

# 1 Análisis Sísmico

## 1.1 Parámetros de sitio

### 1.1.1 Factor zona

Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en el suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años

Table 1: Factor de zona

FACTOR DE ZONA SEGÚN E-030	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10



Fuente: E-030 (2018)

### 1.1.2 Factor de suelo

Este factor se interpreta como un factor de modificación de la aceleración pico del suelo para un perfil determinado respecto al perfil tipo S1

Table 2: Factor de suelo

FACTOR DE SUELO SEGÚN E-030				
<div><div><i>SUELO</i></div><div><i>ZONA</i></div></div>	S0	S1	S2	S3
4	0.80	1.00	1.05	1.10
3	0.80	1.00	1.15	1.20
2	0.80	1.00	1.20	1.40
1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: E-030 (2018)

### 1.1.3 Periodos de suelo

Table 3: Periodos de suelo

PERIODO "Tp" y "Tl" SEGÚN E-030				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp	0.30	0.40	0.60	1.00
Tl	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: E-030 (2018)

#### 1.1.4 Sistema Estructural

Después de realizar el análisis sísmico se determino que los sistemas estructurales en X, Y son De muros estructurales y Dual respectivamente

Table 4: Coeficiente básico de reducción

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_o$
<b>Acero:</b>	
Porticos Especiales Resistentes a Momento (SMF)	8
Porticos Intermedios Resistentes a Momento (IMF)	5
Porticos Ordinarios Resistentes a Momento (OMF)	4
Porticos Especiales Concentricamente Arrriostrados (SCBF)	7
Porticos Ordinarios Concentricamente Arrriostrados (OCBF)	4
Porticos Excentricamente Arrriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Porticos	8
Dual	<b>7</b>
De muros estructurales	<b>6</b>
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	3
<b>Madera</b>	7

Fuente: E-030 (2018)

#### 1.1.5 Factor de Amplificación sísmica

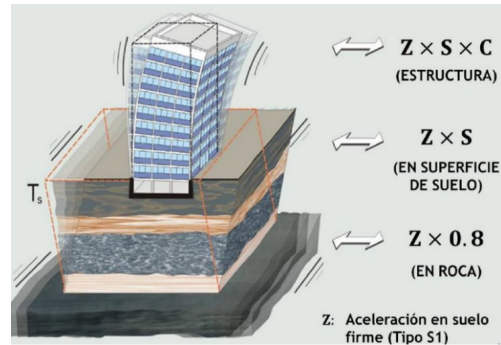
Se determina según el artículo 14 de la E-030

Figure 1: Factor de amplificación

$$T < T_P \quad C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left( \frac{T_P T_L}{T^2} \right)$$



Fuente: Muñoz (2020)

### 1.1.6 Factor de Importancia

Table 5: Factor de Uso o Importancia

CATEGORIA DE LA EDIFICACION		
CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A Edificaciones Escenciales	A1: Establecimiento del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el ministerio de salud.	Con aislamiento 1.0 y sin aislamiento 1.5.
	A2: Edificaciones escenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas que puedan servir de refugio después de un desastre.	<b>1.50</b>
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.	1.30
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.	1.00
D Edificaciones temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	A criterio del proyectista

Fuente: E-030 (2018)

### 1.1.7 Tabla resumen de parámetros sísmicos

Table 6: Resumen de parámetros sísmicos

PARÁMETROS SÍSMICOS		
	<b>X</b>	<b>Y</b>
<i>Factor de Zona (Tabla N° 1)</i>	<b>Z</b>	0.45
<i>Factor de Uso (Tabla N° 5)</i>	<b>U</b>	1.50
<i>Factor de Suelo (Tabla N° 3)</i>	<b>S</b>	1.05
<i>Periodos(Tabla N° 4)</i>	<b>T<sub>P</sub></b>	0.60
	<b>T<sub>L</sub></b>	2.00
<i>Coef. Básico de Reducción (Tabla N°7)</i>	<b>R<sub>o</sub></b>	6.00      7.00
<i>Irregularidad en altura (Tabla N°8)</i>	<b>I<sub>a</sub></b>	1.00      1.00
<i>Irregularidad en planta (Tabla N°9)</i>	<b>I<sub>p</sub></b>	1.00      1.00
<i>Coef. de Reducción (Artículo 22)</i>	<b>R</b>	6.00      7.00
	<b>ZUSg/R</b>	1.16      0.99

### 1.1.8 Espectro de respuesta de aceleraciones

Figure 2: Espectro de aceleraciones

### 1.1.9 Peso sísmico

#### Art. 26

*El peso ( $P$ ), se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga. En edificaciones de categoría C, se toma el 25% de la carga viva.*

### 1.1.10 Excentricidad accidental

#### Art. 28.5

*La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considera 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 se considera el signo más desfavorable.*

Para determinar el sentido mas desfavorable de la excentricidad accidental se calculó el centro de masa y centro de rigidez del edificio.

Figure 3: Excentricidad de la masa en ETABS

**E** Mass Source Data

Mass Source Name	Masa Sismica
<b>Mass Source</b>	
<input type="checkbox"/> Element Self Mass	
<input type="checkbox"/> Additional Mass	
<input checked="" type="checkbox"/> Specified Load Patterns	
<input checked="" type="checkbox"/> Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:	
This Ratio of Diaphragm Width in X Direction	-0.05
This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction	-0.05

Mass Multipliers for Load Patterns	
Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Dead	1
Live	0.25

**Mass Options**

- ☒ Include Lateral Mass
- ☐ Include Vertical Mass
- ☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

## 1.2 Análisis modal Art. 26.1 E-030

#### Art. 26.1.1

*Los modos de vibración pueden determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas.*

#### Art. 29.1.2

*En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero se toma en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.*

Table 7: Periodos y porcentajes de masa participativa

Mode	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
1	0.360	0.864	0.000	0.000	0.864	0.000	0.000
2	0.273	0.000	0.872	0.000	0.864	0.872	0.000
3	0.225	0.000	0.000	0.850	0.864	0.872	0.850
4	0.101	0.119	0.000	0.000	0.983	0.872	0.850
5	0.077	0.000	0.112	0.000	0.983	0.984	0.850
6	0.062	0.000	0.000	0.132	0.983	0.984	0.982
7	0.048	0.017	0.000	0.000	1.000	0.984	0.982
8	0.037	0.000	0.016	0.000	1.000	1.000	0.982
9	0.029	0.000	0.000	0.018	1.000	1.000	1.000

### 1.3 Análisis de Irregularidades

#### 1.3.1 Irregularidad de Rigidez-Piso Blando

Tabla N°9 E-030

Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga

Tabla N°9 E-030

Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

Table 8: Irregularidad de rigidez

Story	OutputCase	VX	VY	Rigidez Lateral(k)	70%k previo	80%Prom(k)	is_reg
Story3	SDx Max	37.537	9.565	18791.749			Regular
Story2	SDx Max	74.277	19.164	28433.680	13154.224		Regular
Story1	SDx Max	95.209	24.671	35703.618	19903.576		Regular

Table 9: Irregularidad de rigidez

Story	OutputCase	VX	VY	Rigidez Lateral(k)	70%k previo	80%Prom(k)	is_reg
Story3	SDy Max	11.261	31.883	18765.862			Regular
Story2	SDy Max	22.283	63.881	28442.075	13136.104		Regular
Story1	SDy Max	28.563	82.237	35708.771	19909.452		Regular

### 1.3.2 Irregularidad de Masa o Peso

#### Tabla N°9 E-030

Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos

Table 10: Irregularidad de Masa o Peso

Story	Masa	1.5 Masa	Tipo de Piso	is_reg
Story3	9.191		Azotea	Regular
Story2	13.850	20.774	Piso	Regular
Story1	14.612	21.918	Piso	Regular
Base	2.723		Sotano	Regular

### 1.3.3 Irregularidad Torsional

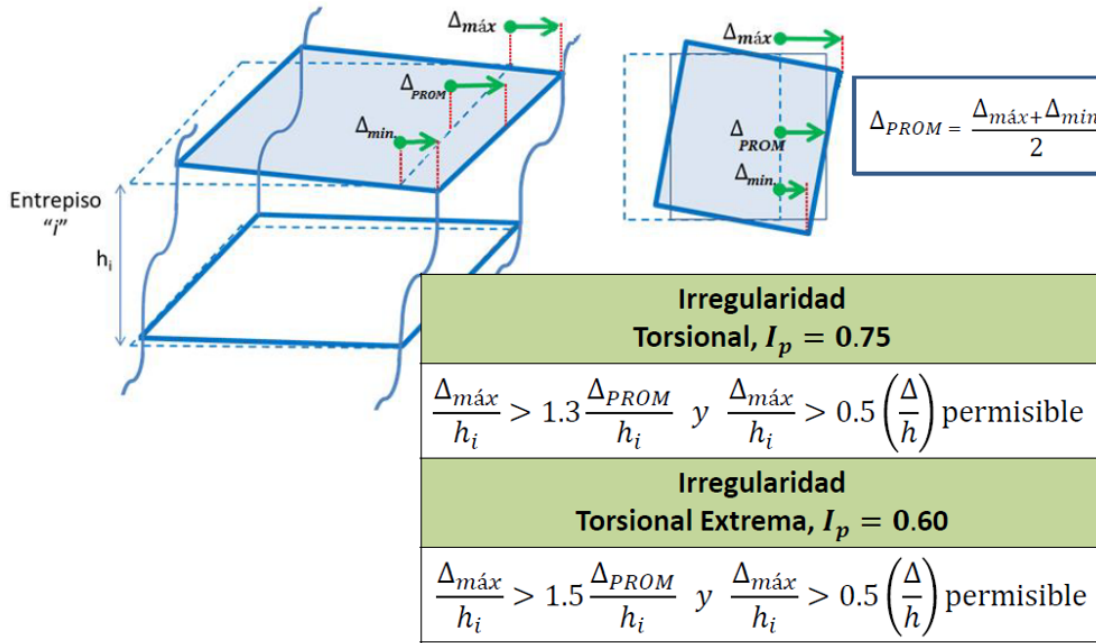
#### Tabla N°9 E-030

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis el desplazamiento relativo de entrepiso en un edificio ( $\Delta_{max}$ ) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la condición de carga ( $\Delta_{prom}$ ). 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

#### Tabla N°9 E-030

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis el desplazamiento relativo de entrepiso en un edificio ( $\Delta_{max}$ ) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la condición de carga ( $\Delta_{prom}$ ). 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

Figure 4: Irregularidad torsional



Fuente: Muñoz (2020)

Table 11: Irregularidad Torsional

Story	OutputCase	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Height	Drifts	< Driftmax/2	Es Regular
Story3	SDx Max	X	0.004028	0.003867	1.042	3.6	0.024168	False	Regular
Story3	SDx Max	Y	0.000643	0.000622	1.034	3.6	0.003858	False	Regular
Story2	SDx Max	X	0.004952	0.004773	1.037	3.6	0.029712	False	Regular
Story2	SDx Max	Y	0.000826	0.000802	1.03	3.6	0.004956	False	Regular
Story1	SDx Max	X	0.004885	0.004718	1.036	5	0.029310	False	Regular
Story1	SDx Max	Y	0.00083	0.000808	1.028	5	0.004980	False	Regular

Table 12: Irregularidad Torsional

Story	OutputCase	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Height	Drifts	< Driftmax/2	Es Regular
Story3	SDy Max	X	0.001227	0.00117	1.049	3.6	0.007362	False	Regular
Story3	SDy Max	Y	0.00176	0.001751	1.005	3.6	0.010560	False	Regular
Story2	SDy Max	X	0.001508	0.001443	1.045	3.6	0.009048	False	Regular
Story2	SDy Max	Y	0.002307	0.002297	1.004	3.6	0.013842	False	Regular
Story1	SDy Max	X	0.001486	0.001426	1.042	5	0.008916	False	Regular
Story1	SDy Max	Y	0.002355	0.002346	1.004	5	0.014130	False	Regular

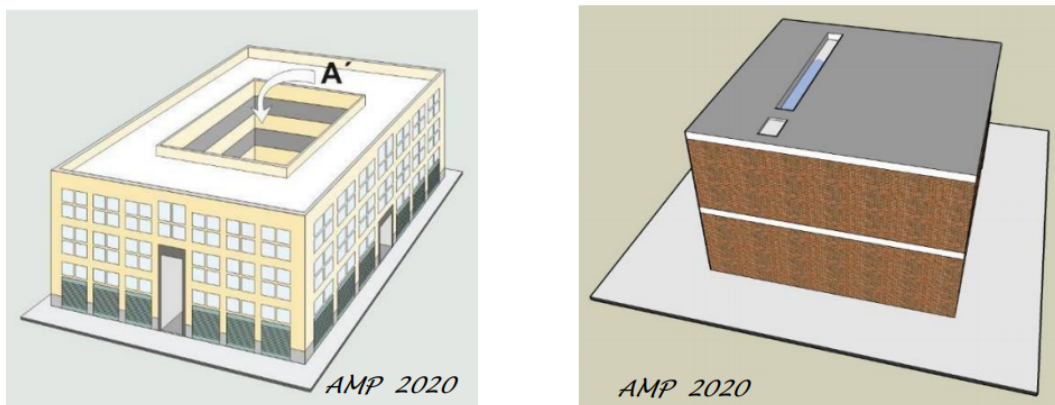
### 1.3.4 Irregularidad por Discontinuidad del Diafragma

#### Tabla N°9 E-030

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.

Figure 5: Irregularidad por discontinuidad del diafragma



Fuente: Muñoz (2020)

Table 13: Irregularidad por discontinuidad del diafragma (a)

Longitud del aligerado (L1)	7.51	m
Espesor del aligerado (e1)	0.05	m
Area del aligerado $A1=L1 \cdot e1$	0.38	$m^2$
Longitud de la losa maciza (L2)	2.25	m
Espesor de la losa maciza (e2)	0.2	m
Area de la losa maciza $A1=L1 \cdot e1$	0.45	$m^2$
Ratio	118.42	%
Ratio límite	25.00	%
Verificación	Regular	

Table 14: Irregularidad por discontinuidad del diafragma (b)

Abertura	Largo (m)	Ancho (m)	Área $m^2$
1	4.02	2.30	9.25
2	1.10	2.30	2.53
3	1.20	19.00	22.80
Área total de aberturas:			34.58 $m^2$
Área total de la planta:			120.41 $m^2$
Ratio:			28.72 %
Ratio límite:			50.00 %
Verificación:			Regular

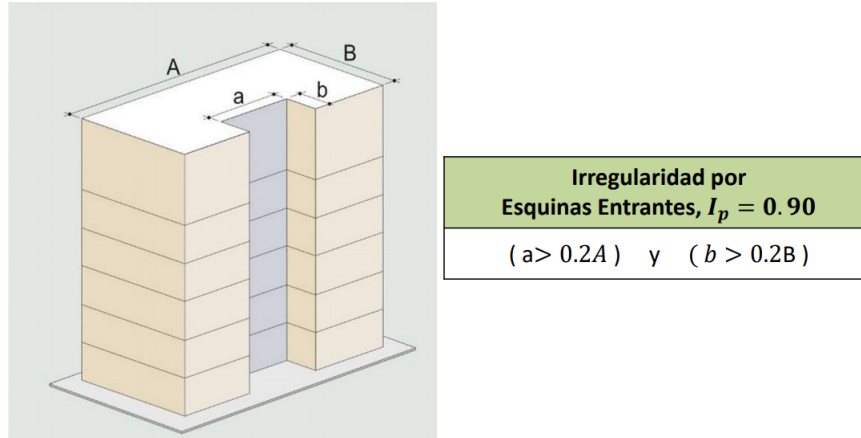
### 1.3.5 Irregularidad por Esquinas entrantes

Tabla N°9 E-030

*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*



Figure 6: Irregularidad por esquinas entrantes



Fuente: Muñoz (2020)

Table 15: Irregularidad por esquinas entrantes

Esquina entrante en X(a)	4.95	m
Esquina entrante en Y(b)	2.3	m
Dimensión total en X(A)	7.51	m
Dimensión total en Y(B)	15.28	m
a/A	65.91	%
b/B	15.05	%
Limite <	20.0	%
Verificación	<b>Regular</b>	

## 1.4 Análisis Dinámico Espectral Art. 29 E-030

El análisis dinámico modal espectral consiste calcular la respuesta para cada modo ingresando al espectro de pseudo-aceleraciones definido en 1.1.8, para posteriormente combinar los resultados según los criterios que se menciona en la norma E-030:

### 1.4.1 Criterios de combinación

#### Art. 29.3.1

*Mediante los criterios de combinación que se indican, se puede 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.*

#### Art. 29.3.2

*La respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) correspondiente al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados ( $r_i$ ) puede determinarse usando la combinación cuadrática completa de los valores calculados para cada modo.*

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_i r_i} \quad (1)$$

#### Art. 29.3.3

Donde  $r$  representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas, los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8\beta^2 (1 + \lambda) \lambda^{3/2}}{(1 - \lambda^2) + 4\beta^2 \lambda (1 + \lambda)^2} \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i} \quad (2)$$

Donde:

$\beta$ : fracción del amortiguamiento crítico, que se puede suponer constante para todos los modos igual a 0,05.

$\omega_j, \omega_i$ : son las frecuencias angulares de los modos  $i, j$

### 1.5 Determinación de desplazamientos laterales Art. 31 E-030

#### Art. 31.3.1

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calculan 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 calculan multiplicando por 0,85  $R$  los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Figure 7: Desplazamientos inelásticos

### 1.6 Verificación de derivas máximas Art. 32 E-030

Table 16: Derivas máximas

LIMITES PARA LA DISTORSION DE ENTREPISO	
Material predominante:	$\Delta_i/h_{ei}$
Concreto Armado	<b>0.007</b>
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

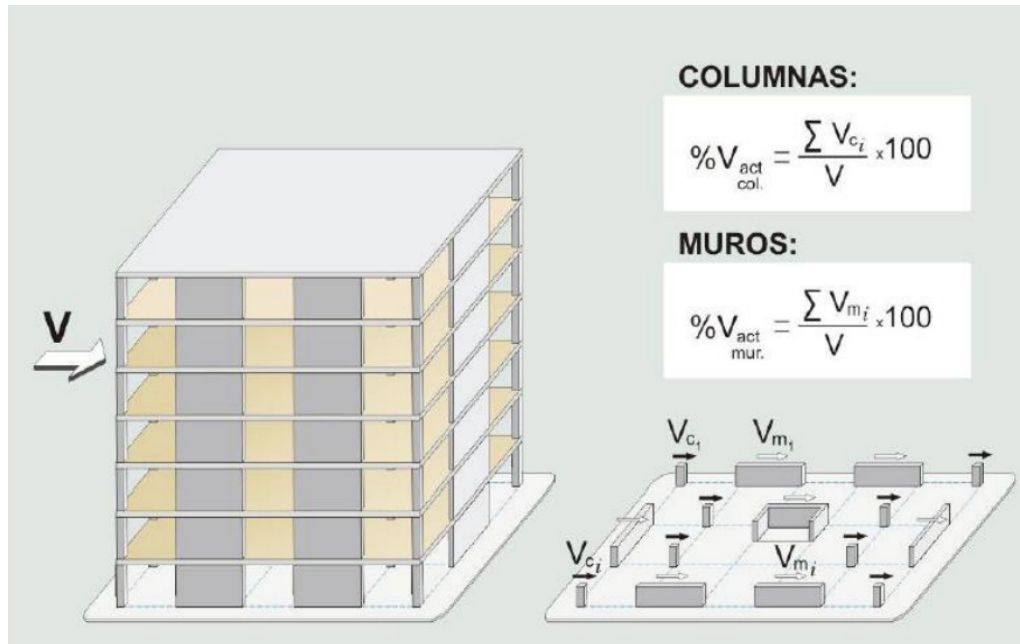
Fuente: E-030 (2018)

Figure 8: Derivas máxima de entrepiso

## 1.7 Verificación del sistema estructural

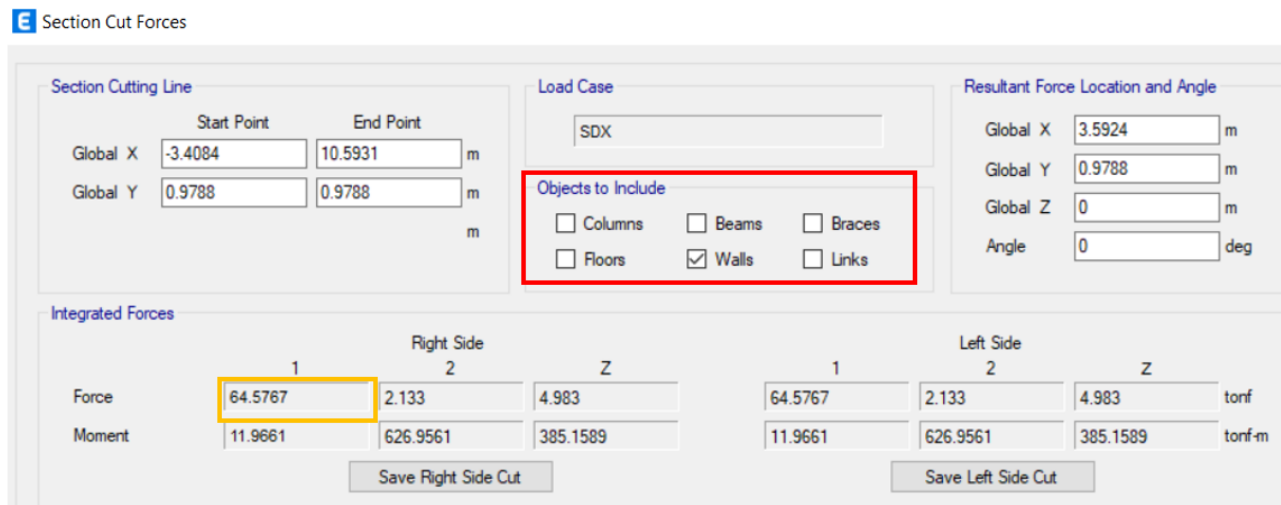
Se verificará que efectivamente se tiene un sistema estructural de muros en la dirección X, en la dirección Y no se verificara dado que no existen muros estructurales. Como se muestra en la figura 10 el valor de cortante que absorben los muros es de 64 ton, y la cortante total es aproximadamente 70 ton (ver figura 12) por lo que el porcentaje que toman los muros es mayor al 90%.

Figure 9: Sistema estructural



Fuente: Muñoz (2020)

Figure 10: Verificación del sistema estructural en X



Fuente: Muñoz (2020)

## 1.8 Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes Art. 28 E-030

### 1.8.1 Fuerza cortante en la base Art 28.2 E-030

#### Art. 28.2.1

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

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} P \quad \frac{C}{R} \geq 0,11 \quad (3)$$

Según el artículo 28.4.2 el periodo fundamental de vibración puede estimarse con la ecuación:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2\right)}{g \cdot \left(\sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i\right)}} \quad (4)$$

Donde:

$P_i$ : es el peso sísmico en el nivel i.

$f_i$ : 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.

$d_i$ : es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ . Los desplazamientos se calculan suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Lo anterior equivale a calcular los modos de vibrar en el modelo matemático restringiendo el grado de libertad de rotación. Lo anterior equivale a calcular los modos de vibrar en el modelo matemático restringiendo el grado de libertad de rotación.

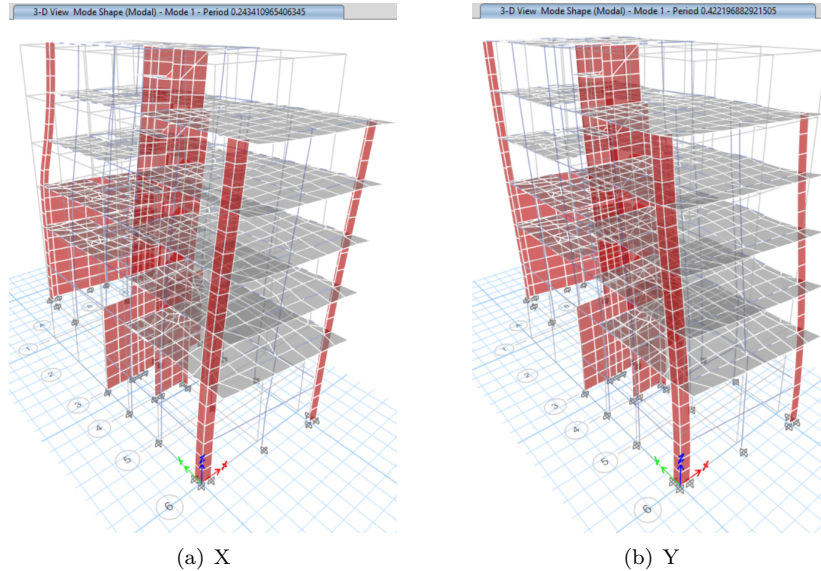


Figure 11: Periodos fundamentales en traslación pura

Table 17: Análisis sísmico estático

PARÁMETROS SÍSMICOS		
	X	Y
Factor de Zona (Tabla N° 1)	0.45	
Factor de Uso (Tabla N° 5)	1.50	
Periodos en traslación pura obtenidos del ETABS (Art. 28.4.2)	0.36	0.27
Factor de Amplificación (Art. 14)	2.50	2.50
Factor de Suelo (Tabla N°3)	1.05	
Coef. Básico de Reducción (Tabla N°7)	6.00	7.00
Irregularidad en altura (Tabla N°8)	1.00	1.00
Irregularidad en planta (Tabla N°9)	1.00	1.00
Coef. de Reducción (Artículo 22)	6.00	7.00
Verificación (Artículo 28.2.2)	C/R>0.11	0.42
Carga Muerta CM)	748.00	
Carga Viva CV)	108.84	
Peso sísmico (ETABS)	775.63	
Coeficientes	ZUCS/R	0.30
Cortante estática (Art.28.2)	V (ton)	229.05
Coeficiente k (Art.28.3.2)	k	1.00

## 1.9 Fuerza cortante mínima Art. 29.4 E-030

### Art. 29.4.1

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado según el artículo 25 para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

### Art. 29.4.2

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se escalan proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

Figure 12: Cortantes de entrepiso del AME

Table 18: Escalamiento de la cortante dinámica

	X	Y
V din (Ton)	95.21	82.24
V est (Ton)	-109.04	-93.45
% min	80.00	80.00
%	87.32	88.00
F.E.	1.00	1.00

## 1.10 Separación entre edificios Art. 33 E-030

### Art. 33.1

*Toda estructura está separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima  $s$  para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.*

### Art. 33.2

*Esta distancia no es menor que los  $2/3$  de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que:*

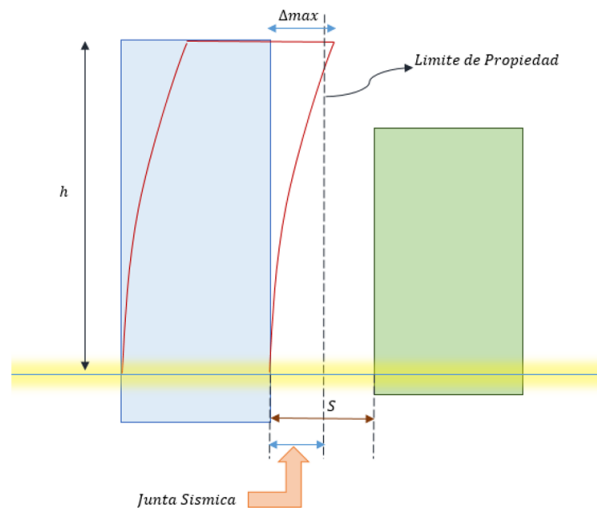
$$s = 0.006 h \geq 0.03 \text{ m} \quad (5)$$

Donde  $h$  es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar  $s$

### Art. 33.3

*El edificio se retira de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores que  $2/3$  del desplazamiento máximo calculado según el artículo 28 ni menores que  $s/2$  si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria.*

Figure 13: Separación entre edificios



Según lo calculado en la tabla 19 el edificio tendrá que ser separado del límite de propiedad 4.50 cm como mínimo en ambas direcciones, en el caso que no exista junta reglamentaria el edificio actual se separa del edificio existente el valor de  $s/2$  que le corresponde, más el valor  $s/2$  de la estructura vecina.

Table 19: Cálculo de la junta sísmica

<i>Altura del edificio</i>	<b>h</b>	1410	cm
<i>Separación mínima entre edificios</i>	<b>s=0.006h</b>	8.46	>3cm
<i>Separación mínima del límite de propiedad</i>	<b>s/2</b>	4.23	cm
<i>Desplazamiento máximo en X</i>	$\Delta_x$	4.81	cm
<i>Desplazamiento máximo en Y</i>	$\Delta_y$	6.07	cm
<i>Separación del límite de propiedad X</i>	<b>2/3<math>\Delta_x</math></b>	3.21	cm
<i>Separación del límite de propiedad Y</i>	<b>2/3<math>\Delta_y</math></b>	4.05	cm