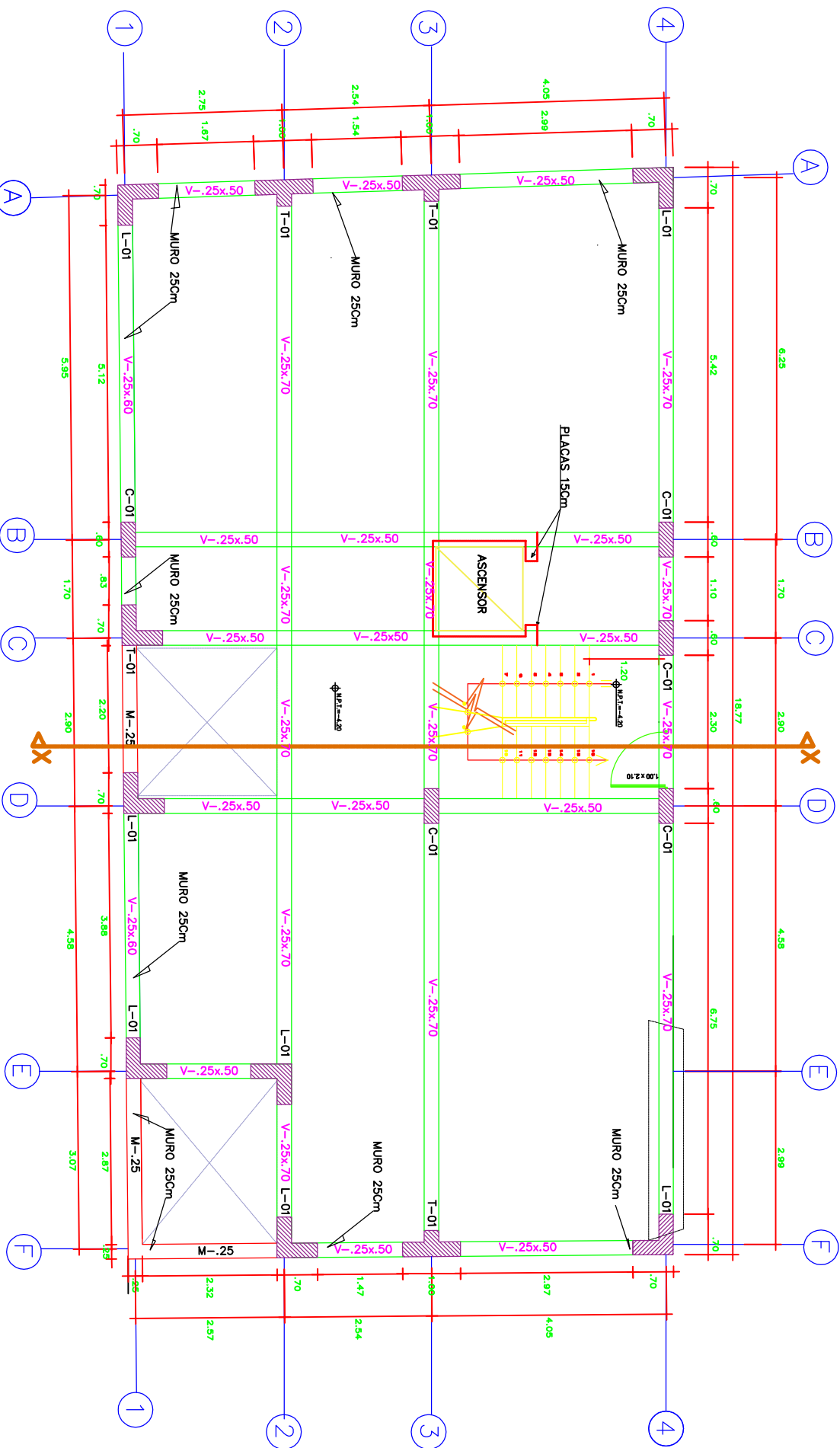
PRESENTADO POR: HENRY BAUTISTA YAURI

PROYECTO: EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MAS UN SOTANO

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA

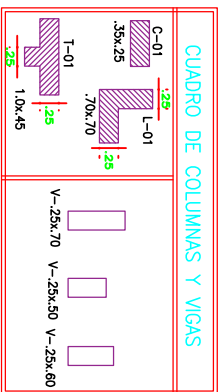
PLANOS: VIGAS, COLUMNAS Y MURO  
 ESCALA: 1:100  
 E-02

FECHA: JUNIO-2016



SOTANO, PISO 01, 02, 03, 04, 05, 06  
 ESC: 1/100

CUADRO DE COLUMNAS Y VIGAS



# ALTERNATIVA 03

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



TESIS: COMPORTAMIENTO SISMO DE LUNA ESTRUCTURAL DE SEIS NIVELES MAS UN SOTANO DE ACUERDO A LA NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES AYACUCHO 2016

PRESENTADO POR: HENRY BAUTISTA YAURI

PROYECTO: EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MAS UN SOTANO

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA

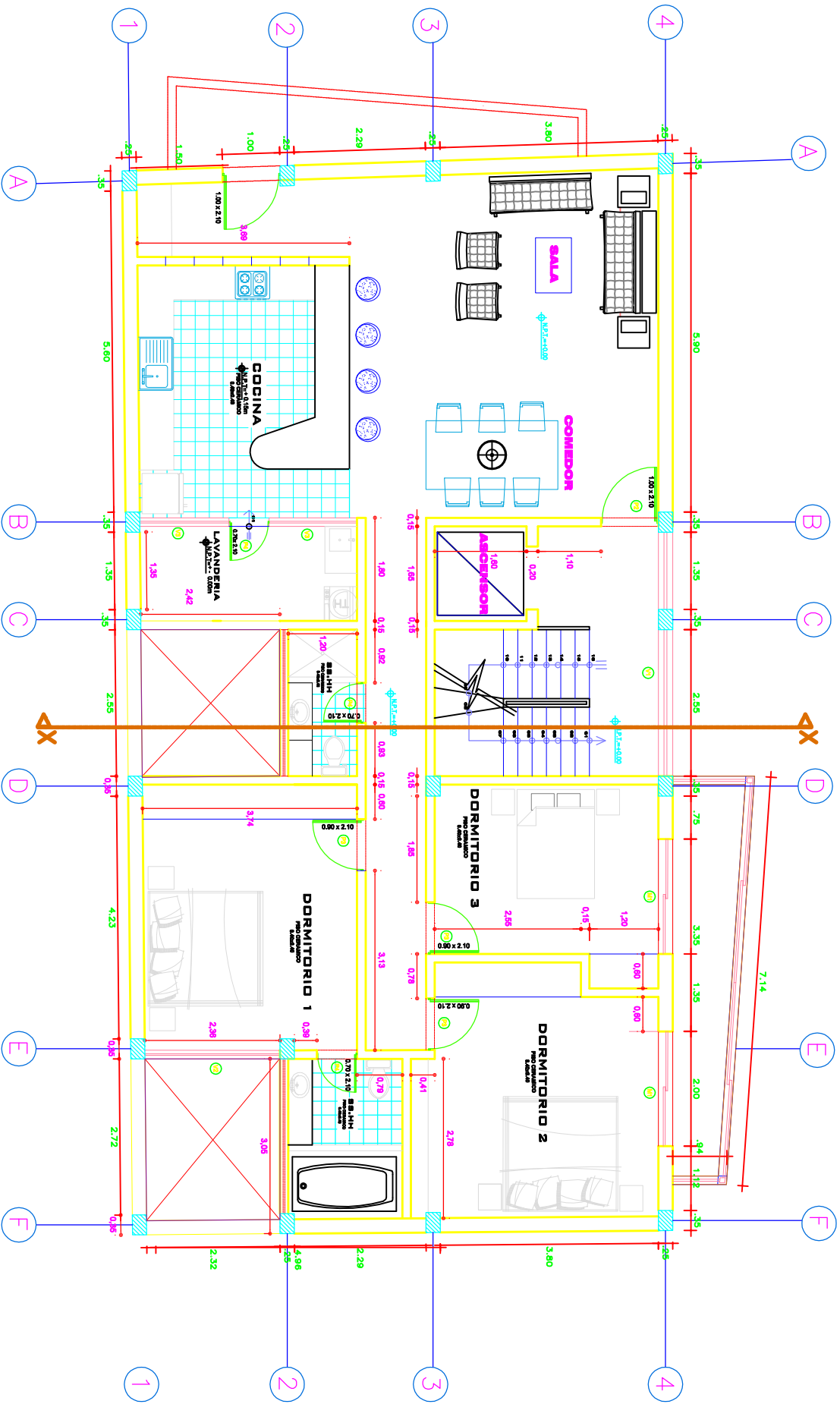
REVISADO

ESCALA: 1:100

FECHA: JULIO-2016

E-03





# 1ER PISO

ESC: 1/100

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

TESIS COMPARTAMIENTO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES MAS UN SOTANO DE ACUERDO A LA NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES AYACUCHO 2016

PRESENTADO POR: HENRY BAUTISTA YAURI

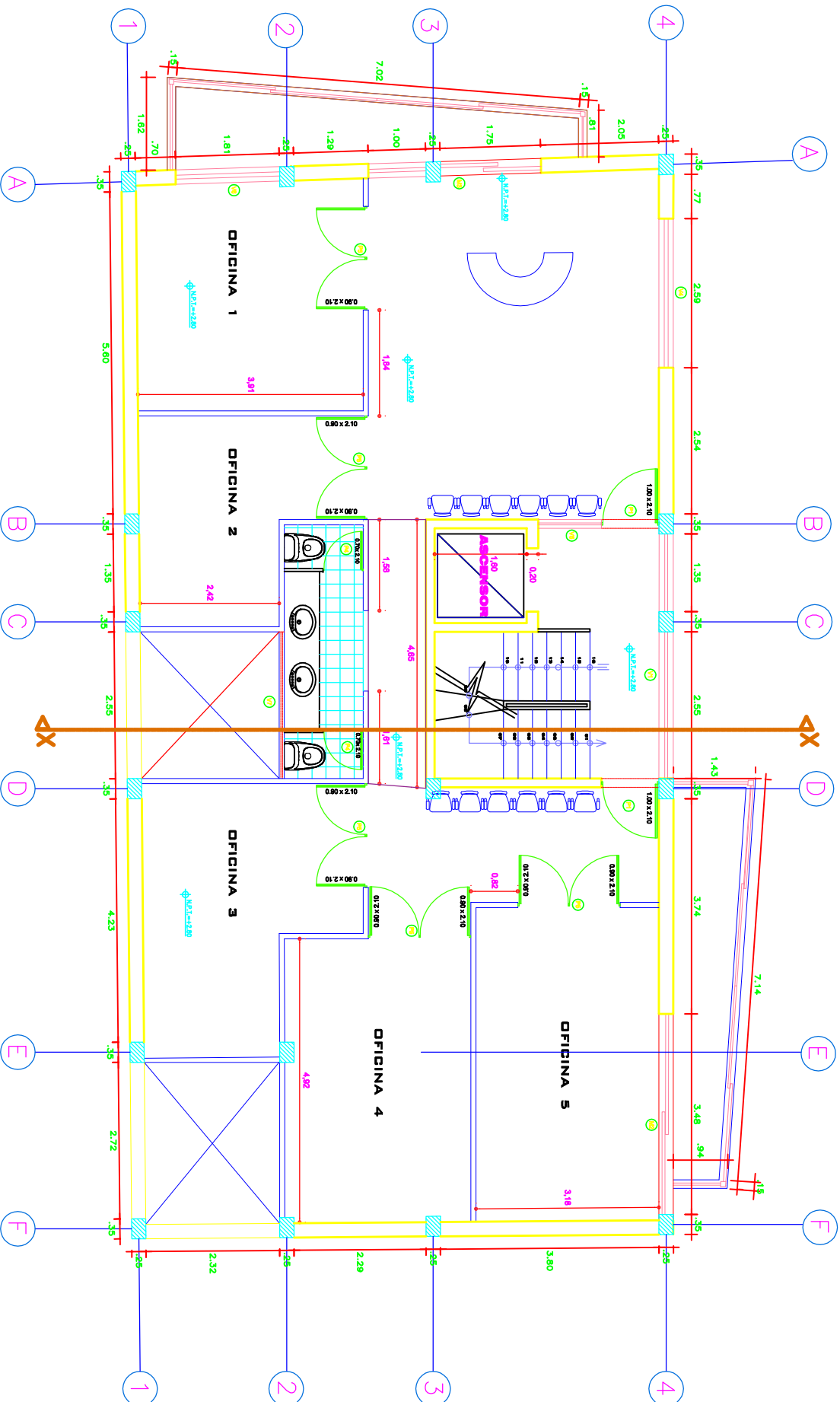
PROYECTO: EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MAS UN SOTANO

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA  
 REVISADO:  
 ESCALA: 1:100  
 FECHA: JUNIO-2016

LAMINA

**A-01**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA



# 2DO, 3ER PISO

ESC: 1/100

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL  
 DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



TESIS COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES MAS UN SOTANO DE ACUERDO A LA NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES AYACUCHO 2016

PRESENTADO POR: HENRY BAUTISTA YAURI

PROYECTO: EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MAS UN SOTANO

ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA

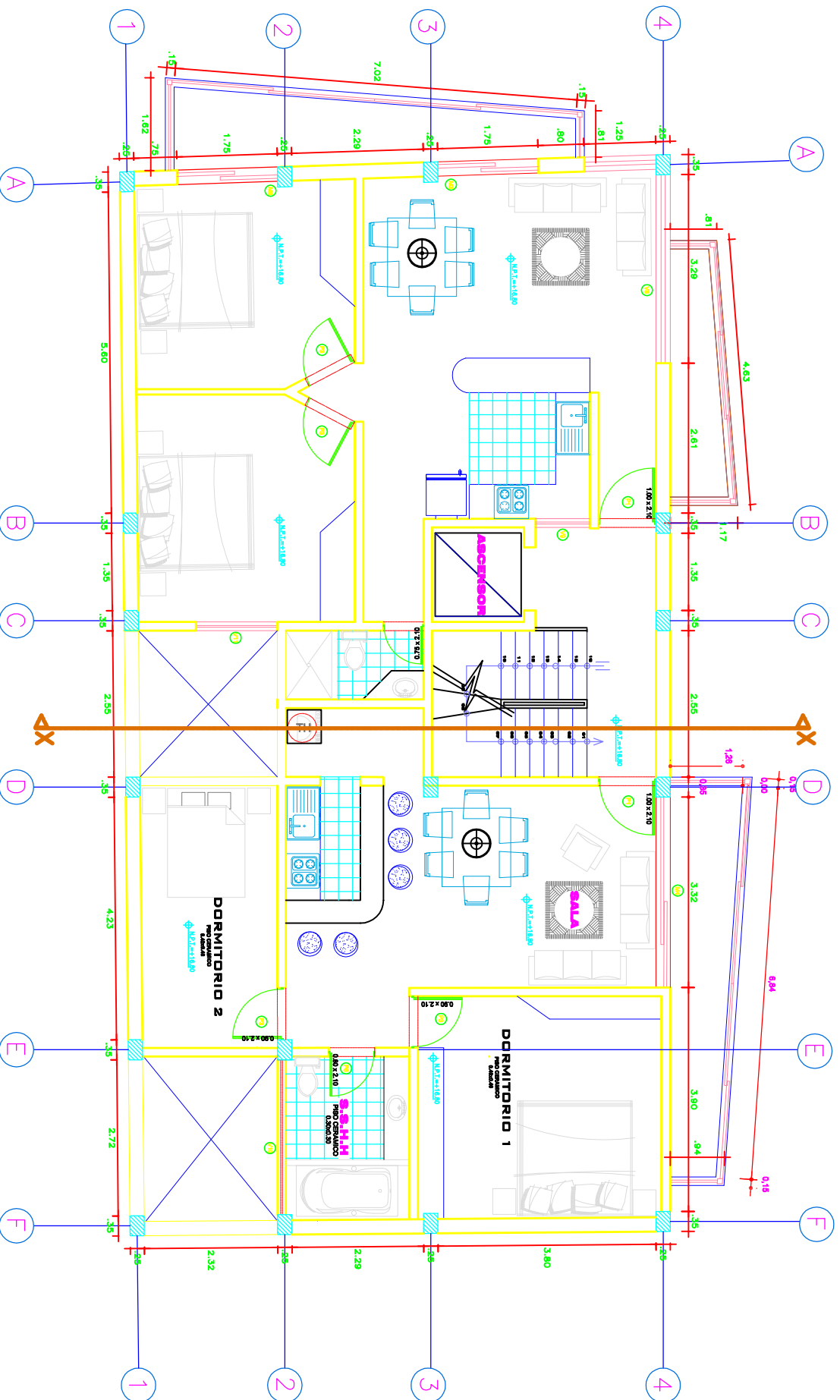
LAMINA

A-02

PLANO: DISTRIBUCION

ESCALA: 1:100

FECHA: MAYO-2016



# 4TO, 5TO, 6TO PISO

ESC: 1/100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



TESIS COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES MAS UN SOTANO DE ACUERDO A LA NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES AYACUCHO 2016

PRESENTADO POR: HENRY BAUTISTA YAURI

PROYECTO: EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MAS UN SOTANO

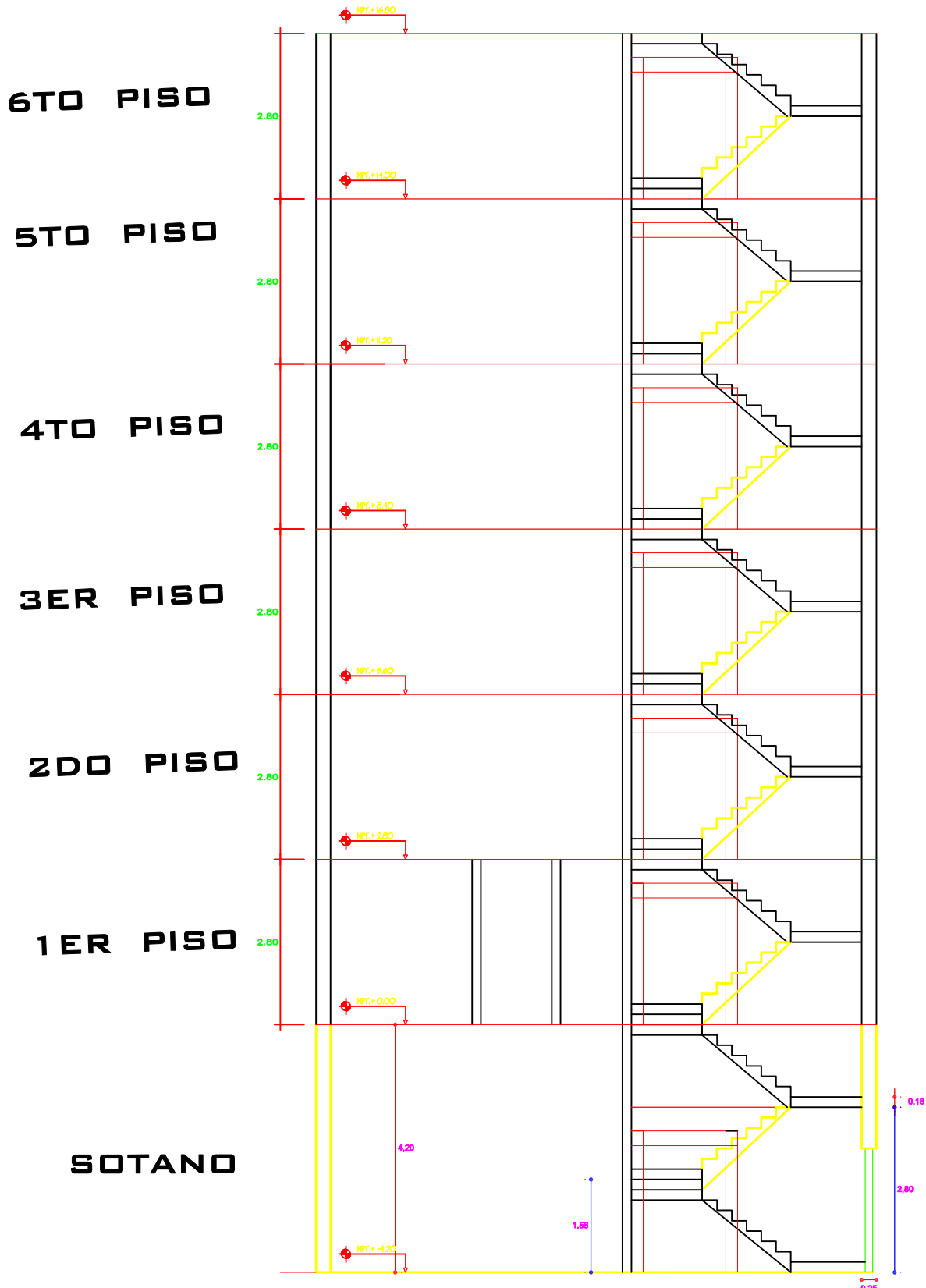
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA

LAMINA  
**A-03**

PLANO:  
 DISTRIBUCION

ESCALA:  
 1:100

FECHA:  
 MAYO-2016



VISTA ELEVACION, CORTE X-X

ESC: 1/100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL  
DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA



TESIS COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA ESTRUCTURA DE SEIS NIVELES MAS UN SOTANO DE ACUERDO A LA NORMA E.030 DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES AYACUCHO 2016		LAMINA	
PRESENTADO POR: HENRY BAUTISTA YAURI		<b>A-04</b>	
PROYECTO: EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 6 PISOS MAS UN SOTANO	PLANO: ELEVACION-CORTE	FECHA: JUNIO-2016	
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA	ESCALA: 1:100		