



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Análisis, revisión y rehabilitación estructural de una escuela

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Miguel Angel Ramirez Olivera

ASESOR DE INFORME

Dr. Raúl Sánchez García



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL**
(Titulación con trabajo escrito)



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado ANALISIS, REVISION Y REHABILITACION ESTRUCTURAL DE UNA ESCUELA que presenté para obtener el título de INGENIERO CIVIL es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

MIGUEL ANGEL RAMIREZ OLIVERA
Número de cuenta: 418048018

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
DESCRIPCIÓN DEL TEMA PRINCIPAL Y DE LA EMPRESA	1
ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVOS Y ALCANCES	2
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA.....	3
2. NORMAS Y ESPECIFICACIONES.....	9
3. PROPIEDADES MECÁNICAS Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES.....	10
4. DEFINICIÓN DE CARGAS.....	11
4.1. CARGAS MUERTAS	11
4.2. CARGAS VIVAS.....	12
4.3. ACCIONES SÍSMICAS	13
5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	18
5.1. UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.....	18
5.2. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y ELECCIÓN DEL TIPO DE ANÁLISIS SÍSMICO.....	19
5.3. EFECTOS DE TORSIÓN.....	21
5.4. ANÁLISIS SÍSMICO.....	23
5.4.1. REQUISITOS DE REGULARIDAD.....	23
5.4.2. FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO Y DISTORSIONES LÍMITE.....	30
5.4.3. FACTORES PARA ESPECTRO DE DISEÑO.....	31
5.5. COMBINACIONES DE CARGA.....	32
5.6. COMBINACIONES DE ACCIONES.....	33
6. MODELO ESTRUCTURAL.....	35
6.1. DEFINICIÓN DE PROPIEDADES DE LA ESTRUCTURA EN EL MODELO.....	36
6.2. MODOS FUNDAMENTALES DE VIBRACIÓN.....	40
6.3. FUERZAS CORTANTES SÍSMICAS.....	43
6.4. CORTANTE BASAL MÍNIMO.....	44
6.5. REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES MÁXIMOS.....	45

6.6.	REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTO MAXIMOS VERTICALES	49
7.	REVISIÓN ESTRUCTURAL.....	50
7.1.	ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA.....	50
7.2.	ELEMENTOS DE CONCRETO.....	58
7.3.	COLUMNAS.....	58
7.3.1.	REVISIÓN A FLEXOCOMPRESIÓN.....	59
7.3.2.	REVISIÓN A FUERZAS LATERALES	62
7.4.	TRABES.....	64
7.4.1.	REVISIÓN A FLEXIÓN.	65
7.4.2.	REVISIÓN A CORTANTE.....	67
8.	CIMENTACIÓN.....	69
9.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN.	74
10.	REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL.....	75
10.1.	OBJETIVO DEL REHABILITADO.	75
10.2.	PROPUESTAS DEL REHABILITADO.	76
11.	ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REHABILITADO.....	77
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
	REFERENCIAS.....	87

INTRODUCCIÓN.

Durante mi estancia en “la empresa” con un puesto de ingeniero en análisis y revisión estructural, realice diversas actividades como parte de un equipo de CSE (corresponsable en seguridad estructural), entre ellas, el análisis numérico, emisión de conclusiones y rehabilitación estructural del proyecto al que me referiré de aquí en adelante como “la escuela”.

Este informe que lleva por nombre “Análisis, revisión y rehabilitación estructural de una escuela” refleja los trabajos, procedimientos, consideraciones, resultados y acciones necesarias para que “la escuela” cumpla con los artículos 71, 71 bis, 71 ter y 71 quater del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF) - 22 abril 2022, así como las Normas Técnicas Complementarias y normatividades vigentes y aplicables mencionadas en el desarrollo del trabajo, siendo la finalidad de verificar la seguridad y correcto funcionamiento estructural del edificio de acuerdo con el uso dado.

A continuación, presento el desarrollo del trabajo considerando cada etapa que éste tuvo, así como las actividades complementarias hechas por mi parte y en conjunto como parte de un equipo de CSE.

DESCRIPCIÓN DEL TEMA PRINCIPAL Y DE LA EMPRESA

La empresa donde laboro actualmente, a la cual me referiré de aquí en adelante como “la empresa”, tiene como objetivo la revisión estructural, emisión de comentarios como CSE y Director Responsable de Obra (DRO) desde un punto de vista estructural, el diseño de ingeniería (acero, concreto y postensado) y la rehabilitación de edificios.

Es importante hacer mención que los trabajos como CSE abarcan únicamente al territorio de la Ciudad de México, actuando como CSE de Nivel 1 y 2, mientras que como DRO aplica a la República Mexicana.

ANTECEDENTES

La Ciudad de México al ser una zona con cierto grado de riesgo sísmico está propensa a sufrir siniestros en sus edificaciones. Aunado a esto, autoridades gubernamentales y de consulta, tales como el ISC (Instituto para la seguridad de las construcciones), la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Secretaría de Protección Civil, entre otras, han solicitado llevar a cabo revisiones en las construcciones con el objetivo de verificar su seguridad estructural. Una forma de confirmar que dichas evaluaciones satisfacen los criterios necesarios para que el cuerpo sea considerado seguro, es la Constancia de Verificación de Seguridad Estructural.

A raíz de los sismos ocurridos en septiembre de 2017 en México y específicamente, la forma en como afectó a la CDMX dio pauta para que reglamentos y organismos aumentaran la prevención de daños en los sistemas estructurales, especialmente en aquellas construcciones clasificadas en el grupo A y subgrupo B1 de acuerdo con el artículo 139 del RCDF (abril 2022), por lo que, de manera particular, la emisión de una Constancia de Verificación de Seguridad Estructural hoy en día debe cumplir con un proceso y múltiples etapas:

- a. Inspección ocular y recopilación de datos del edificio.
- b. Trabajos en campo y/o pruebas en sitio para conocer propiedades mecánicas de los materiales, geometría de la estructura, irregularidades o estudios de geotecnia
- c. Revisión de la seguridad estructural del edificio mediante un modelo matemático.
- d. Emisión de conclusiones y/o recomendaciones.
- e. Elaboración del proyecto de rehabilitación del edificio, en caso de ser necesario.
- f. Ejecución del proyecto y registro de la CVSE.

OBJETIVOS Y ALCANCES

El proyecto “la escuela” fue desarrollado con el objetivo de emitir una Constancia de Verificación de Seguridad Estructural a un edificio con uso escolar, y de acuerdo con lo descrito anteriormente, en este reporte describo el procedimiento que llevé a cabo para asegurarme que la estructura cumpliera con los requisitos normativos de acuerdo con su uso. Así mismo, se llevo a cabo el proyecto de rehabilitado de la misma estructura pues de acuerdo con las conclusiones hechas, el estado actual de la escuela no aseguraba el correcto comportamiento y estabilidad para ser considerada como segura.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA.

El proyecto que revisé es un inmueble de enseñanza de dos grados, kínder y primaria, sin embargo, el alcance de este reporte involucra únicamente al cuerpo destinado a nivel primaria.

El cuerpo que revise consta de una estructura a base de muros de mampostería confinada con piezas macizas de tabique rojo recocido. El sistema de piso de cada nivel consta de losa maciza de concreto reforzado.

Tiene dos niveles a partir del nivel de banquetta (PB-N1); La altura máxima del cuerpo es de 5.7 (m) a partir del N+0.00 (considerado a nivel de banquetta). La planta baja tiene una altura de 2.7 metros y el Nivel 1 entrepiso de 3.0 metros (considerando la pendiente del techo). La cimentación es considerada a base de zapatas corridas, debido a la falta de planos estructurales y el estudio en el suelo no define la geometría de la misma. La losa de azotea se conforma de un techo a dos aguas.

Es importante considerar que el uso original de la escuela era de vivienda, pero después paso a convertirse en uso "escolar".

La localización del predio no la mencionare en este reporte por cuestiones de confidencialidad, sin embargo, es importante mencionar que el lugar donde esta construida es un factor importante para el correcto análisis estructural, revisión y evaluación de las condiciones actuales.

Los trabajos dentro del alcance como CSE constaron de levantamiento estructural en sitio, extracciones de corazón, escaneos sobre elementos de concreto para conocer su armado, dictamen técnico en geotecnia y trabajos de topografía para conocer posibles hundimientos y verticalidades.

Las figuras 1 a 6 muestran las plantas del levantamiento estructural, así como los resultados de las pruebas hechas en sitio. En las figuras 7 a 10 se anexan algunas capturas tomadas como parte de la inspección ocular del cuerpo a revisar.

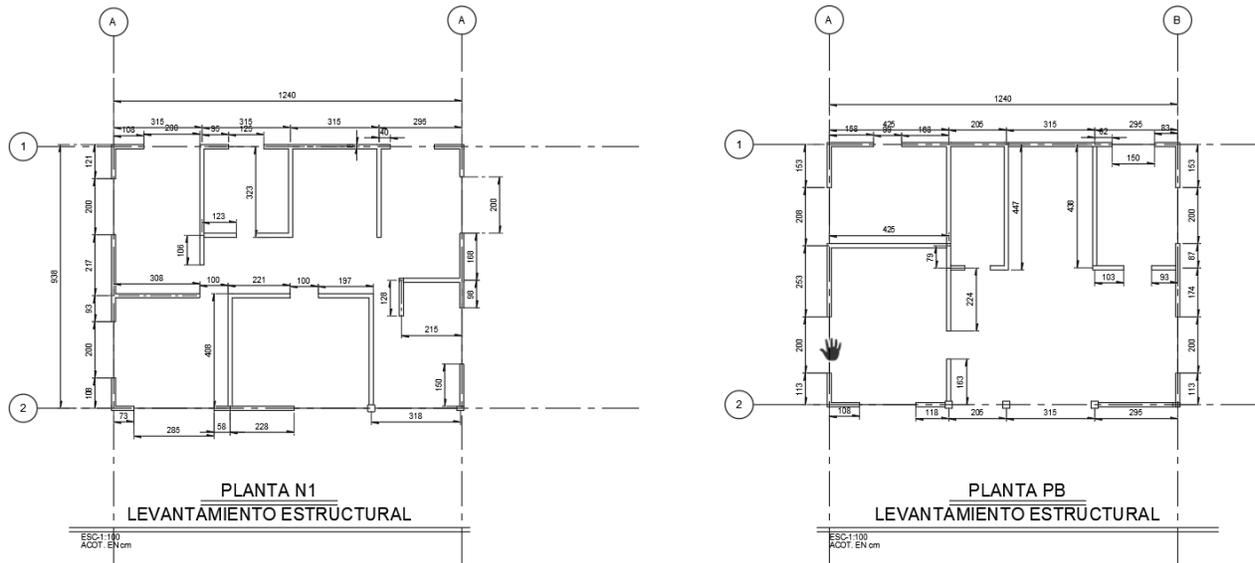


Figura 1. Planta estructural - Levantamiento estructural

7.- RESULTADOS DE LABORATORIO.

		 OBRA: 		
DATOS DEL ENSAJE	ENSAYE No. 168634 NOMBRE DEL ELEMENTO COLUMNA TOMADA DEL NIVEL / EJE D-1	168635 COLUMNA D-2	168636 COLUMNA D-3	
DATOS DE LA OBRA	PROPORCIONAMIENTO: C (kg/cm ³) No. REV. PROYECTO cm CEMENTO MARCA Y TIPO ADICIONANTE MARCA Y TIPO CANTIDAD PROF. TRIALADO	CEMENTO CONSUMO ADICIONANTE MARCA Y TIPO CANTIDAD USADA FINALIDAD	EQUIPO DE MEZCLADO Y DE SU CAPACIDAD TIPO DE VIBRADOR UTILIZADO AGUA CONSUMO POR BACO REVENIMIENTO: cm	
DATOS DEL ENSAJE	DIAMETRO: cm 4.42 REGION: cm 15.34 ALTURA: 8.80 RELACION DE ESBELTEZ 1.9910 FACTOR DE CORRECCION 0.9995	4.42 15.34 8.60 1.9457 0.9978	4.42 15.34 8.85 2.0023 1.0000	
DATOS DEL ENSAJE	TIPO DE PRUEBA PROCEDIMIENTO DE CURADO CARGA DE RUPTURA: kg 4.500 RESISTENCIA: kg/cm ² 293.3 RESISTENCIA CORREGIDA: kg/cm ² 293.2	COMPRESION AXIAL SIMPLE INMERSION TOTAL EN AGUA 3.600 234.6 234.1		
RESULTADOS OBTENIDOS	RESISTENCIA PROMEDIO DE LA LOSA 263.6	REG: CM(% de f' c)	NBS-G-188-GRACE-2009
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LAS MUESTRAS ENSAYADAS PRESENTAN UN f _{cd} de 300 kg/cm ² . TOMANDO EN CUENTA QUE 85 % DE 300 ES ACEPTABLE.				

Figura 2. Resultados de pruebas de extracciones de corazón.

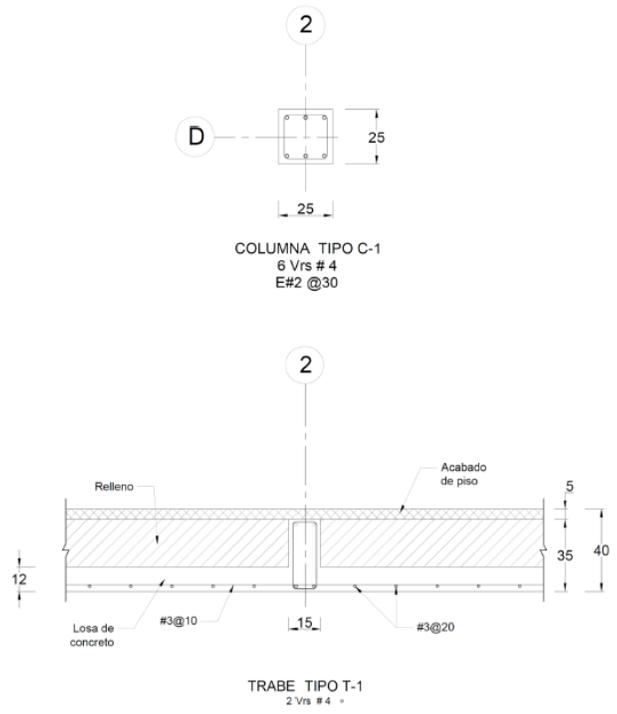


Figura 3. Resultado de escaneos en elementos de concreto.

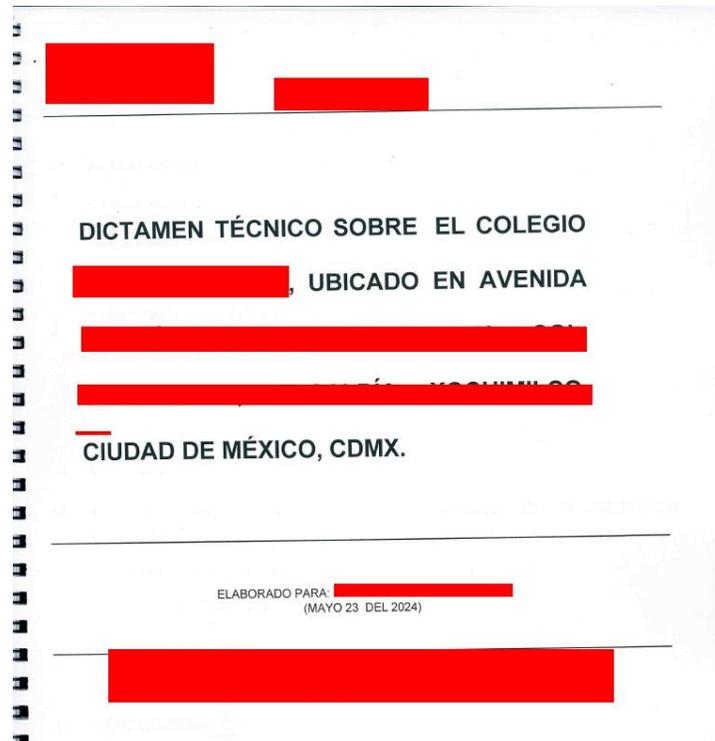


Figura 4. Dictamen técnico en geotecnia.

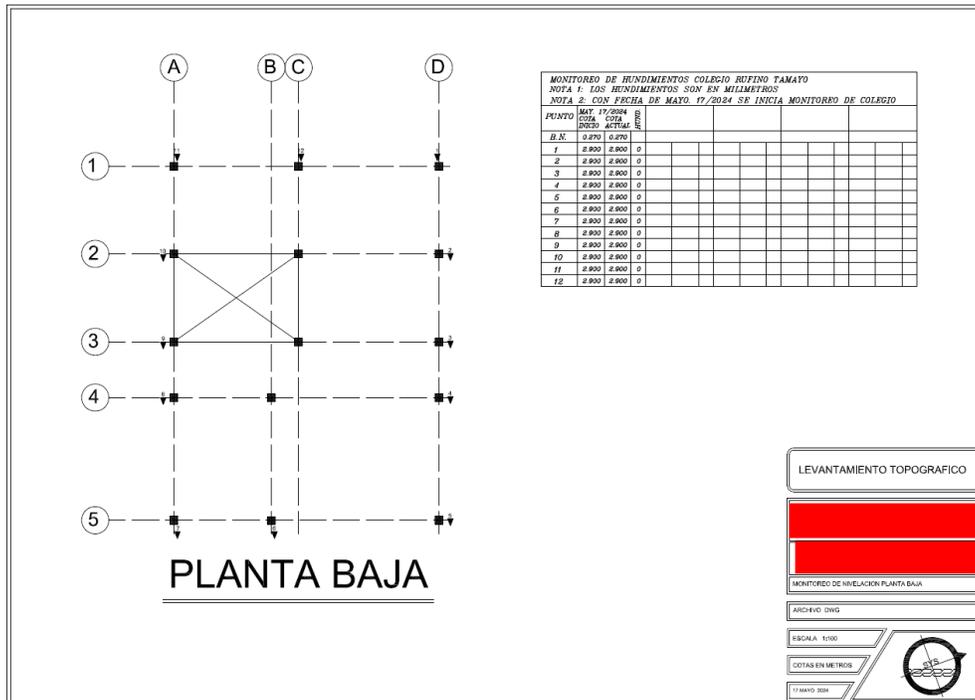


Figura 5. Levantamiento topográfico. Hundimientos en sitio.

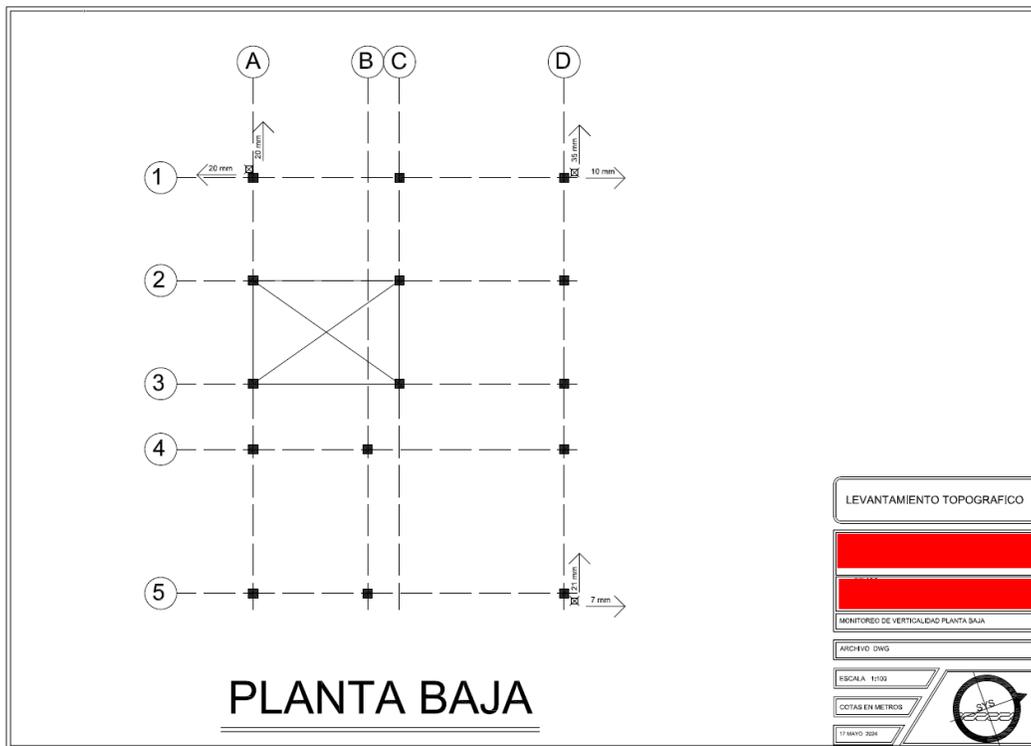


Figura 6. Levantamiento topográfico. Verticalidad.



Figura 7. Levantamiento e inspección visual de "la escuela".

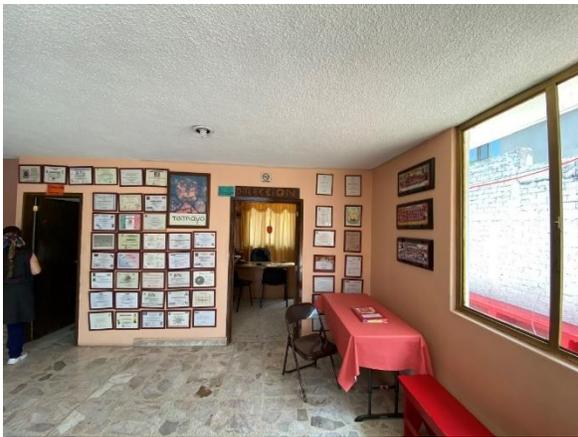


Figura 8. Levantamiento e inspección visual de "la escuela". Zona interior.



Figura 9. Cuerpos aledaños (No están dentro del alcance de revisión).



Figura 10. Verticalidad sobre elementos estructurales.

2. NORMAS Y ESPECIFICACIONES.

La revisión y modelación de la estructura se realizó con apoyo del programa ETABS 19, de acuerdo con los parámetros de diseño estipulados en el RCDF y sus Normas Técnicas Complementarias que en su momento se mantuvieron vigentes, las cuales se enlistan a continuación.

- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), Gaceta oficial de la Ciudad de México, actualización 22 de abril 2022.
- Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto (NTC-concreto). Gaceta oficial de la Ciudad de México. 20 de Julio de 2021.
- Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo (NTC-sismo). Gaceta oficial de la ciudad de México. 09 de junio de 2020.
- Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de cimentaciones (NTC-Cimentaciones). Gaceta Oficial de la Ciudad de México. 15 de diciembre de 2017
- Normas Técnicas Complementarias sobre criterios y acciones para el Diseño Estructural de las edificaciones (NTC-Acciones). Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería. Gaceta oficial de la Ciudad de México. 19 de octubre de 2020.
- Edificaciones de Mampostería. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C. 2019.



Figura 11. Bibliografía empleada para el análisis sísmico y diseño de la estructura

En conjunto con la normativa y el material de consulta, se utilizó la página web para diseño de acciones accidentales por sismo Sistema de Acciones Sísmicas de Diseño (SASID – versión anterior al 2023) como información de proyecto.

3. PROPIEDADES MECÁNICAS Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES.

Las tablas 1 y 2 muestran las propiedades mecánicas y resistencia de los materiales considerados en el análisis y modelado 3D de la estructura, entre ellos se encuentran el concreto f'_c 300 kg/cm² en columnas y trabes de PB y Nivel 1, para el caso de losas, se considera una resistencia de 250 kg/cm², de acuerdo con los resultados obtenidos de las pruebas hechas en sitio. La mampostería se tomará como $f_m = 15$ kg/cm², $v_m = 2$ kg/cm², un peso volumétrico de 1.5 kg/cm³ (incluyendo el peso por recubrimiento).

Tabla 1. Propiedades de los materiales (concreto)

Elemento	Resistencia característica f'_c	Módulo de elasticidad	Módulo de Poisson μ	Peso volumétrico γ
Losas de entepiso	250 kg/cm ²	221,359 kg/cm ²	0.20	2.40 ton/m ³
Columnas y Trabes	300 kg/cm ²	242,487 kg/cm ²	0.20	2.40 ton/m ³
Castillos y dalas	200 kg/cm ²	113,137 kg/cm ²	0.20	2.40 ton/m ³

Tabla 2. Propiedades de los materiales (acero de refuerzo)

Tipo	Resistencia a fluencia f_y	Módulo de elasticidad E_s	Peso volumétrico γ
Varilla corrugada	4,200 kg/cm ²	2,100,000 kg/cm ²	7.85 ton/m ³

4. DEFINICIÓN DE CARGAS.

4.1. CARGAS MUERTAS

Las tablas 3 a 5 muestran las cargas muertas consideradas para el análisis y modelación. Se describen para cada uso de entrepiso diferente con los que cuenta la estructura.

Tabla 3. Cargas muertas para losa de piso de entrepiso

LOSAS DE ENTREPISO. ÁREA DE AULAS	
Losa maciza de 12 cm espesor	288.00 kg/m ²
Carga adicional RCDF NTC-Acciones 5.1.2	40.00 kg/m ²
Instalaciones	5.00 kg/m ²
Azulejo	15.00 kg/m ²
Firme	60.00 kg/m ²
Pegazulejo	22.50 kg/m ²
Relleno (tezontle)	300.00 kg/m ²
TOTAL CM =	730.50 kg/m²

Tabla 4. Cargas muertas para losa < 5%

LOSA DE AZOTEA	
Losa de concreto de 12 cm espesor	288.00 kg/m ²
Carga adicional RCDF NTC-Acciones 5.1.2	40.00 kg/m ²
Relleno	150.00 kg/m ²
Instalaciones	5.00 kg/m ²
Firme	40.00 kg/m ²
Impermeabilizante	30.00 kg/m ²
Acabado de yeso	37.50 kg/m ²
TOTAL CM =	590.5 kg/m²

Tabla 5. Cargas muertas para escaleras

ESCALERAS	
Acabados	70.00 kg/m ²
TOTAL CM =	70.00 kg/m²

4.2. CARGAS VIVAS.

Las tablas 6 y 7 muestran las cargas vivas consideradas para el análisis y modelación, tomadas de la sección “6. ACCIONES VARIABLES” de las NTC-Acciones y criterios (2017). Se describe para cada uso de entrepiso diferente con los que cuentan los cuerpos.

Tabla 6. Cargas vivas para losas de entrepiso uso educacional

LOSA DE ENTREPISO: USO EDUCACIONAL AULAS	
CV _{max} =	250 kg/m ²
CV _{acc} =	180 kg/m ²
CV =	100 kg/m ²

Tabla 7. Cargas vivas para losa de azotea

LOSA DE AZOTEA > 5%	
CV _{max} =	40 kg/m ²
CV _{acc} =	20 kg/m ²
CV =	5 kg/m ²

4.3. ACCIONES SÍSMICAS

La participación sísmica la considere conforme a la sección “3. ESPECTROS PARA DISEÑO SÍSMICO” de las NTC-Diseño sísmico, ya que estoy empleando un método de análisis dinámico modal (lo justifico en el apartado 5.2 de este reporte). Las acciones sísmicas de diseño se determinan a partir de los espectros de diseño contenidos en el Sistema de Acciones Sísmicas de Diseño (SASID-versión anterior al 2023), conforme a la ubicación de “la escuela”.

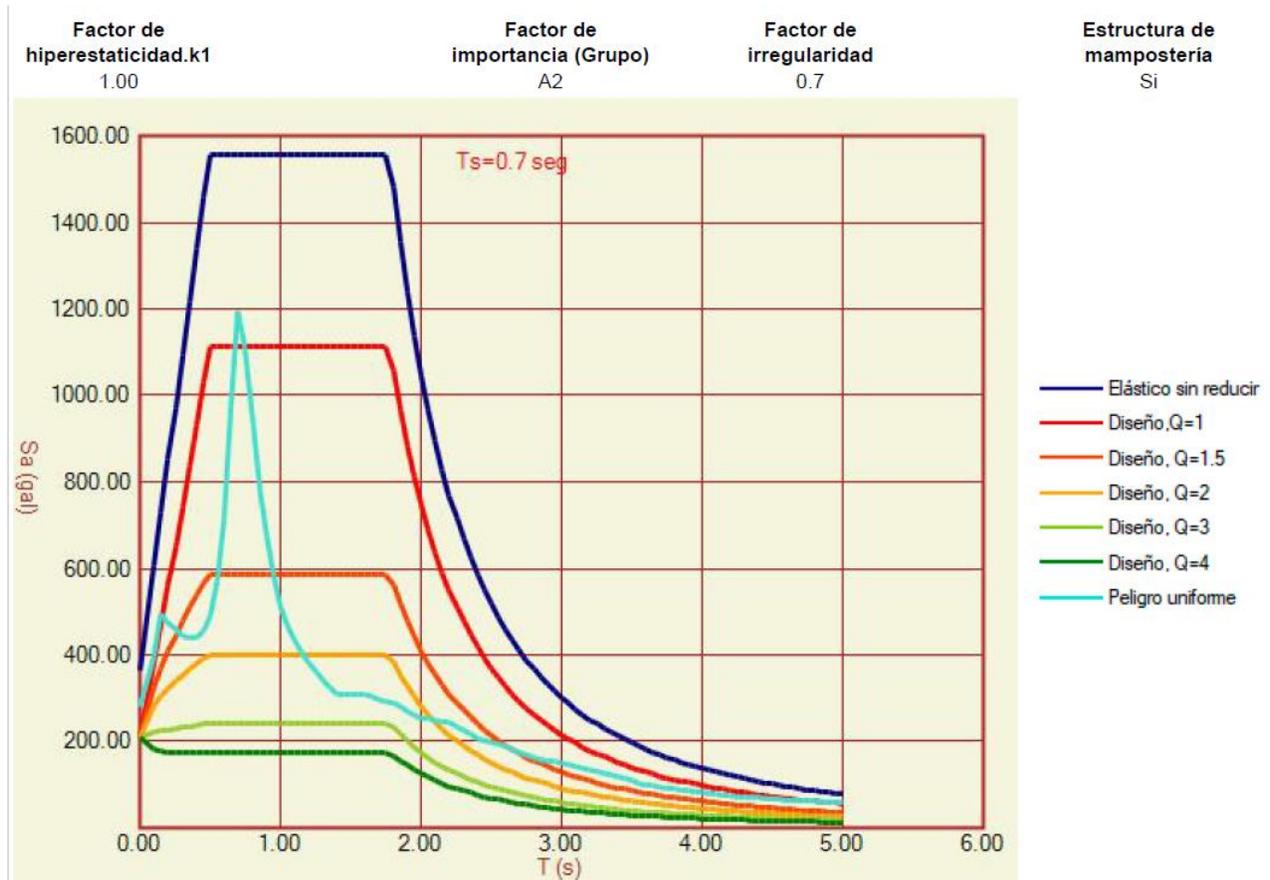


Figura 12. Datos de salida del SASID para el análisis en Dirección X y Y.

Periodo	EPU	Elástico	ED(Q=1.0)	ED(Q=1.5)	ED(Q=2)	ED(Q=3)	ED(Q=4)
0.000	280.3	364.3	208.2	208.2	208.2	208.2	208.2
0.100	394.8	607.5	381.6	322.8	279.8	220.8	182.4
0.150	496.3	729.0	468.4	368.0	303.0	223.9	177.6
0.200	473.4	850.6	557.3	408.5	322.5	226.9	175.0
0.250	458.1	972.2	648.1	445.4	339.3	229.8	173.7
0.300	444.9	1093.7	740.9	479.2	354.2	232.7	173.3
0.350	439.6	1215.3	835.7	510.5	367.5	235.5	173.3

Folio: NTCDS-CDMX-2024-11-9024, página 1 de 5

0.400	441.4	1336.9	932.4	539.6	379.6	238.3	173.7
0.450	455.8	1458.4	1031.0	566.8	390.8	241.1	174.3
0.500	489.2	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
0.550	570.5	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
0.600	712.0	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
0.650	974.1	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
0.700	1196.7	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
0.750	1114.5	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
0.800	934.9	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
0.850	781.1	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
0.900	671.8	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
0.950	580.7	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.000	510.9	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.050	468.8	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.100	434.9	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.150	406.9	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.200	383.4	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.250	361.4	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.300	342.1	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.350	324.9	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.400	309.7	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.450	309.0	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.500	308.9	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.550	309.4	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.600	310.3	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.650	304.0	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.700	298.3	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.750	293.1	1555.7	1111.2	587.4	399.2	243.3	175.0
1.800	288.4	1483.0	1059.3	562.5	382.9	233.7	168.1
1.850	279.4	1353.0	966.5	517.6	353.5	216.3	155.8
1.900	270.9	1238.3	884.5	477.6	327.1	200.7	144.7
1.950	262.8	1136.6	811.8	441.8	303.4	186.6	134.7
2.000	255.0	1046.1	747.2	409.6	282.1	173.9	125.7
2.050	252.0	965.4	689.6	380.6	262.9	162.4	117.5
2.100	249.2	893.1	637.9	354.5	245.4	151.9	110.0
2.150	246.5	828.2	591.6	330.8	229.6	142.4	103.2
2.200	244.1	769.7	549.8	309.3	215.1	133.7	97.0
2.250	234.6	716.9	512.1	289.7	202.0	125.8	91.3
2.300	225.3	669.1	477.9	271.8	189.9	118.5	86.1
2.350	216.3	625.7	446.9	255.5	178.9	111.8	81.3
2.400	207.4	586.2	418.7	240.6	168.8	105.7	76.9
2.450	202.5	550.1	392.9	226.8	159.4	100.0	72.9

2.500	197.7	517.2	369.4	214.2	150.8	94.8	69.1
2.550	193.8	487.0	347.8	202.6	142.9	89.9	65.6
2.600	190.1	459.3	328.0	191.8	135.6	85.4	62.4
2.650	183.0	433.8	309.8	181.9	128.7	81.3	59.4
2.700	175.9	410.3	293.1	172.7	122.4	77.4	56.6
2.750	168.7	388.6	277.6	164.2	116.5	73.8	54.0
2.800	161.6	368.5	263.2	156.2	111.1	70.4	51.5
2.850	158.9	349.9	249.9	148.8	106.0	67.2	49.2
2.900	156.2	332.7	237.6	141.9	101.2	64.3	47.1

Folio: NTCDS-CDMX-2024-11-9024, página 2 de 5

2.950	153.5	316.6	226.2	135.5	96.7	61.5	45.1
3.000	150.8	301.7	215.5	129.5	92.6	58.9	43.2
3.050	147.3	287.8	205.5	123.9	88.7	56.5	41.5
3.100	143.7	274.8	196.3	118.6	85.0	54.2	39.8
3.150	140.1	262.6	187.6	113.7	81.5	52.1	38.3
3.200	136.6	251.2	179.5	109.0	78.3	50.1	36.8
3.250	131.7	240.6	171.9	104.6	75.2	48.1	35.4
3.300	126.8	230.6	164.7	100.5	72.3	46.3	34.1
3.350	121.9	221.2	158.0	96.6	69.6	44.6	32.9
3.400	117.0	212.4	151.7	93.0	67.0	43.0	31.7
3.450	113.0	204.0	145.7	89.5	64.6	41.5	30.6
3.500	109.0	196.2	140.1	86.3	62.3	40.1	29.5
3.550	104.9	188.8	134.8	83.2	60.1	38.7	28.5
3.600	100.9	181.8	129.8	80.2	58.0	37.4	27.6
3.650	98.0	175.2	125.1	77.4	56.1	36.1	26.7
3.700	95.2	168.9	120.7	74.8	54.2	35.0	25.8
3.750	92.3	163.0	116.4	72.3	52.4	33.8	25.0
3.800	89.4	157.4	112.4	69.9	50.7	32.8	24.2
3.850	87.8	152.0	108.6	67.7	49.1	31.8	23.5
3.900	86.2	147.0	105.0	65.5	47.6	30.8	22.7
3.950	84.6	142.1	101.5	63.5	46.1	29.9	22.1
4.000	83.0	137.6	98.3	61.5	44.8	29.0	21.4
4.050	80.8	133.2	95.1	59.6	43.4	28.1	20.8
4.100	78.6	129.0	92.2	57.8	42.1	27.3	20.2
4.150	76.4	125.1	89.3	56.1	40.9	26.5	19.6
4.200	74.2	121.3	86.6	54.5	39.8	25.8	19.1
4.250	73.1	117.7	84.0	52.9	38.6	25.1	18.6
4.300	71.9	114.2	81.6	51.5	37.6	24.4	18.1
4.350	70.8	110.9	79.2	50.0	36.6	23.8	17.6
4.400	69.7	107.8	77.0	48.7	35.6	23.1	17.1
4.450	68.2	104.7	74.8	47.3	34.6	22.5	16.7
4.500	66.8	101.8	72.7	46.1	33.7	21.9	16.3
4.550	65.4	99.1	70.8	44.9	32.8	21.4	15.9
4.600	64.0	96.4	68.9	43.7	32.0	20.9	15.5
4.650	63.4	93.8	67.0	42.6	31.2	20.3	15.1
4.700	62.8	91.4	65.3	41.5	30.4	19.8	14.7
4.750	62.2	89.0	63.6	40.5	29.7	19.4	14.4
4.800	61.6	86.8	62.0	39.5	29.0	18.9	14.0
4.850	61.2	84.6	60.4	38.5	28.3	18.5	13.7
4.900	60.8	82.5	58.9	37.6	27.6	18.0	13.4
4.950	60.4	80.5	57.5	36.7	27.0	17.6	13.1
5.000	60.0	78.5	56.1	35.8	26.3	17.2	12.8

Figura 13. Datos de salida (espectros tanto elástico como de diseño) del SASID para el análisis en Dirección X y Y.

T	Elastico	k2	R	Q'	DISEÑO
(s)	a(g)				a(g)
0	0.371	0.500	2.50	1.00	0.21
0.1	0.614	0.276	2.28	1.36	0.28
0.15	0.736	0.226	2.23	1.54	0.31
0.2	0.857	0.184	2.18	1.71	0.33
0.25	0.979	0.146	2.15	1.89	0.34
0.3	1.100	0.113	2.11	2.07	0.36
0.35	1.222	0.082	2.08	2.25	0.37
0.4	1.343	0.053	2.05	2.43	0.39
0.45	1.465	0.026	2.03	2.61	0.40
0.5	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
0.55	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
0.6	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
0.65	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
0.7	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
0.75	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
0.8	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
0.85	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
0.9	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
0.95	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.05	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.1	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.15	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.2	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.25	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.3	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.35	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.4	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.45	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.5	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.55	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.6	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.65	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.7	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.75	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.8	1.586	0.000	2.00	2.78	0.41
1.85	1.447	0.000	2.00	2.75	0.38
1.9	1.324	0.000	2.00	2.72	0.35
1.95	1.214	0.000	2.00	2.69	0.32
2	1.117	0.000	2.00	2.66	0.30
2.05	1.031	0.000	2.00	2.64	0.28
2.1	0.953	0.000	2.00	2.61	0.26
2.15	0.884	0.000	2.00	2.59	0.24

2.2	0.821	0.000	2.00	2.57	0.23
2.25	0.764	0.000	2.00	2.55	0.21
2.3	0.713	0.000	2.00	2.53	0.20
2.35	0.667	0.000	2.00	2.51	0.19
2.4	0.624	0.000	2.00	2.49	0.18
2.45	0.586	0.000	2.00	2.48	0.17
2.5	0.551	0.000	2.00	2.46	0.16
2.55	0.518	0.000	2.00	2.45	0.15
2.6	0.489	0.000	2.00	2.43	0.14
2.65	0.461	0.000	2.00	2.42	0.14
2.7	0.436	0.000	2.00	2.40	0.13
2.75	0.413	0.000	2.00	2.39	0.12
2.8	0.392	0.000	2.00	2.38	0.12
2.85	0.372	0.000	2.00	2.37	0.11
2.9	0.353	0.000	2.00	2.36	0.11
2.95	0.336	0.000	2.00	2.35	0.10
3	0.320	0.000	2.00	2.34	0.10
3.05	0.305	0.000	2.00	2.33	0.09
3.1	0.292	0.000	2.00	2.32	0.09
3.15	0.279	0.000	2.00	2.31	0.09
3.2	0.267	0.000	2.00	2.30	0.08
3.25	0.255	0.000	2.00	2.29	0.08
3.3	0.245	0.000	2.00	2.28	0.08
3.35	0.234	0.000	2.00	2.28	0.07
3.4	0.225	0.000	2.00	2.27	0.07
3.45	0.216	0.000	2.00	2.26	0.07
3.5	0.208	0.000	2.00	2.26	0.07
3.55	0.200	0.000	2.00	2.25	0.06
3.6	0.193	0.000	2.00	2.24	0.06
3.65	0.185	0.000	2.00	2.24	0.06
3.7	0.179	0.000	2.00	2.23	0.06
3.75	0.173	0.000	2.00	2.23	0.06
3.8	0.167	0.000	2.00	2.22	0.05
3.85	0.161	0.000	2.00	2.22	0.05
3.9	0.155	0.000	2.00	2.21	0.05
3.95	0.150	0.000	2.00	2.21	0.05
4	0.145	0.000	2.00	2.20	0.05
4.05	0.141	0.000	2.00	2.20	0.05
4.1	0.136	0.000	2.00	2.19	0.04
4.15	0.132	0.000	2.00	2.19	0.04
4.2	0.128	0.000	2.00	2.18	0.04
4.25	0.124	0.000	2.00	2.18	0.04
4.3	0.121	0.000	2.00	2.18	0.04
4.35	0.117	0.000	2.00	2.17	0.04
4.4	0.114	0.000	2.00	2.17	0.04

Figura 14. Datos de salida y cálculo de espectros tanto elástico como de diseño. Basado en Espectro elástico del SASID Proyecto "La escuela".

5.2. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y ELECCIÓN DEL TIPO DE ANÁLISIS SÍSMICO.

Realicé la clasificación de la estructura de acuerdo con su uso según lo descrito en la sección “1.4 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS”, de las NTC-Para el diseño por sismo con comentarios (2020).

“1.4 Clasificación de las estructuras Para fines de diseño sísmicos las construcciones se clasificarán en los grupos y subgrupos que se indican en el Artículo 139 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal” (NTC-Diseño por sismo con comentarios, 2020, p.16).

“ARTICULO 139.- Para los efectos de este Título las construcciones se clasifican en los siguientes grupos:

- I. Grupo A: Edificaciones cuya falla estructural podría causar un número elevado de pérdidas de vidas humanas, o construir un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, y edificaciones cuyo funcionamiento es esencial ante una emergencia urbana, las que se subdividen en:

Subgrupo A1: Construcciones para las que se requiere mantener mayores niveles de seguridad:

Subgrupo A2: Estructuras cuya falla podría causar:

- a) Un impacto social importante, como estadios, salas de reuniones, templos, auditorios y otras, que puedan albergar más de 1000 personas.
- b) Una afectación a la población particularmente vulnerable, como: escuelas de educación preescolar, primaria y secundaria. (RCDF, 2022, p.36)

Por lo tanto, clasifique “la escuela” como una estructura del Grupo A, subgrupo A2

Posteriormente, definí el tipo de análisis de acuerdo con lo descrito en la sección “2.1 MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICO”, de las NTC-Sismo. Para el caso estudiado realicé un análisis modal espectral.

2. TIPOS DE ANÁLISIS Y EFECTOS ESPECÍFICOS A CONSIDERAR

2.1 Métodos de análisis sísmico

Con excepción de los casos bajo consideración en los Capítulos 11 y 12, las estructuras deben diseñarse con el análisis modal espectral descrito en el Capítulo 6. El método estático del Capítulo 7 es aceptable cuando se cumplan los requisitos establecidos en ese capítulo.

Para edificaciones que excedan los límites de altura indicados en la tabla 2.1.1, debe verificarse el diseño estructural con un análisis dinámico no lineal paso a paso como el que se indica en la sección 6.2. Se considerará satisfactorio el diseño si se cumple con lo especificado en el inciso 6.2.4.

Tabla 2.1.1 Límites de altura arriba de los cuales se requiere llevar a cabo un análisis dinámico no lineal paso a paso

Zonas Geotécnicas	Estructuración	Altura en m
II y III	Regular	120
	Irregular	100
	Muy Irregular	80

Comentario:

Con fines de diseño, esta Norma considera el análisis dinámico modal y el análisis estático. Mientras que el primero se considera válido bajo cualquier circunstancia, el uso del segundo se limita a estructuras de baja altura y no puede usarse para el diseño de estructuras del Grupo A

Figura 16. Apartado 2 “Tipo de análisis y efectos específicos a considerar”. NTC-Para el diseño por sismo con comentarios (2020).

5.3. EFECTOS DE TORSIÓN.

Posterior al modelado obtuve los centros de masa y rigidez de los diafragmas rígidos asociados a cada entrepiso por medio de ETABS V.19, con ello se obtiene el valor de la excentricidad torsional para la aplicación de los efectos de torsión.

“2.2 Efectos de torsión (NTC-Sismo).

La excentricidad torsional, e_s , calculada en cada entrepiso, debe tomarse como la distancia entre el centro de torsión del nivel correspondiente y la línea de acción de la fuerza lateral que actúa en él. Para el método estático o dinámico modal espectral, el momento torsionante debe tomarse por lo menos igual a la fuerza lateral que actúa en el nivel multiplicada por la excentricidad que para cada elemento vertical sismo-resistente resulte más desfavorable de las siguiente:” (NTC-Diseño por sismo con comentarios, 2020, p.21).

$$1.5e_s + e_a$$

$$e_s - e_a$$

Tabla 8. Centros de masas y rigideces de cada entrepiso ETABS 19. “La escuela”

TABLE: Centers Of Mass And Rigidity											
Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		kgf-s ² /cm	kgf-s ² /cm	m	m	kgf-s ² /cm	kgf-s ² /cm	m	m	m	m
N + 2.70	D1	33.58152	33.58152	6.8396	5.4557	33.58152	33.58152	6.8396	5.4557	6.1862	6.2213
N +5.13	D2	20.48233	20.48233	6.2287	5.1698	20.48233	20.48233	6.2287	5.1698	6.2291	5.6751

Tabla 9. Cálculo de excentricidad más desfavorable para los efectos de torsión de “La escuela”.

Nivel	XCCM	YCCM	XCR	YCR
	m	m	m	m
1	0.07	0.05	0.06	0.06
2	0.06	0.05	0.06	0.06

SISMO X					SISMO Y				
e_s	e_{ai}	$1.5 e_s + e_a$	$e_s - e_a$	e_{mayor}	e_s	e_{ai}	$1.5 e_s + e_a$	$e_s - e_a$	e_{mayor}
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0.01	0.47	0.48	-0.46	0.48	0.01	0.62	0.63	-0.61	0.63
0.01	0.94	0.95	-0.93	0.95	0.00	1.24	1.24	-1.24	1.24

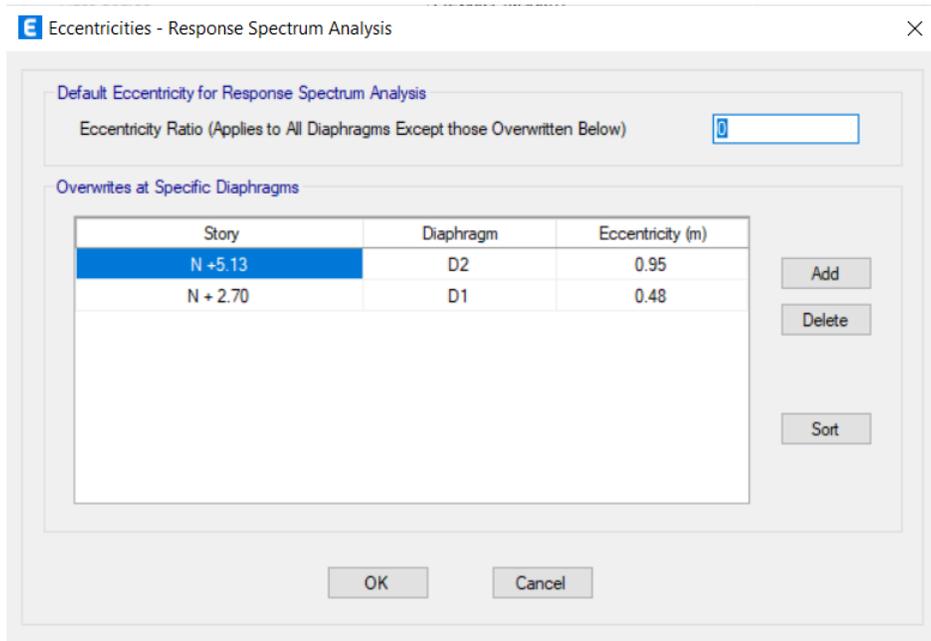


Figura 17. Excentricidades aplicadas sobre el eje X en el programa ETABS V.19

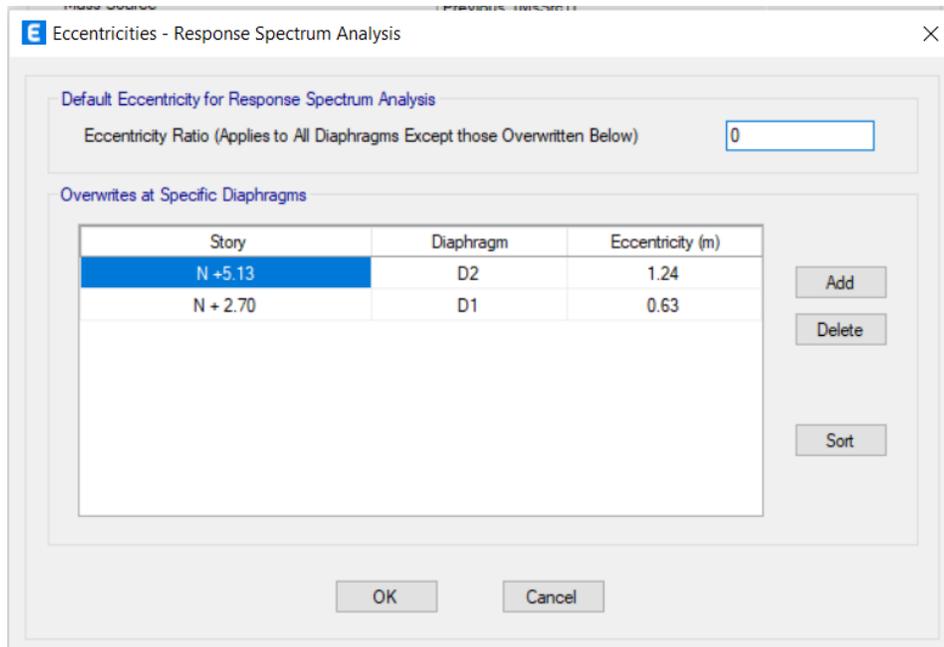


Figura 18. Excentricidades aplicadas sobre el eje Y en el programa ETABS V.19

5.4. ANÁLISIS SÍSMICO.

5.4.1. REQUISITOS DE REGULARIDAD.

Es importante definir las condiciones de regularidad ya que es base del análisis sísmico y comportamiento dinámico de la estructura estipulados en la sección “5. CONDICIONES DE REGULARIDAD”, de acuerdo con las NTC-Diseño por sismo.

Requisitos de regularidad:

- 1) Los diferentes muros, marcos y demás sistemas sismo-resistentes verticales son sensiblemente paralelos a los ejes ortogonales principales del edificio. Se considera que un plano o elemento sismo-resistente es sensiblemente paralelo a uno de los ejes ortogonales cuando el ángulo que forma la planta con respecto a dicho eje no excede 15° (**CUMPLE**)

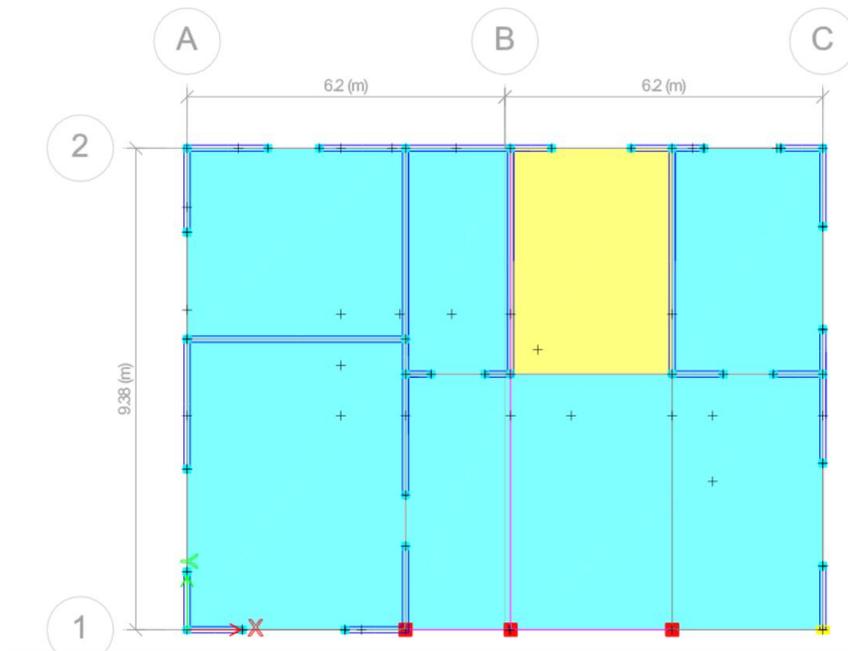


Figura 19. Vista en planta de la estructura.

- 2) La relación de su altura a la dimensión menor de su base no es mayor que cuatro. **(CUMPLE)**
 $5.7 \text{ (m)} / 9.38 \text{ (m)} = 0.61 < 4$ **(Cumple)**.

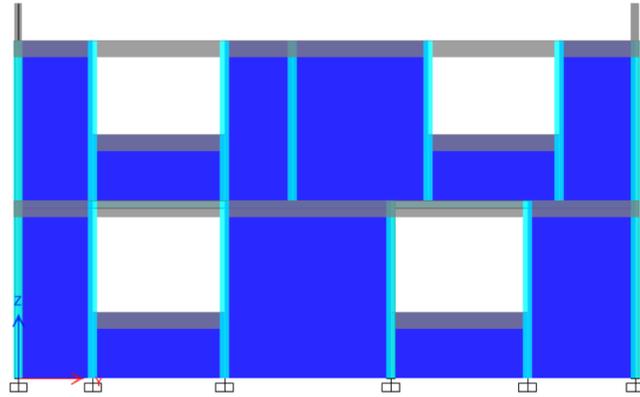


Figura 20. Vista transversal de la estructura.

- 3) La relación entre largo/ancho de su base no es > mayor a 4. **(CUMPLE)**

$$12.4 \text{ m} / 9.38 \text{ m} = 1.32 < 4$$

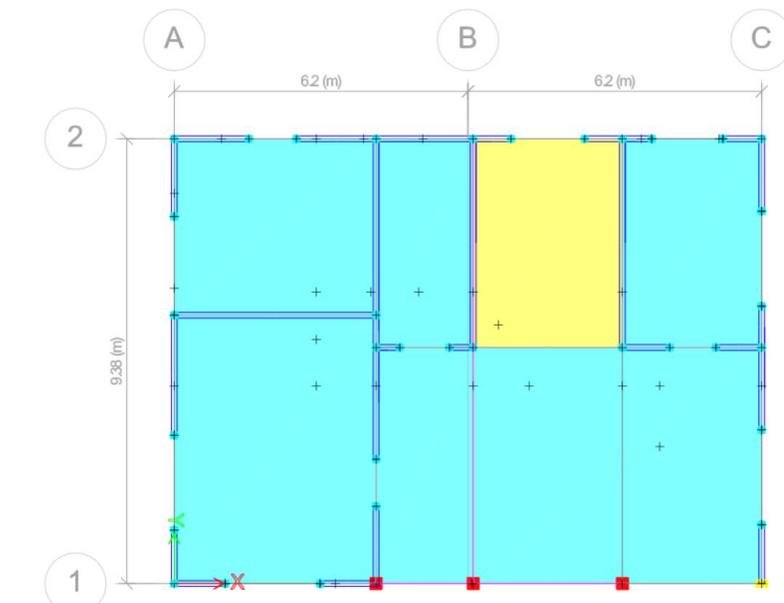


Figura 21. Vista transversal en planta.

- 4) En planta no tiene entrantes ni salientes de dimensiones mayores que 20 % de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección en que se considera el entrante o saliente. **(CUMPLE)**

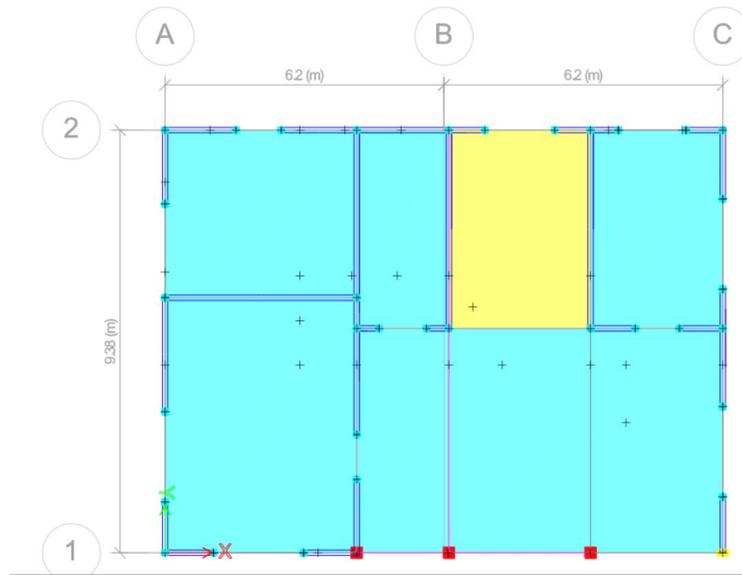


Figura 22. Vista en planta.

- 5) Cada nivel tiene un sistema de piso cuya rigidez y resistencia en su plano satisfacen lo especificado en la sección 2.7 para un diafragma rígido. **(CUMPLE)**

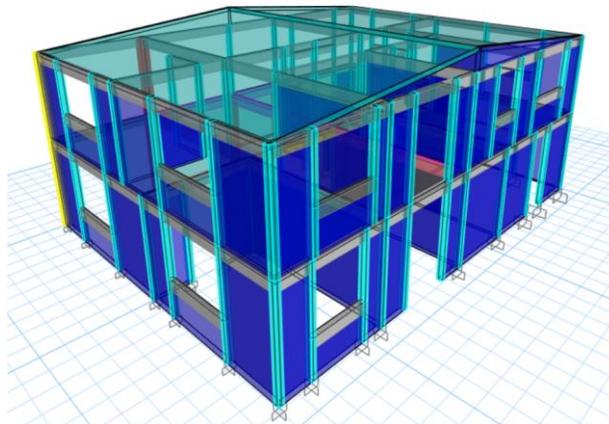


Figura 23. Vista extruida.

- 6) El sistema de piso no tiene aberturas que en algún nivel excedan el 20% de su área en planta en dicho nivel, y las áreas huecas no difieren en posición de un piso a otro. Excepto la azotea (**NO CUMPLE**).

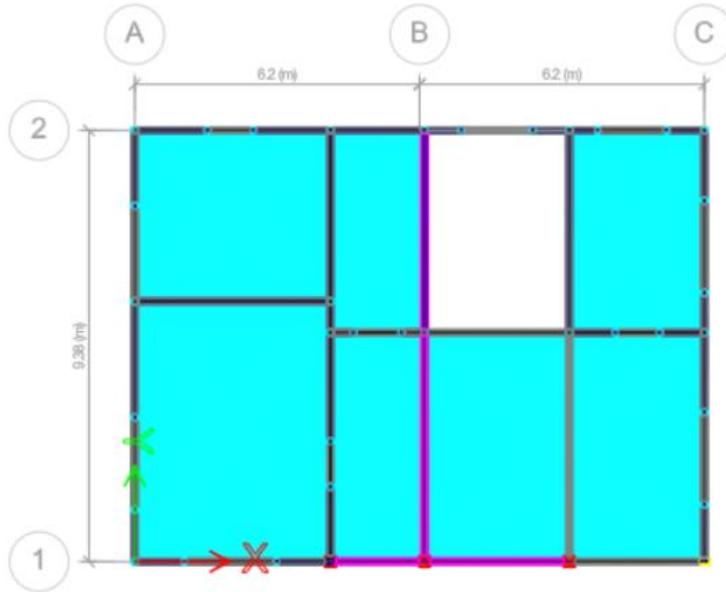


Figura 24. Área de aberturas.

- 7) El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para diseño sísmico, no es mayor que 120% del correspondiente al piso inmediato inferior. (**CUMPLE**)

Tabla 10. Pesos por nivel.

TABLE: Mass Summary by Story			
Story	Pesos	Peso*1.2	CUMPLE
	tonf	tonf	-
N +5.13	92.5578405	111.069409	CUMPLE
N + 2.70	145.483281	174.579937	-

- 8) En cada dirección, ningún piso tiene una dimensión en planta mayor que 110% de la del piso inmediato inferior. Además, ningún piso tiene una dimensión en planta mayor que 125% de la menor de las dimensiones de los pisos inferiores en la misma dirección. **(CUMPLE)**.

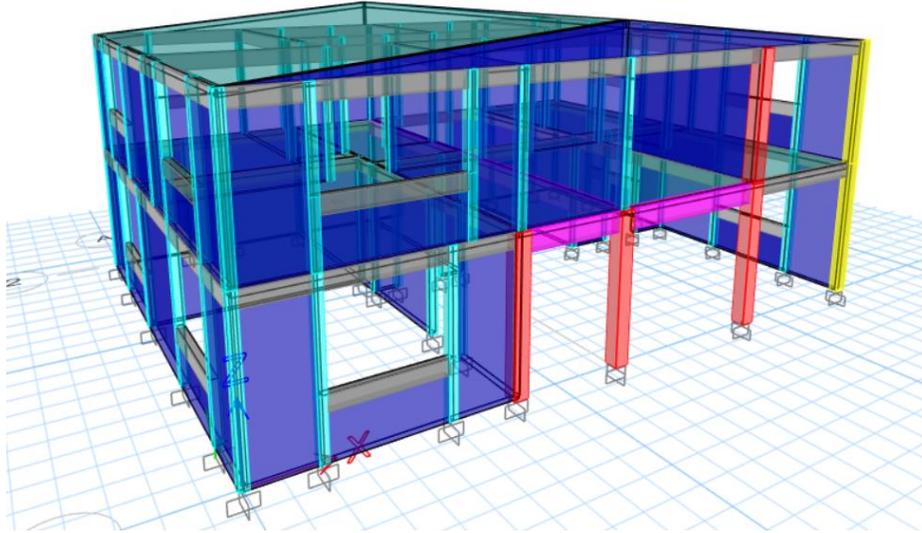


Figura 25. Vista extruida.

- 9) Todas las columnas están restringidas en todos los pisos en las dos direcciones de análisis por diafragmas horizontales o por vigas. Por consiguiente, ninguna columna pasa a través de un piso sin estar ligada con él. **(CUMPLE)**.

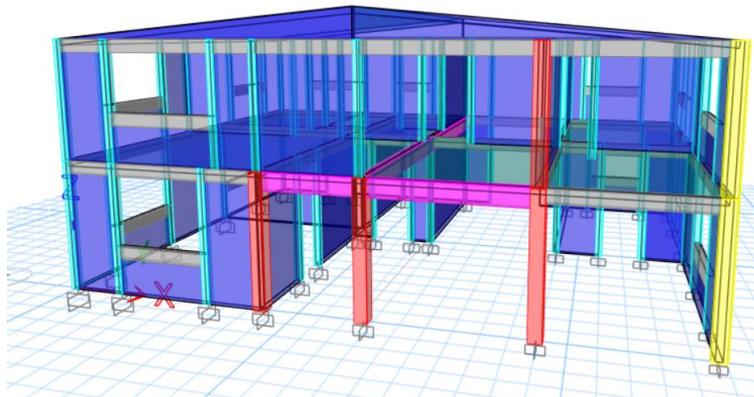


Figura 26. Vista extruida.

10) Todas las columnas de cada entrepiso tienen la misma altura, aunque esta puede variar de un piso a otro. Se exime de este requisito al último entrepiso de la construcción. **(CUMPLE)**.

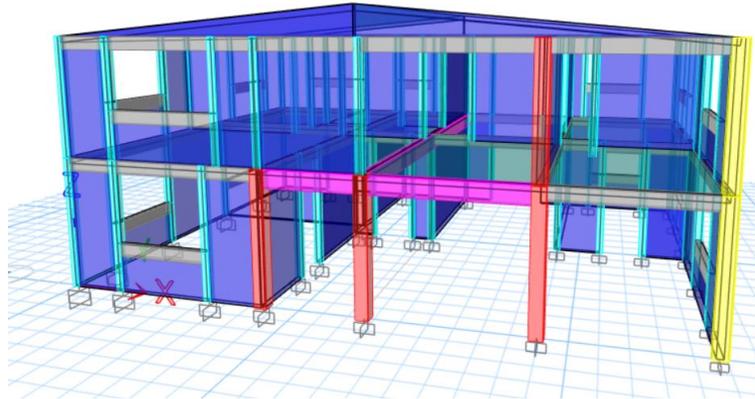


Figura 27. Vista extruida.

11) La rigidez lateral de ningún entrepiso difiere en más de 20% de la del entrepiso inmediato inferior. El último entrepiso queda excluido de este requisito. **(CUMPLE)**.

Tabla 11. Rigidez lateral por entrepiso.

TABLE: Story Response (Dir X)						
Story	Elevation	Location	X-Dir	1.20*X-Dir	0.8*X-dir	CUMPLE
	m		tonf/m	tonf/m	tonf/m	-
N +5.13	5.13	Top	25764.712	30917.6544	20611.7696	CUMPLE
N + 2.70	2.7	Top	24202.709	29043.2508	19362.1672	-

TABLE: Story Response (Dir Y)						
Story	Elevation	Location	Y-Dir	1.20*X-Dir	0.8*X-dir	CUMPLE
	m		tonf/m	tonf/m	tonf/m	-
N +5.13	5.13	Top	39346.16	47215.392	31476.928	CUMPLE
N + 2.70	2.7	Top	45785.584	54942.7008	36628.4672	-

- 12) En ningún piso el desplazamiento lateral de algún punto de la planta excede en más del 20% el desplazamiento lateral promedio de los extremos de la misma. **(NO CUMPLE)**.

Tabla 12. Desplazamiento lateral en puntos sobre la planta.

NIVEL: PB ; EJE 2				NIVEL: PB ; EJE A			
	$\Delta (S_x)$	$\Delta (S_y)$	CUMPLE		$\Delta (S_x)$	$\Delta (S_y)$	CUMPLE
Sx	0.226766	0.106864	CUMPLE	Sx	0.372298	0.101176	NO CUMPLE
Sx	0.231858	0.107175	CUMPLE	Sx	0.226766	0.106864	CUMPLE
Promedio*1.2	0.275174	0.128423		Promedio*1.2	0.359438	0.124824	

- 13) En sistemas diseñados para $Q = 4$, en ningún entrepiso el cociente de la capacidad resistente a carga lateral entre la acción de diseño debe ser menor que el 85% del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. En sistemas diseñados para Q igual o menor de 3, en ningún entrepiso el cociente antes indicado debe ser menor de 75% del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente de cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir apreciablemente a ella. Queda excluido de este requisito el último entrepiso. **(CUMPLE)**.

La tabla 7.5 muestra las condiciones de regularidad que presentan las estructuras de acuerdo con las NTC-Sismo.

Tabla 13. Condiciones de regularidad de la estructura (NTC-Sismo)

Cuerpo	Requisitos incumplidos	Clasificación	Coefficiente de regularidad
LA ESCUELA	6 y 12	Muy irregular	0.7

La estructura NO CUMPLE con lo descrito en los requisitos 6 y 12 de acuerdo con el apartado 5 de las NTC-Sismo, la estructura se clasifica como **Muy irregular** y el valor del coeficiente de regularidad es de **0.7** para ambas direcciones de análisis.

5.4.2. FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO Y DISTORSIONES LÍMITE.

De acuerdo con el apartado “4. FACTORES DE COMPORTAMIENTO SÍSMICO Y DISTORSIONES PERMISIBLES” de las NTC-Sismo, el factor de comportamiento sísmico (Q), y la distorsión límite ($\gamma_{m\acute{a}x}$), se adoptará conforme a lo especificado en las tablas 4.2.1, 4.2.2 y 4.2.3 “Factores de comportamiento sísmico y distorsiones límite para estructuras de mampostería”, según se trate de estructuras de concreto, de acero o compuestas, o de mampostería, respectivamente. Los requisitos específicos que deben cumplirse para que una estructura pueda ser considerada como de ductilidad alta, media o baja se especifican en las normas técnicas correspondientes al material de que se trate.

Dado que la estructura tiene como sistema estructural muros de mampostería confinada de piezas macizas de tabique rojo recocido, el factor Q y $\gamma_{m\acute{a}x}$ serán:

Tabla 4.2.3 Factores de comportamiento sísmico y distorsiones límite para estructuras de mampostería ⁽¹⁾

Estructuración	Q	$\gamma_{m\acute{a}x}$
Muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas con refuerzo horizontal ⁽²⁾	2.0	0.010
Muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas	2.0	0.005
Muros de carga de mampostería confinada de piezas huecas con refuerzo horizontal ⁽²⁾	2.0	0.008
Muros de carga de mampostería confinada de piezas huecas	1.5	0.004
Muros de carga de mampostería de piezas huecas reforzadas interiormente	1.5	0.006
Muros diafragma	(3)	(4)
Muros de carga de mampostería confinada en combinación con otro sistema estructural de concreto o acero	(3)	(4)
Muros de carga de mampostería de piezas huecas o macizas no confinados ni reforzados ⁽⁵⁾	1.0	0.002
Mampostería de piedras naturales	1.0	0.002

⁽¹⁾ Los sistemas estructurales de mampostería deben cumplir los requisitos establecidos en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería. La presente tabla es válida para edificaciones de hasta 6 niveles. Para estructuras con un mayor número de niveles, se reducirá Q en 0.5, pero en ningún caso Q será menor que la unidad.

⁽²⁾ Para que el sistema estructural sea considerado en esta categoría, todos los muros estructurales deben tener refuerzo horizontal.

Para el caso estudio analizado en los entrepisos y de acuerdo al sistema sismo resistente principal; **sistema muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas** con un factor de comportamiento sísmico, $Q = 2$ y una distorsión límite de $\gamma_{m\acute{a}x} = 0.005$ en cada una de las direcciones de análisis X, Y.

5.4.3. FACTORES PARA ESPECTRO DE DISEÑO.

Definí también el Factor de sobre-resistencia a partir de lo descrito en la sección “3.5 FACTOR DE SOBRE-RESISTENCIA” de las NTC-Sismo. Se consideraron factores de reducción por hiperestaticidad (k_1) de 1.0 para ambas direcciones de análisis X y Y respectivamente y un factor $R_0 = 2.0$.

El factor de sobre-resistencia, R, debe determinarse con la ecuación siguiente:

$$R = k_1 R_0 + k_2 \quad (3.5.1)$$

donde R_0 es un factor básico de sobre-resistencia del sistema estructural, que se tomará igual a:

- 2.0 para estructuras de mampostería, y para sistemas estructurales de concreto, acero o compuestos que cumplen con los requisitos para adoptar un factor de comportamiento Q de 3 o mayor, según las reglas establecidas en el Capítulo 4;
- 1.75 para sistemas estructurales de concreto, acero o compuestos a los que se asigna Q menor que 3 según las reglas establecidas en el Capítulo 4.

k_1 , factor de corrección por hiperestaticidad, que es igual a:

- 0.8 para sistemas estructurales de concreto, acero o compuestos que tengan menos de tres crujías resistentes a sismo en la dirección de análisis y dos o menos crujías resistentes a sismo en la dirección normal a la de análisis;
- 1.0 para estructuras de mampostería, y para sistemas estructurales de concreto, acero o compuestos que tengan tres o más crujías resistentes a sismo en las dos direcciones de análisis;
- 1.25 para los sistemas estructurales duales incluidos en las tablas 4.2.1 y 4.2.2.

k_2 , factor de incremento para estructuras pequeñas y rígidas, que se obtiene con la expresión:

$$k_2 = 0.5 \left[1 - (T/T_a)^{1/2} \right] > 0 \quad (3.5.2)$$

Se usará $R=1$ para el diseño de estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales quede suministrada, parcial o totalmente, por elementos o materiales diferentes de los especificados en las tablas 4.2.1, 4.2.2 y 4.2.3. Podrán emplearse valores más altos de R cuando se haga un estudio que demuestre, a satisfacción de la Administración y conforme al inciso 1.2.1, que esto es posible.

Figura 28. Factor de sobre-resistencia (NTC-Diseño por sismo con comentarios, 2020, p.40)

Tabla 14. Factores de corrección por hiperestaticidad y sobre-resistencia.

Cuerpo	Tex (s)*	Tey (s)*	K2x	K2y	Rx	Ry
LA ESCUELA	0.21	0.16	0.176	0.217	2.18	2.22

*Tex = Periodo fundamental sobre el eje X.

*Tey = Periodo fundamental sobre el eje Y.

*K2x = Factor de incremento para estructuras pequeñas y rígidas sobre el eje X.

*K2y = Factor de incremento para estructuras pequeñas y rígidas sobre el eje Y.

*Rx = Factor de sobre-resistencia, sobre el eje X.

*Ry = Factor de sobre-resistencia sobre el eje Y.

5.5. COMBINACIONES DE CARGA.

Siguiendo las condiciones de seguridad que estipula el reglamento, la estructura deberá ser revisada y diseñada para los requisitos básicos y efectos mencionados en los artículos 147 y 150 del RCDF; asimismo se deben verificar los efectos de todas las acciones combinadas como se menciona en la sección “2.3 COMBINACIONES DE ACCIONES” de las NTC-Criterios y acciones para el diseño estructural.

“ARTICULO 147.- Toda estructura y cada una de sus partes deben diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguientes:

- I. Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones mas desfavorables que pueden presentarse durante su vida esperada, y
- II. No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

El cumplimiento de estos requisitos se comprobará con los procedimientos establecidos en este Capítulo y en las Normas.

Los criterios generales de diseño aplicables a todos los tipos de estructuras se definen en las Normas sobre Criterios y Acciones de Diseño.” (RCDF, 2022, p. 37).

“ARTÍCULO 150.- En el diseño de toda estructura deben tomarse en cuenta los efectos de las cargas muertas, de las cargas vivas, del sismo, del viento cuando este último sea significativo. Las intensidades de estas acciones y sus combinaciones habrán de considerarse en el diseño y la forma en que deben calcularse sus efectos se especifican en las Normas correspondientes.

Cuando sean significativos, deben tomarse en cuenta los efectos producidos por otras acciones, como los empujes de tierras y líquidos, los cambios de temperatura, las contracciones de los materiales, los hundimientos de los apoyos y las solicitaciones originadas por el funcionamiento de maquinaria y equipo que no estén tomadas en cuenta en las cargas especificadas en las Normas correspondientes.” (RCDF, 2022, p. 38).

5.6. COMBINACIONES DE ACCIONES.

De acuerdo con el capítulo 2.3 de las NTC- Sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, la seguridad de una estructura deberá verificarse para el efecto combinado de todas las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente, considerándose dos categorías de combinaciones:

- a) *“Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes y acciones variables, se considerarán todas las acciones permanentes que actúen sobre la estructura y las distintas acciones variables, de las cuales la más desfavorable se tomará con su intensidad máxima y el resto con su intensidad instantánea, o bien todas ellas con su intensidad media cuando se trate de evaluar efectos a largo plazo.*

Para combinaciones de carga muerta más carga viva, se empleará la intensidad máxima de la carga viva de la sección 6.1. considerándola uniformemente repartida sobre el área. Cuando se tomen en cuenta distribuciones de la carga viva más desfavorables que la uniformemente repartida, deberán tomarse los valores de la intensidad instantánea especificada en la mencionada sección; y

- b) *Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes, variables y accidentales, se considerarán todas las acciones permanentes, las acciones variables con sus valores instantáneos y únicamente una acción accidental en cada combinación.*

En ambos tipos de combinación los efectos y todas las acciones deberán multiplicarse por los factores de carga apropiados de acuerdo con la sección 3.4

- c) *Los criterios de diseño para cargas de viento y sismo, así como para el de cimentaciones, se presentan en las normas técnicas correspondientes. Se aplicarán los factores de carga que se presentan en la sección 3.4.” (NTC-Criterios y acciones, 2017, p. 2.3)*

La tabla 15 muestra las combinaciones y factores de cargas consideradas para el modelado 3D de la estructura en ETABS V.19.

Tabla 15. Combinaciones de carga.

Descripción	Combinación con Factores de Carga
Servicio	PP + CM + CVm
Gravitacional	1.5 PP + 1.5 CM + 1.7 CVm
Accidental	1.1 PP + 1.1CM + 1.1 CVa + 1.1 Sx+ 0.33 Sy
Accidental	1.1 PP + 1.1CM + 1.1 CVa + 1.1 Sx- 0.33 Sy
Accidental	1.1 PP + 1.1CM + 1.1 CVa - 1.1 Sx+ 0.33 Sy
Accidental	1.1 PP + 1.1CM + 1.1 CVa - 1.1 Sx- 0.33 Sy
Accidental	1.1 PP + 1.1CM + 1.1 CVa + 0.33 Sx+ 1.1 Sy
Accidental	1.1 PP + 1.1CM + 1.1 CVa + 0.33 Sx- 1.1 Sy
Accidental	1.1 PP + 1.1CM + 1.1 CVa – 0.33 Sx+ 1.1 Sy
Accidental	1.1 PP + 1.1CMA + 1.1 CVa – 0.33 Sx- 1.1 Sy

Donde:

PP: Peso propio de los elementos estructurales

CM: Carga muerta adicional

CVm: Carga viva máxima

CVa: Carga viva accidental

Sx: Sismo en X (combinación de 100% en X y 30% en Y)

Sy: Sismo en Y (combinación de 100% en Y 30% en X)

6. MODELO ESTRUCTURAL.

A continuación, presento las consideraciones que adopté para alimentar el modelo estructural que hice mediante el software ETABS V.19 y con ello realizar la revisión y análisis estructural del estado actual de “la escuela”.

En un principio definí los muros como elementos tipo wall (Shell thick), mientras que las losas como elementos slab (Shell thin). A cada sistema de piso le asigne un diafragma rígido independiente por nivel; las trabes y columnas las modele como elementos Frame. A cada muro le definí un Pier para poder obtener los elementos mecánicos mediante la integración de esfuerzos.

A las secciones de vigas y columnas les aplique el efecto de agrietamiento a los momentos de inercia, reduciéndolos conforme al apartado 3.2 “Análisis” de las NTC- Diseño y Construcción de estructuras de concreto.

Tabla 16. Momentos de inercia para calculo de rigideces.

Elemento	Momento de inercia
Vigas y muros agrietados ¹	0.5I _g
Columnas agrietadas	0.7I _g
Columnas y muros no agrietados	I _g

¹ En vigas T se deberán incluir los anchos de patín especificados en el inciso 5.1.1.2.

El espectro con el que hice la revisión, fue importado como archivo de texto a partir de la información obtenida del SASID y se realizó el análisis modal espectral por el método de eigen valores.

El modelo lo cargue con las cargas vivas y sobrecargas debido a uso, mientras que el peso propio es calculado con ayuda de ETABS V.19.

6.1. DEFINICIÓN DE PROPIEDADES DE LA ESTRUCTURA EN EL MODELO.

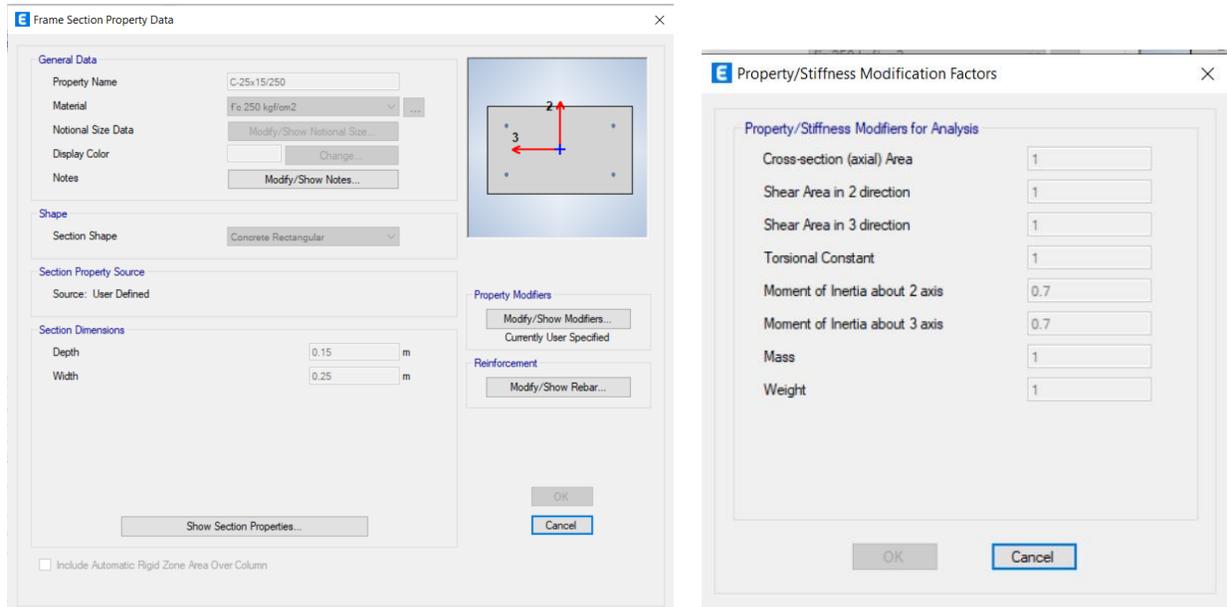


Figura 29. Definición de columnas de concreto de 25x15 cm.

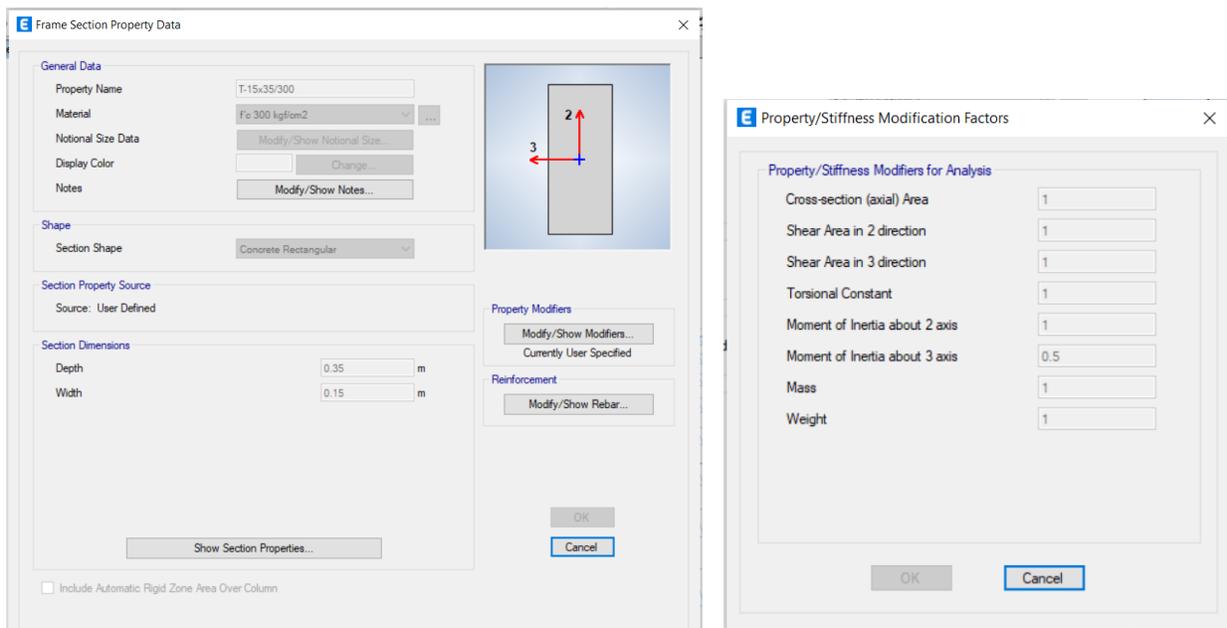


Figura 30. Definición de traves de concreto de 15x35 cm.

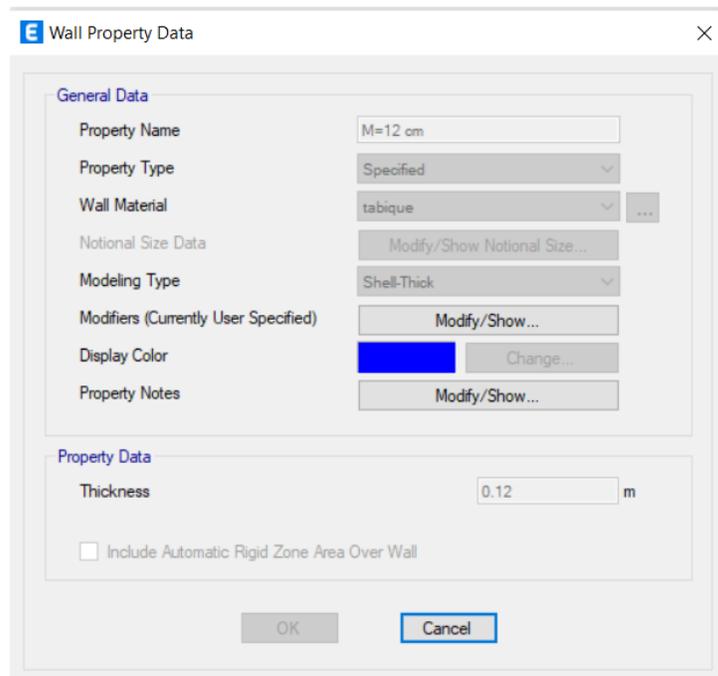


Figura 31. Definición de muros de mampostería de 12 cm de espesor.

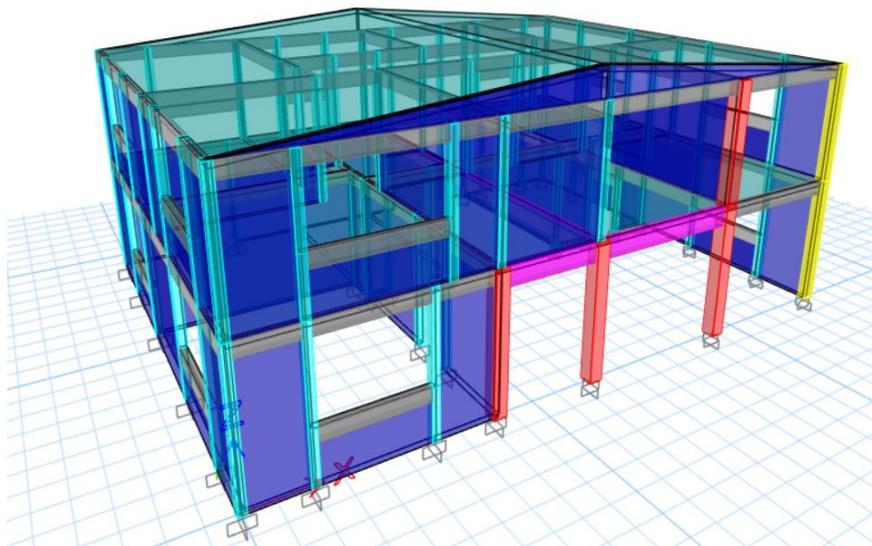


Figura 32. Vista isométrica del modelo 3D.

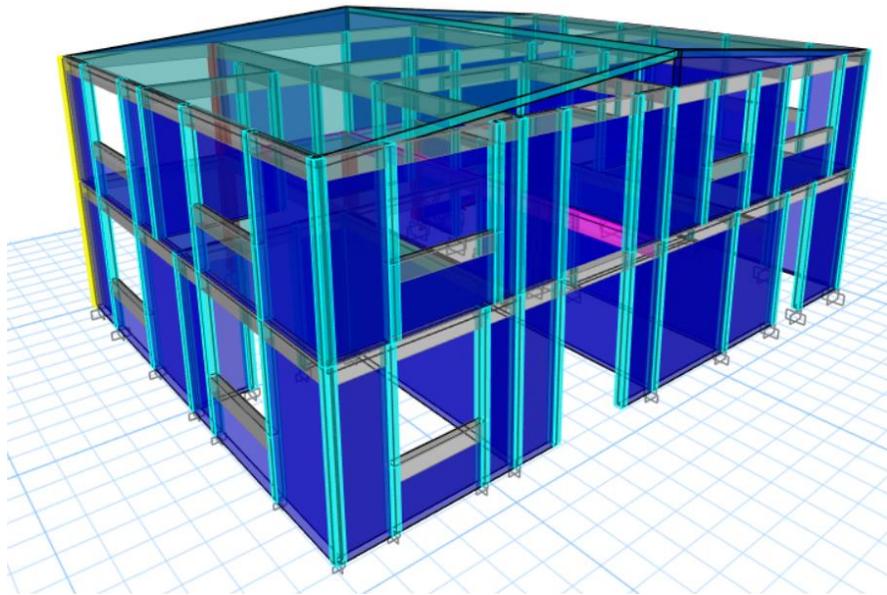


Figura 33. Vista isométrica del modelo 3D

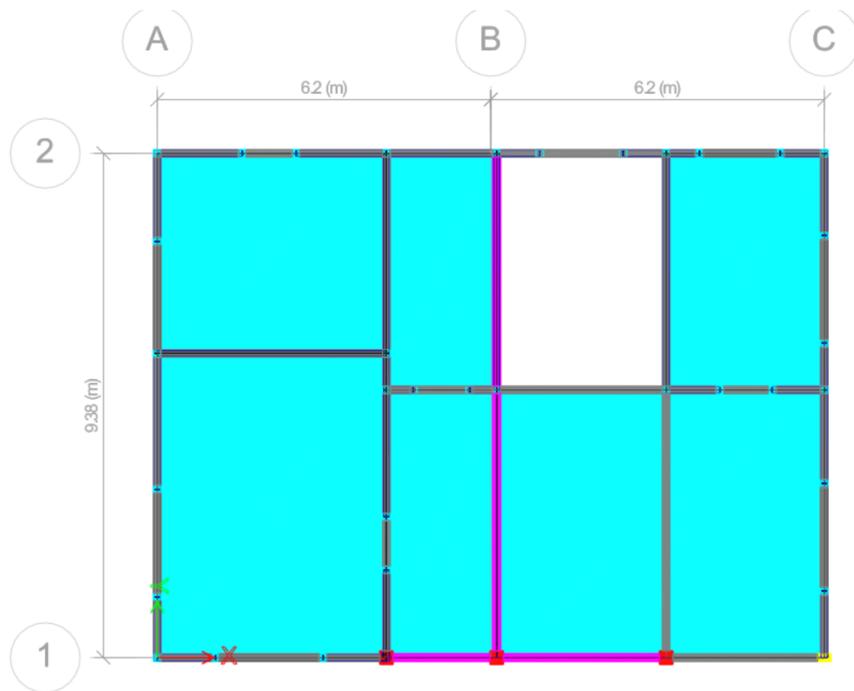


Figura 34. Vista en planta del modelo. N + 2.7 m

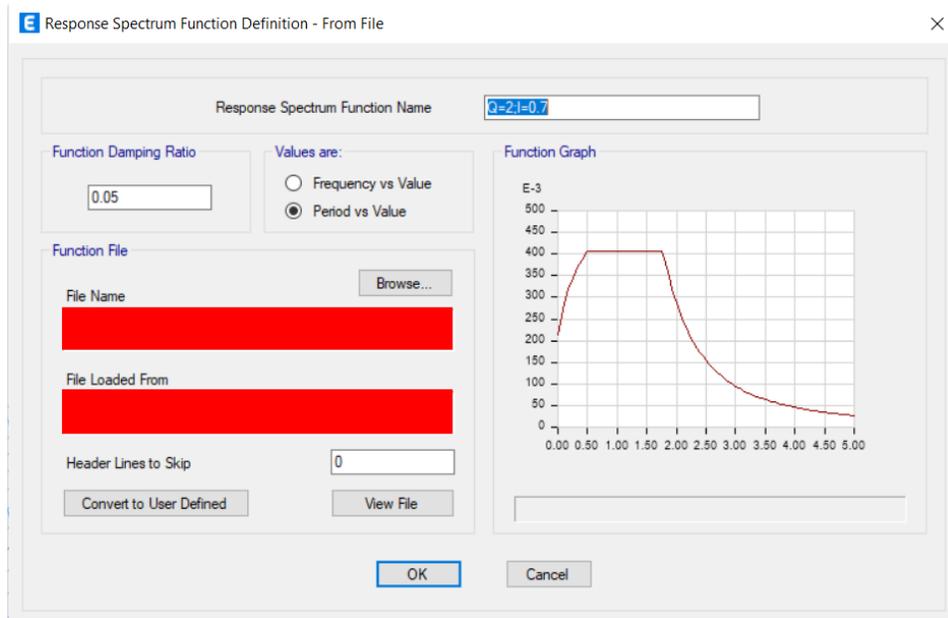


Figura 35. Definición del espectro de diseño Dirección X y Y.

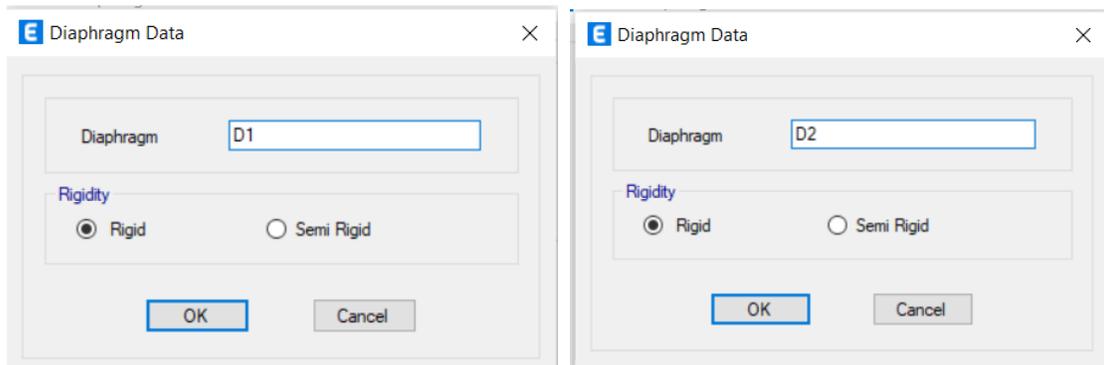


Figura 36. Definición de diafragma Rígido.

6.2. MODOS FUNDAMENTALES DE VIBRACIÓN.

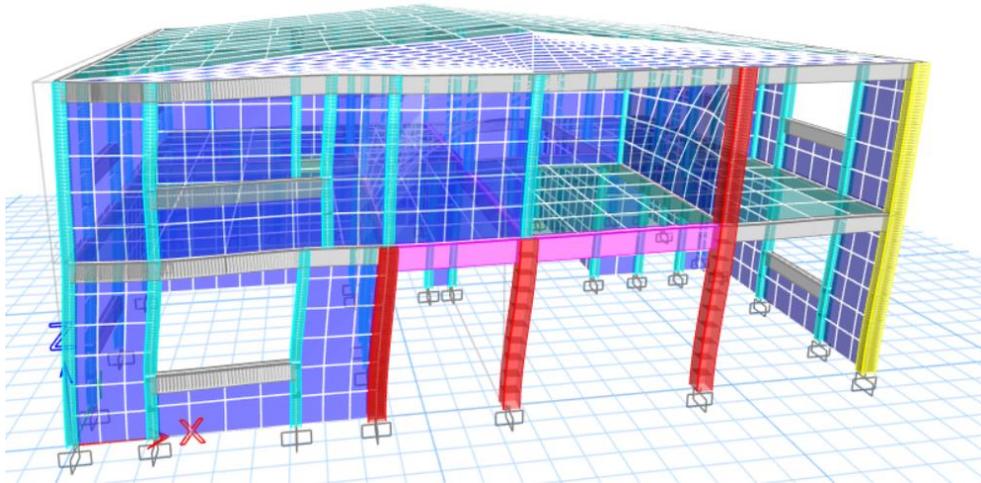


Figura 37. Periodo fundamental sobre el eje X; $T= 0.21$ (s)

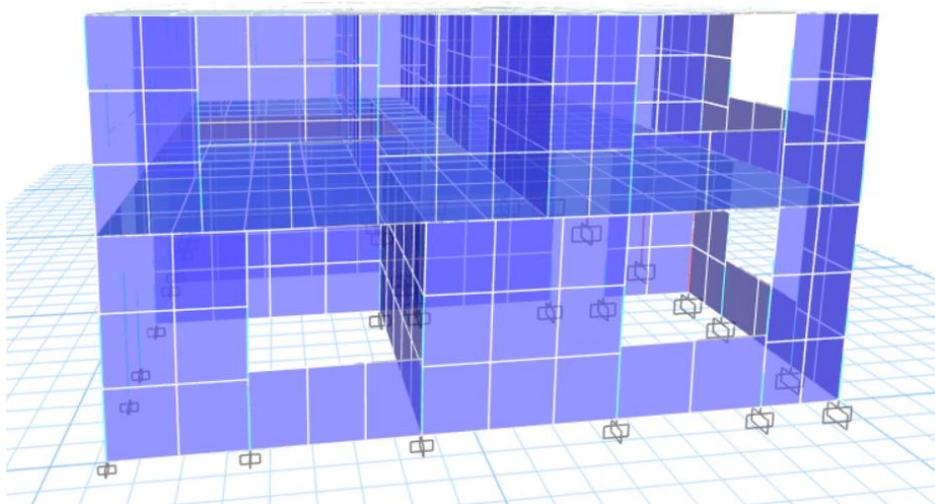


Figura 38. Periodo fundamental sobre el eje Y; $T= 0.16$ (s)

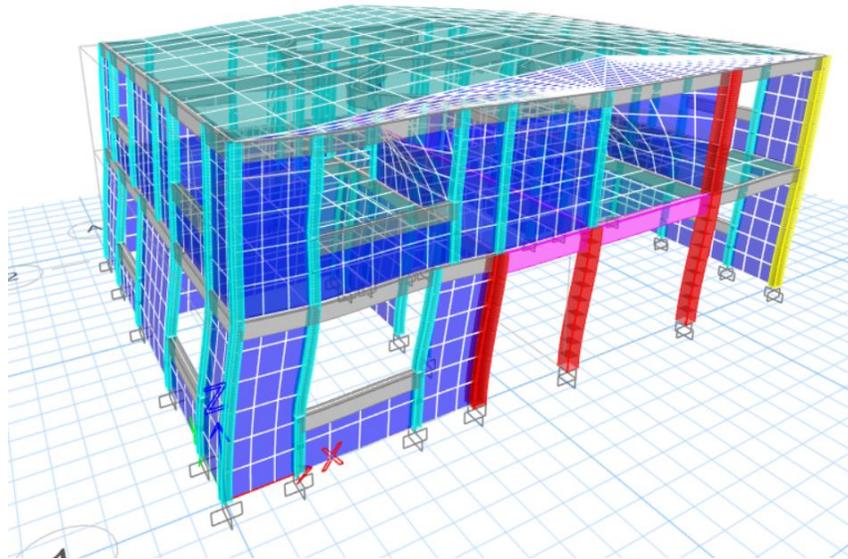


Figura 39. Periodo fundamental sobre el eje Z; $T = 0.14$ (s)

Tabla 17. Modos fundamentales de vibración a) traslación en Y b) traslación en X c) rotación en Z.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
		sec						
Modal	1	0.213	0.8936	0.0001	0.8936	0.0001	0.0802	0.0802
Modal	2	0.161	0.0001	0.9529	0.8937	0.953	0.0001	0.0803
Modal	3	0.142	0.0666	7.426E-07	0.9603	0.953	0.8788	0.9591
Modal	4	0.077	0.0373	0.0004	0.9976	0.9534	0.0007	0.9598
Modal	5	0.063	0.0002	0.046	0.9978	0.9994	0.0004	0.9602
Modal	6	0.054	0.0022	0.0005	0.9999	0.9999	0.0397	0.9999
Modal	7	0.025	2.663E-06	0.0001	0.9999	1	4.667E-06	0.9999
Modal	8	0.019	0.00000418	0	0.9999	1	5.155E-06	1
Modal	9	0.018	0.00002774	5.756E-07	1	1	0	1
Modal	10	0.018	0.00001109	2.466E-06	1	1	0	1
Modal	11	0.016	0.0000174	0	1	1	5.011E-06	1
Modal	12	0.015	1.559E-06	2.319E-06	1	1	0.00000314	1
		SUMA=	1.00006463	1.0000061				

La tabla 17 muestra los tres primeros modos fundamentales de vibración de la estructura. Los periodos de la estructura se encuentran en la rama ascendente antes de en la meseta espectral de los espectros elástico y de diseño, los valores de aceleración de diseño son de $SaY = 0.16$ y $SaX = 0.21$ para la dirección Y y X respectivamente.

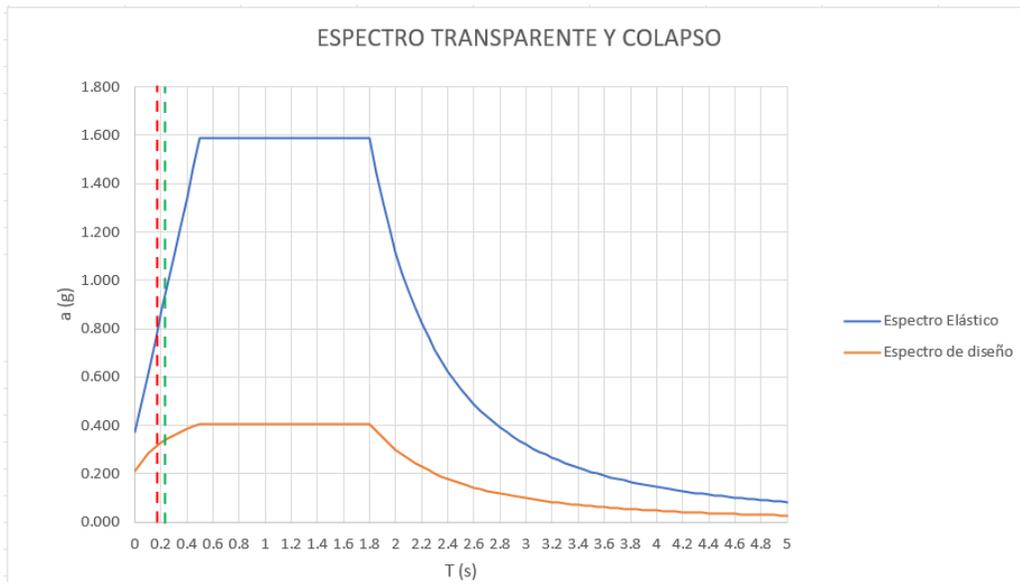


Figura 40. Espectros elásticos y de diseño del proyecto “La escuela”.

6.3. FUERZAS CORTANTES SÍSMICAS.

Las fuerzas cortantes de entrepiso las obtuve a través del método de análisis modal espectral en ETABS V.19. Se muestran en la figura 41.

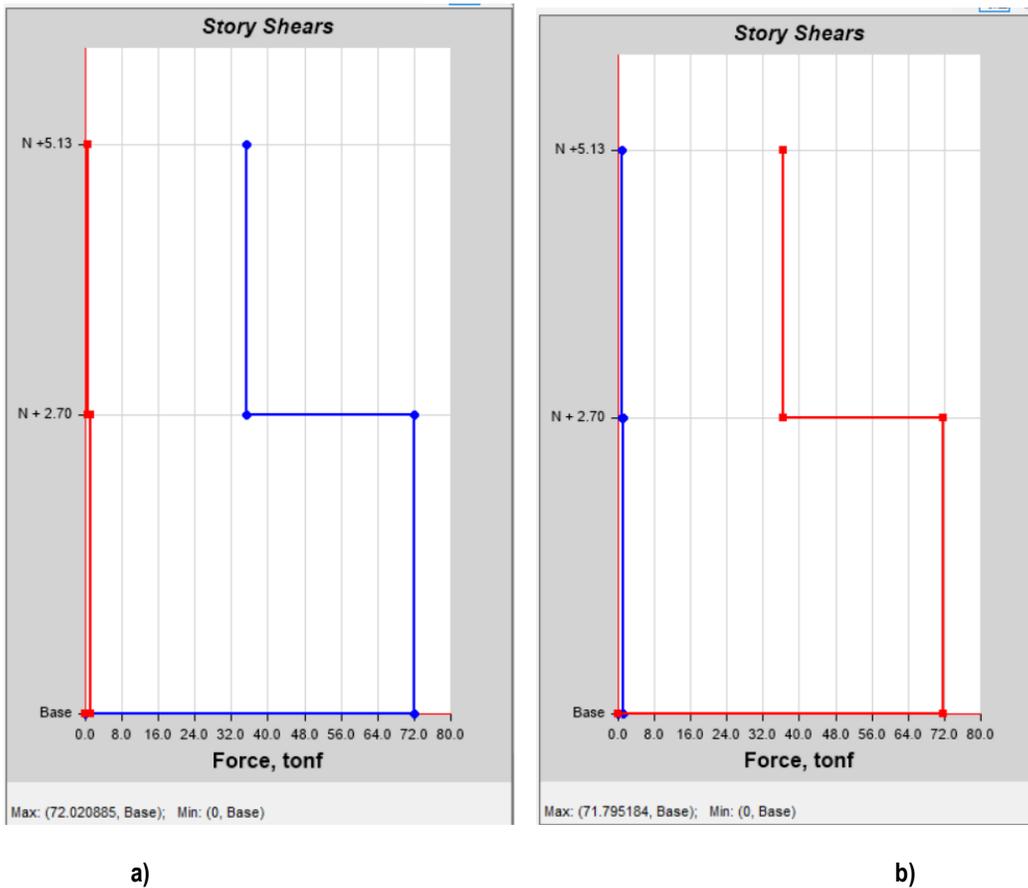


Figura 41. Cortante de entrepiso a) Dirección X b) Dirección Y.

Las fuerzas cortantes basales son $F_x = 72$ ton y $F_y = 71.9$ ton en los ejes X y Y, respectivamente. Revise que la estructura cumpla con un cortante basal mínimo.

6.4. CORTANTE BASAL MÍNIMO.

Aquí revise el cortante basal mínimo de acuerdo con la sección “1.7 CORTANTE BASAL MÍNIMO” de las NTC-Sismo.

1.7 Cortante basal mínimo

Si en la dirección de análisis se encuentra que la fuerza cortante basal V_o obtenida con el análisis dinámico modal especificado en la sección 6.1 es menor que $a_{min}W_o$, donde a_{min} es la aceleración como fracción de la aceleración de la gravedad para el cálculo del cortante basal mínimo de diseño, se incrementarán todas las fuerzas de diseño en una proporción tal que V_o iguale ese valor; los desplazamientos no se afectarán por esta corrección. W_o es el peso total de la estructura al nivel del desplante, y a_{min} se tomará igual a $0.04/R$ cuando $T_s < 0.5s$ o $0.06/R$ si $T_s \geq 1.0s$, donde T_s es el periodo dominante más largo del terreno en el sitio de interés. Para valores de T_s comprendidos entre 0.5 y 1.0 s, a_{min} se hará variar linealmente entre $0.04/R$ y $0.06/R$.

$$a_{min} = 0.048 / R \text{ con } T_s = 0.7 \text{ s}$$

$$V_x = 72.00 \text{ ton}$$

$$V_y = 71.95 \text{ ton}$$

$$W_o = 258.98 \text{ ton} \times a_{min} = 5.7 \text{ ton} < V_y = 81.68 \text{ ton OK se acepta por Cortante Basal Mínimo}$$

$$W_o = 258.98 \text{ ton} \times a_{min} = 5.6 \text{ ton} < V_x = 63.58 \text{ ton OK se acepta por Cortante Basal Mínimo}$$

TABLE: Base Reactions		
Output Case	Case Type	FZ
		tonf
PP	LinStatic	153.6174
CVins	LinStatic	22.8466
SCM	LinStatic	82.5216
	Wo=	258.9856

Rx=	2.18
Ry=	2.22

amin (x)=	0.022
amin (y)=	0.022

Wo*amin (x)=	5.70
Wo*amin (Y)=	5.60

Por lo tanto, **CUMPLE** con el cortante basal mínimo solicitado.

6.5. REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES MÁXIMOS.

Dentro de las revisiones del RCDF, se encuentra la revisión de desplazamientos laterales máximos los cuales se definen de acuerdo con la sección “1.8 REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES” de las NTC-Sismo.

“1.8 Revisión de desplazamientos laterales

La distorsión de entrepiso se define como la diferencia entre los desplazamientos laterales de los pisos consecutivos que lo delimitan dividida entre la diferencia de elevaciones correspondiente. Para efectos de revisión, los desplazamientos laterales se obtienen del análisis realizado con las fuerzas sísmicas de diseño, y deberá considerarse la mayor distorsión de las que se calculan para cada elemento o subsistema vertical contenido en el entrepiso (marcos, muros o cualquier otro elemento vertical). Se deberán revisar los desplazamientos laterales para las dos condiciones de diseño siguientes.

a) Para el cumplimiento del estado límite de prevención de colapso, se revisará que las distorsiones obtenidas con el espectro de diseño definido en el Capítulo 3, multiplicadas por QR, no excedan los valores especificados para la distorsión límite (γ_{max}) en las tablas 4.2.1, 4.2.2 y 4.2.3, según el sistema estructural que se haya adoptado es el factor de comportamiento sísmico. El valor de R se calculará para el periodo fundamental de vibrar de la estructura. Los desplazamientos laterales y las distorsiones para esta condición se emplearán también para revisar los requisitos de separación de edificios colindantes de la sección 1.9, así como para el cálculo de los efectos de segundo orden estipulados en la sección 2.3.

b) Para el cumplimiento del estado límite de limitación de daños ante sismos frecuentes, se revisará que las distorsiones de entrepiso determinadas como se indica en el inciso 3.1.1, no excedan 0.002, salvo que todos los elementos no estructurales sean capaces de soportar deformaciones apreciables o estén separados de la estructura principal de manera que no sufran daños por sus deformaciones. En tal caso, el límite en cuestión será 0.004. Al calcular las distorsiones mencionadas en este párrafo pueden descontarse las debidas a la flexión de conjunto de la estructura.

Cuando se use el método de análisis dinámico no lineal paso a paso, la revisión de las distorsiones de entrepiso se hará como se especifica en el inciso 6.2.4.” (NTC-Diseño por sismo con comentarios, 2020, p.18)

Como definí anteriormente, se tomarán $Q=2$ y $\gamma_{m\acute{a}x}$ de 0.005 para la revisión de colapso.

Muestro los desplazamientos máximos debidos a acciones sísmicas, así como las distorsiones máximas.

DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS POR SISMO.

Tabla 18. Desplazamientos máximos debidos a sismo por Colapso. Dirección X.

TABLE: Story Response-Desplazamiento Máximo SX Colapso										
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Q	R	Δ^*Q^*R	$\Delta_{m\acute{a}x}$	Resultado	
	m		mm	mm			cm	cm		
N +5.13	5.13	Top	4.7	1.8	2.00	2.18	2.06	2.565	CUMPLE	
N + 2.70	2.7	Top	3.1	1.3	2.00	2.18	1.35	1.35	CUMPLE	

Tabla 19. Desplazamientos máximos debidos a sismos frecuentes. Dirección X.

TABLE: Story Response-Desplazamiento Máximo SX - Sismos Frecuentes											
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Q'	R	Ks	$\Delta^*Q^*R^*Ks$	$\Delta_{m\acute{a}x}$	Resultado	
	m		mm	mm				cm	cm		
N +5.13	5.13	Top	4.7	1.8	1.75	2.18	0.190	0.343	1.026	CUMPLE	
N + 2.70	2.7	Top	3.1	1.3	1.75	2.18	0.190	0.225	0.54	CUMPLE	

Tabla 20. Desplazamientos máximos debidos a sismo por Colapso. Dirección Y.

TABLE: Story Response-Desplazamiento Máximo SY Colapso										
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Q	R	Δ^*Q^*R	$\Delta_{m\acute{a}x}$	Resultado	
	m		mm	mm			cm	cm		
N +5.13	5.13	Top	0.172808	2.386862	2.00	2.2	1.05	2.565	CUMPLE	
N + 2.70	2.7	Top	0.129497	1.544179	2.00	2.2	0.68	1.35	CUMPLE	

Tabla 21. Desplazamientos máximos debidos a sismos frecuentes. Dirección Y.

TABLE: Story Response-Desplazamiento Máximo SY - Sismos Frecuentes											
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Q'	R	Ks	$\Delta^*Q^*R^*Ks$	$\Delta_{m\acute{a}x}$	Resultado	
	m		mm	mm				cm	cm		
N +5.13	5.13	Top	0.183233	2.572083	1.57	2.2	0.190	0.169	1.026	CUMPLE	
N + 2.70	2.7	Top	0.135652	1.657399	1.57	2.2	0.190	0.109	0.54	CUMPLE	

Las separaciones calculadas serán base para la revisión de las colindancias hacia los predios adyacentes al inmueble.

Considerando la separación a los linderos determinado por el cálculo de los desplazamientos de proyecto, se tiene que la condición más desfavorable, la separación del lindero será:

Separación de lindero deberá ser por lo menos de **5 cm**; $\Delta_{m\acute{a}x} = 2.06 \text{ cm} < 5 \text{ cm}$ mínimo de separación de colindancia especificada. Por lo tanto, CUMPLE.

En sitio el cuerpo tiene las separaciones suficientes para desplazarse sin presentarse problemas por golpeteos laterales ante eventos sísmicos.

DISTORSIONES MÁXIMAS POR ACCIONES SÍSMICAS.

Tabla 22. *Distorsiones máximas por entrepiso debidos a sismo por colapso. Dirección X.*

TABLE: Story Response - Distorsiones Máximas Sismo Sx Colapso										
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Q	R	YQR	Ymáx	Resultado	
	m									
N +5.13	5.13	Top	0.00067255	0.00020351	2.00	2.18	0.0029	0.005	CUMPLE	
N + 2.70	2.7	Top	0.00114815	0.00047976	2.00	2.18	0.0050	0.005	CUMPLE	

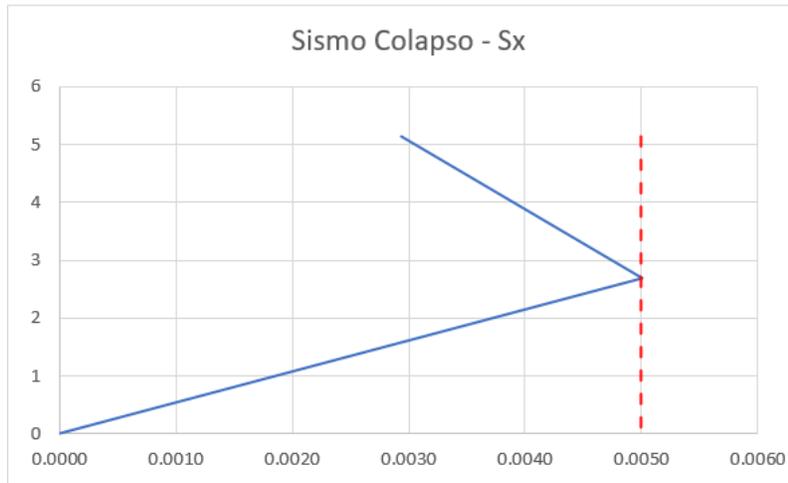


Tabla 23. *Distorsiones máximas por entrepiso debidos a sismos frecuentes. Dirección X.*

TABLE: Story Response - Distorsiones Máximas Sismo Sx - Sismo frecuente										
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Q'	R	Ks	Y*Q'*R*Ks	Ymáx	Resultado
	m									
N +5.13	5.13	Top	0.00067255	0.00020351	1.75	2.18	0.190	4.9E-04	0.002	CUMPLE
N + 2.70	2.7	Top	0.00114815	0.00047976	1.75	2.18	0.190	8.3E-04	0.002	CUMPLE

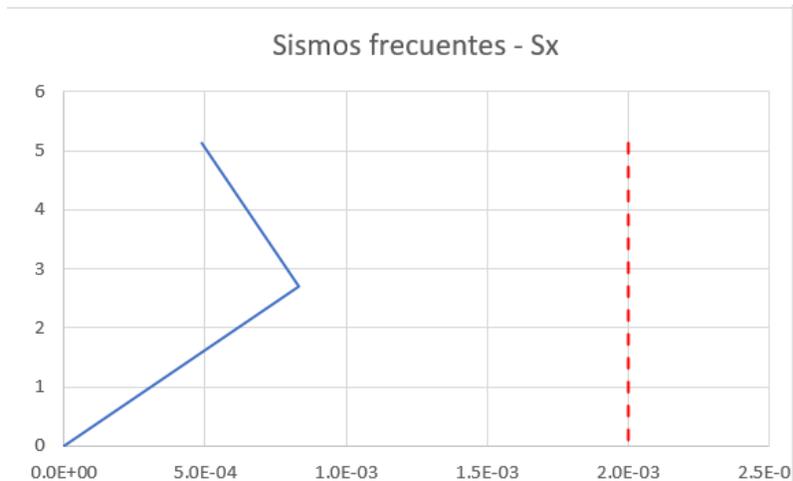


Tabla 24. Distorsiones máximas por entrepiso debidos a sismo por colapso. Dirección Y.

TABLE: Story Response - Distorsiones Máximas Sismo Sy Colapso										
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Q	R	YQR	Ymáx	Resultado	
	m									
N +5.13	5.13	Top	2.70E-05	0.000356	2.00	2.2	0.0015664	0.005	CUMPLE	
N + 2.70	2.7	Top	4.80E-05	0.000572	2.00	2.2	0.0025168	0.005	CUMPLE	

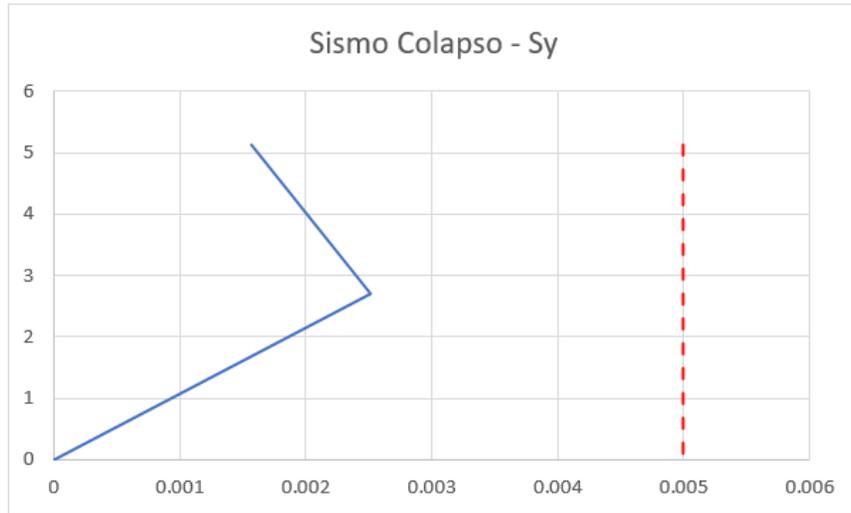
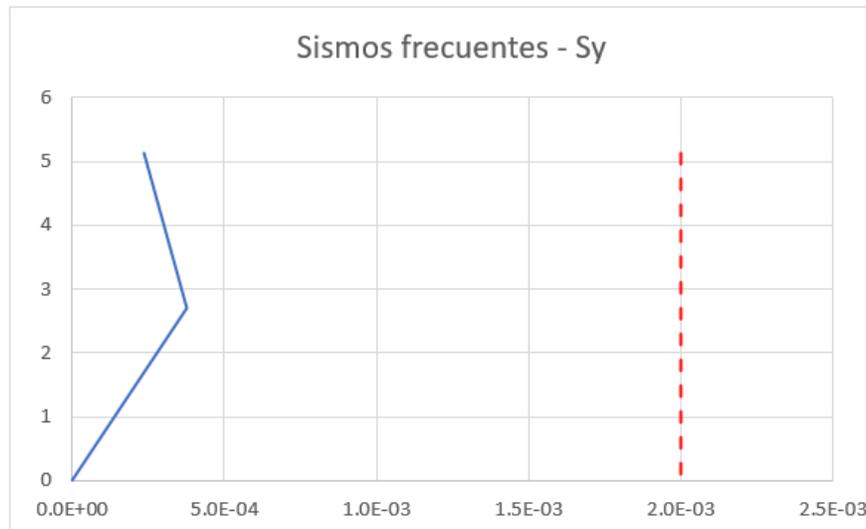


Tabla 25. Distorsiones máximas por entrepiso debidos a sismos frecuentes. Dirección Y.

TABLE: Story Response - Distorsiones Máximas Sismo Sy - Sismo frecuente										
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir	Q'	R	Ks	Y*Q'*R*Ks	Ymáx	Resultado
	m									
N +5.13	5.13	Top	2.70E-05	0.000356	1.57	2.21	0.190	2.3E-04	0.002	CUMPLE
N + 2.70	2.7	Top	4.80E-05	0.000572	1.57	2.21	0.190	3.8E-04	0.002	CUMPLE



Por lo tanto, la estructura CUMPLE con los requisitos para derivas máximas de acuerdo con la NTC-Diseño por sismo (2021).

6.6. REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTO MAXIMOS VERTICALES

Del modelo de análisis se determina la deformación máxima para la combinación gravitacional **SERVICIO** de los elementos mas cargados verticalmente.

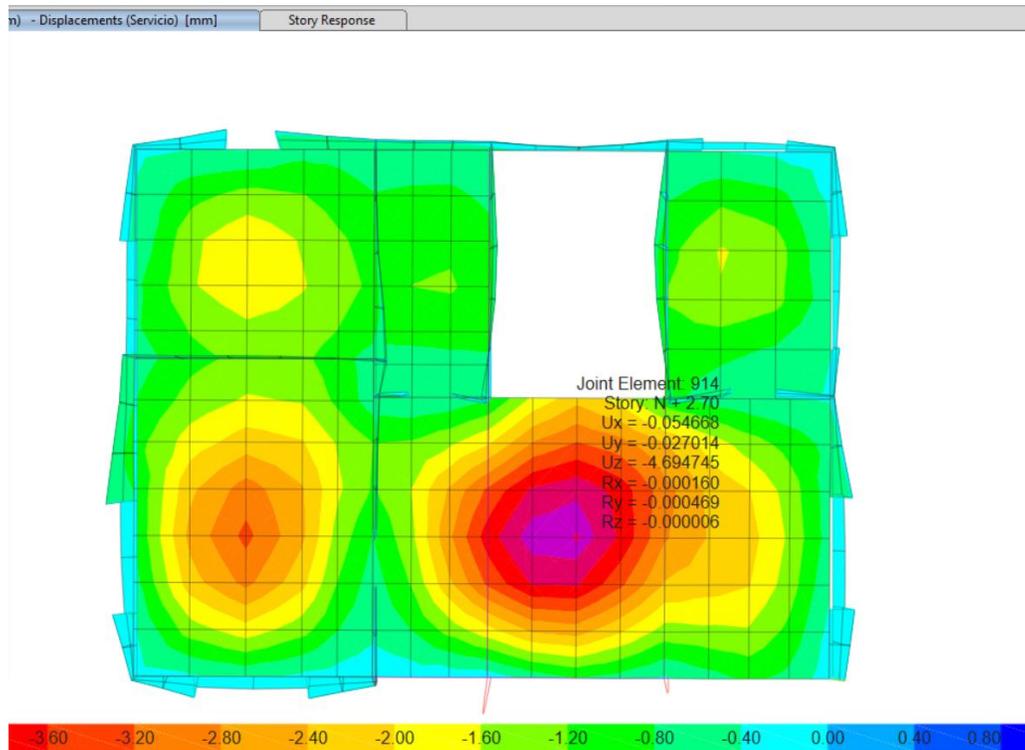


Figura 42. Desplazamientos verticales máximos sobre losa.

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$\Delta_{adm} = L / 240 = 500 / 240 = 2.08 \text{ cm}$$

$$\Delta_{CM} + \Delta_{CV} \text{ max} = 0.46 \text{ cm} < \Delta_{adm}. \text{ Es admisible la deformación vertical máxima del entrepiso teórico.}$$

7. REVISIÓN ESTRUCTURAL.

7.1. ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA.

De acuerdo con la visita en sitio y el comportamiento de la estructura, así como la información proporcionada por la escuela, los muros son de mampostería diafragma con refuerzo vertical interno y ligados a los marcos de concreto.

El análisis y revisión estarán sujetos al apartado 5. MAMPOSTERIA CONFINADA de las NTC- Diseño y construcciones de estructuras de mampostería con comentarios; a) Se revisará que las resistencias a compresión cumplan con el apartado 5.3.1; b) Resistencia a flexocompresión en el plano del muro conforme al inciso 5.3.2.1; c) Resistencias a cargas laterales de acuerdo con 5.4.1 de la NTC antes mencionada.

Para revisar los muros de mampostería que, como sistema estructural resistente en el cuerpo, saque los elementos mecánicos de estos con ayuda del programa ETABS V.19 y analizando aquellos con mayores esfuerzos.

MURO (PW1)

TABLE: Pier Forces											
Story	Pier	Output Ca	Case Typ	Step Ty	Locatic	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	PW1	Comb 1	Combination		Top	-15.4935	-0.4753	-0.1357	-0.4175	0.0677	0.9015

TABLE: Pier Forces											
Story	Pier	Output Ca	Case Typ	Step Ty	Locatic	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	PW1	Comb 2	Combination	Min	Bottom	-10.6812	-15.3042	-0.1703	-0.4571	-0.0976	-9.753

TABLE: Pier Forces											
Story	Pier	Output Ca	Case Typ	Step Ty	Locatic	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	PW1	Comb 2	Combination	Min	Top	-11.4719	-15.3676	-0.3147	-0.4844	-0.0815	-5.8471

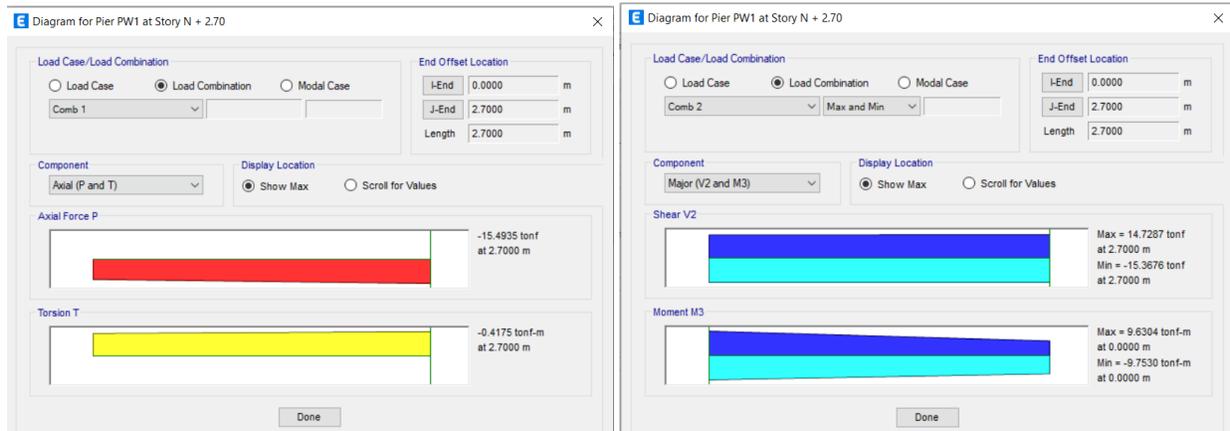


Figura 43. Elementos mecánicos sobre muro de mampostería. PW1

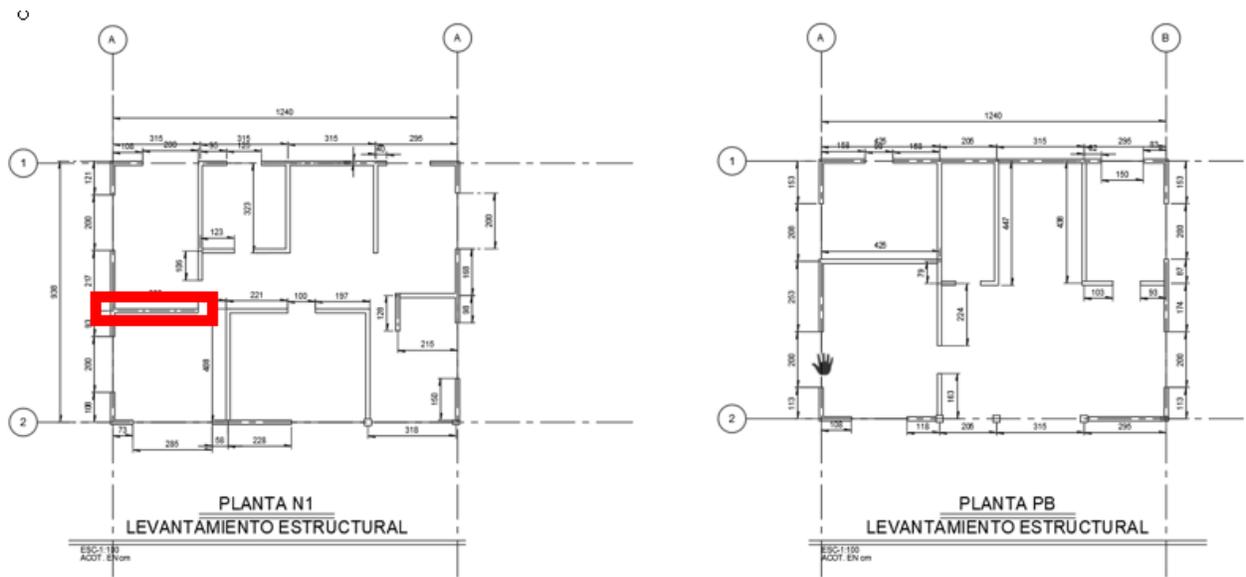


Figura 44. Muro de carga en sitio.

5.3.1 Resistencia a compresión de muros confinados

La carga vertical resistente, P_R , se calculará como:

$$P_R = F_R F_E (f'_m A_T + \sum A_s f_y) \quad (5.3.1)$$

donde:

F_E se obtendrá de acuerdo con el inciso 3.2.2; y
 F_R se tomará igual a 0.6.

FR	0.6		
t	12	cm	
L	426	cm	
H	270	cm	
f'm	15	kg/cm2	
e'	0.50	cm	
k	0.8		
FE	0.59		
At	5112	cm2	
As	2.84	cm2	4var#3
fy	4200		
#castillos	2		
Σasfy	23856	kg	
PR=	35.39	ton	
Pu=	15.5	ton	
CUMPLE A COMPRESIÓN			

5.3.2 Resistencia a flexocompresión en el plano del muro

5.3.2.1 Método general de diseño

La resistencia a flexión pura o flexocompresión en el plano de un muro confinado con elementos externos o internos se calculará con base en las hipótesis estipuladas en el inciso 3.1.6. La resistencia de diseño se obtendrá afectando la resistencia por el factor de resistencia indicado en el inciso 3.1.4.2.

$$M_R = F_R M_o + 0.3 P_u d \quad \text{si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3} \quad (5.3.2)$$

$$M_R = (1.5 F_R M_o + 0.15 P_R d) \times \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right) \quad \text{si } P_u > \frac{P_R}{3} \quad (5.3.3)$$

Sonde:

- $M_o = A_s f_y d'$ resistencia a flexión pura del muro;
- A_s área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en cada uno de los castillos extremos del muro;
- d' distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro;
- d distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra a compresión máxima;
- P_u carga axial de diseño a compresión, cuyo valor se tomará con signo positivo en las ecuaciones 5.3.2y 5.3.3; y
- F_R se tomará igual a 0.8, si $P_u \leq P_R/3$ e igual a 0.6 en caso contrario.

Para cargas axiales de tensión será válido interpolar entre la carga axial resistente a tensión pura y el momento flexionante resistente M_o , afectando el resultado por $F_R=0.8$.

Pu	10.1	ton
PR	35.39	ton
PR/3	11.80	ton
FR	0.8	-
Dimensi (K)	20	cm
d'	406	cm
d	416	cm
As	2.84	cm ²
fy	4200	kg/cm ²
Mo	4842768	kg-cm
MR	51.35	ton-m
Mu	21.46	ton-m

**CUMPLE A
FLEXOCOMPRESIÓN**

El factor de resistencia, F_R , se tomará igual a 0.7 (inciso 3.1.4.3).

5.4.2 Fuerza cortante resistida por la mampostería

La fuerza cortante de diseño debida a la mampostería V_{mR} , se calculará con la ecuación 5.4.2:

$$V_{mR} = F_R [(0.5v'_m A_T + 0.3P) \cdot f] \leq 1.5F_R v'_m A_T f \quad (5.4.2)$$

Donde A_T es el área transversal del muro incluyendo a los castillos pero sin transformar su área transversal.

La carga axial P se deberá tomar positiva en compresión y deberá considerar las acciones permanentes, variables con intensidad instantánea, y accidentales que conduzcan al menor valor y sin multiplicar por el factor de carga. Si la carga vertical P es de tensión, se despreciará la contribución de la mampostería V_{mR} .

FR	0.7	
v'm	2	kg/cm ²
t	12	cm
L	426	cm
H=	270	cm
At	5112	cm ²
P	10.10	ton
f	1.229	
vmr=	7.00	ton
Vu	15.36	ton

NO CUMPLE

De acuerdo con las revisiones, el muro **NO CUMPLE** con el apartado 5.4.2. para soportar fuerza cortante.

MURO (PW19)

Story	Pier	Output Ca	Case Typ	Step Ty	Locatic	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	PW19	Comb 1	Combination		Top	-13.6176	0.9662	-0.0663	0.4322	-0.0051	-2.7013

Story	Pier	Output Ca	Case Typ	Step Ty	Locatic	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	PW19	Comb 6	Combination	Min	Bottom	-9.3468	-10.8321	-0.1033	0.0114	-0.0515	-8.9503

Story	Pier	Output Ca	Case Typ	Step Ty	Locatic	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	PW19	Comb 6	Combination	Max	Bottom	-7.6981	12.7362	0.0741	0.3289	0.0543	6.5812

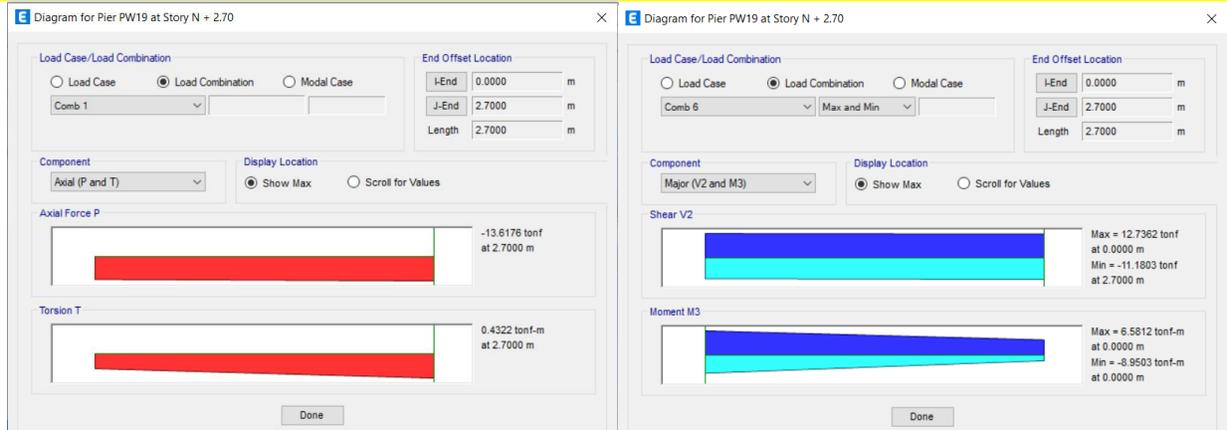


Figura 45. Elementos mecánicos sobre muro de mampostería. PW19

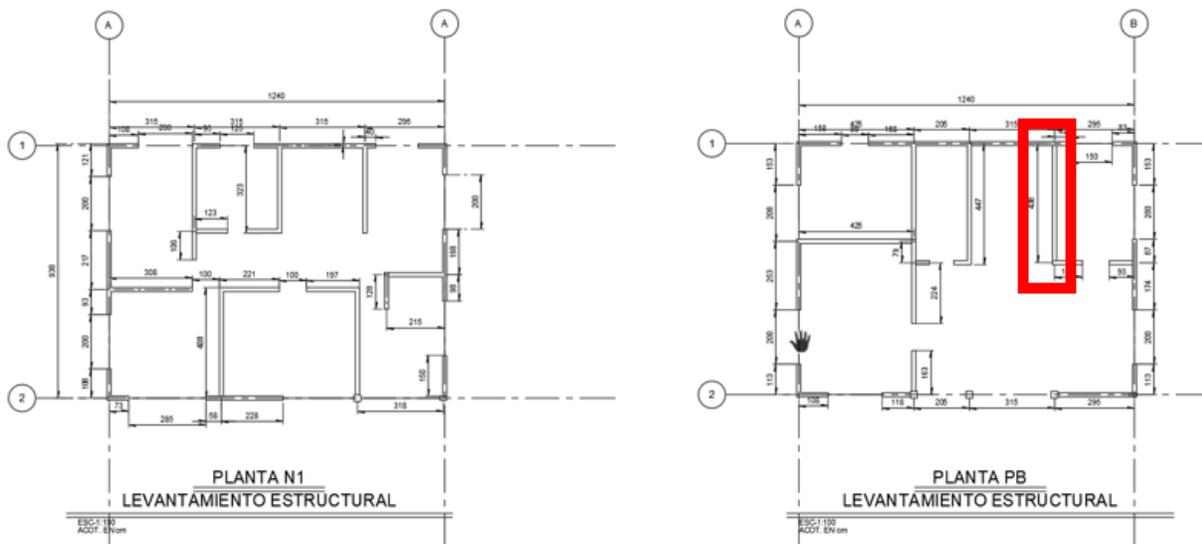


Figura 46. Muro de carga en sitio.

5.3.1 Resistencia a compresión de muros confinados

La carga vertical resistente, P_R , se calculará como:

$$P_R = F_R F_E (f'_m A_T + \sum A_s f_y) \quad (5.3.1)$$

donde:

F_E se obtendrá de acuerdo con el inciso 3.2.2; y
 F_R se tomará igual a 0.6.

FR	0.6	
t	12	cm
L	440	cm
H	270	cm
f'm	15	kg/cm2
e'	0.50	cm
k	0.8	
FE	0.59	
At	5280	cm2
As	2.84	cm2
fy	4200	
#castillos	2	
$\sum asfy$	23856	kg
PR=	36.28	ton
Pu=	13.61	ton

CUMPLE A COMPRESIÓN

5.3.2 Resistencia a flexocompresión en el plano del muro

5.3.2.1 Método general de diseño

La resistencia a flexión pura o flexocompresión en el plano de un muro confinado con elementos externos o internos se calculará con base en las hipótesis estipuladas en el inciso 3.1.6. La resistencia de diseño se obtendrá afectando la resistencia por el factor de resistencia indicado en el inciso 3.1.4.2.

$$M_R = F_R M_o + 0.3 P_u d \quad \text{si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3} \quad (5.3.2)$$

$$M_R = (1.5 F_R M_o + 0.15 P_R d) \times \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right) \quad \text{si } P_u > \frac{P_R}{3} \quad (5.3.3)$$

Sonde:

$M_o = A_s f_y d'$ resistencia a flexión pura del muro;
 A_s área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en cada uno de los castillos extremos del muro;
 d' distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro;
 d distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra a compresión máxima;
 P_u carga axial de diseño a compresión, cuyo valor se tomará con signo positivo en las ecuaciones 5.3.2y 5.3.3; y
 F_R se tomará igual a 0.8, si $P_u \leq P_R/3$ e igual a 0.6 en caso contrario.

Para cargas axiales de tensión será válido interpolar entre la carga axial resistente a tensión pura y el momento flexionante resistente M_o , afectando el resultado por $F_R=0.8$.

Pu	13.61	ton
PR	36.28	ton
PR/3	12.09	ton
FR	0.6	-
Dimensi (K)	12	cm
d'	428	cm
d	434	cm
As	2.84	cm ²
fy	4200	kg/cm ²
Mo	5105184	kg-cm
MR	43.46	ton-m
<i>Mu</i>	8.95	ton-m

CUMPLE A FLEXOCOMPRESIÓN

El factor de resistencia, F_R , se tomará igual a 0.7 (inciso 3.1.4.3).

5.4.2 Fuerza cortante resistida por la mampostería

La fuerza cortante de diseño debida a la mampostería V_{mR} , se calculará con la ecuación 5.4.2:

$$V_{mR} = F_R [(0.5v'_m A_T + 0.3P) \cdot f] \leq 1.5F_R v'_m A_T f \quad (5.4.2)$$

Donde A_T es el área transversal del muro incluyendo a los castillos pero sin transformar su área transversal.

La carga axial P se deberá tomar positiva en compresión y deberá considerar las acciones permanentes, variables con intensidad instantánea, y accidentales que conduzcan al menor valor y sin multiplicar por el factor de carga. Si la carga vertical P es de tensión, se despreciará la contribución de la mampostería V_{mR} .

FR	0.7	
v'm	2	kg/cm ²
t	12	cm
L	440	cm
H=	270	cm
At	5280	cm ²
P	8.82	ton
f	1.241	
vmr=	6.89	ton
Vu	12.7	ton

NO CUMPLE

De acuerdo con las revisiones, el muro **NO CUMPLE** con el apartado 5.4.2. para soportar fuerza cortante.

Al realizar el análisis en varios muros de mampostería, encontré que muchos de ellos con las características descritas antes no cumplían con los requisitos Demanda/Capacidad debidas al uso, puntualmente ante combinaciones sísmicas por lo que recomendé que se hicieran rehabilitados en las zonas donde los muros no serian capaces de resistir los efectos por corte.

7.2. ELEMENTOS DE CONCRETO.

7.3. COLUMNAS

De acuerdo con las extracciones de corazón en elementos de concreto y escaneos en sitio, se consideran las siguientes propiedades para la revisión:

Una resistencia de concreto $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ y un $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ para las varillas corrugadas usadas para el armado de acero.

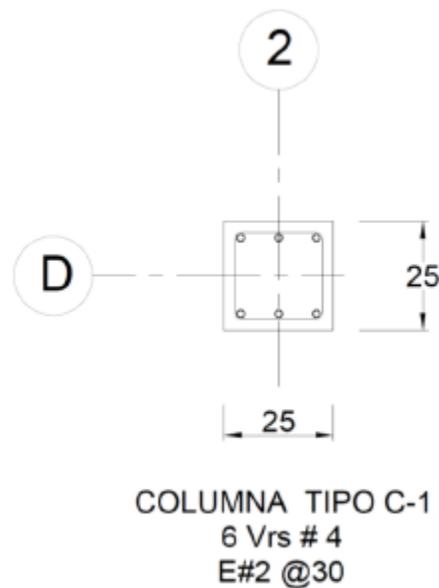


Figura 47. Armado de columnas de concreto.

7.3.1. REVISIÓN A FLEXOCOMPRESIÓN.

Para la revisión de a flexocompresión de los elementos de concreto, realice un diagrama de interacción y compare las distintas combinaciones con elementos mecánicos mas desfavorables, con el fin de asegurar que las columnas cumplieran con la demanda / capacidades debidas a uso.

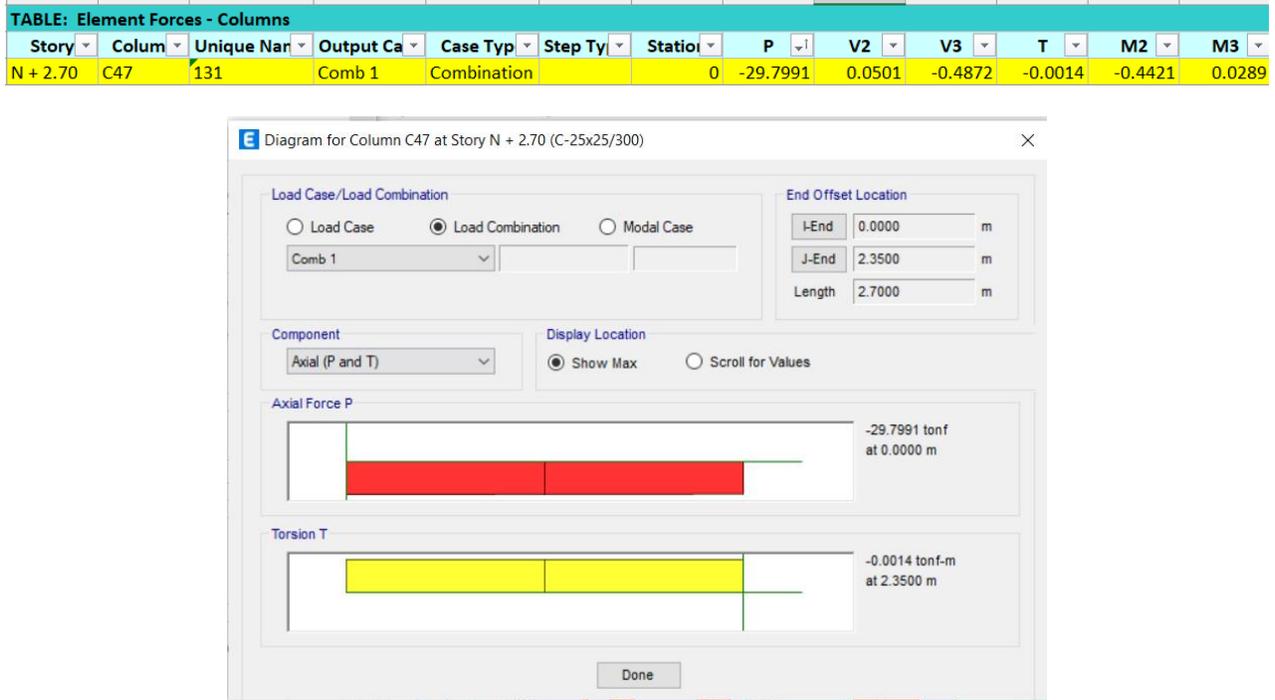


Figura 48. Elementos mecánicos sobre columna de concreto. Combinación: 1.5 CM + 1.7CV. Columna C47.

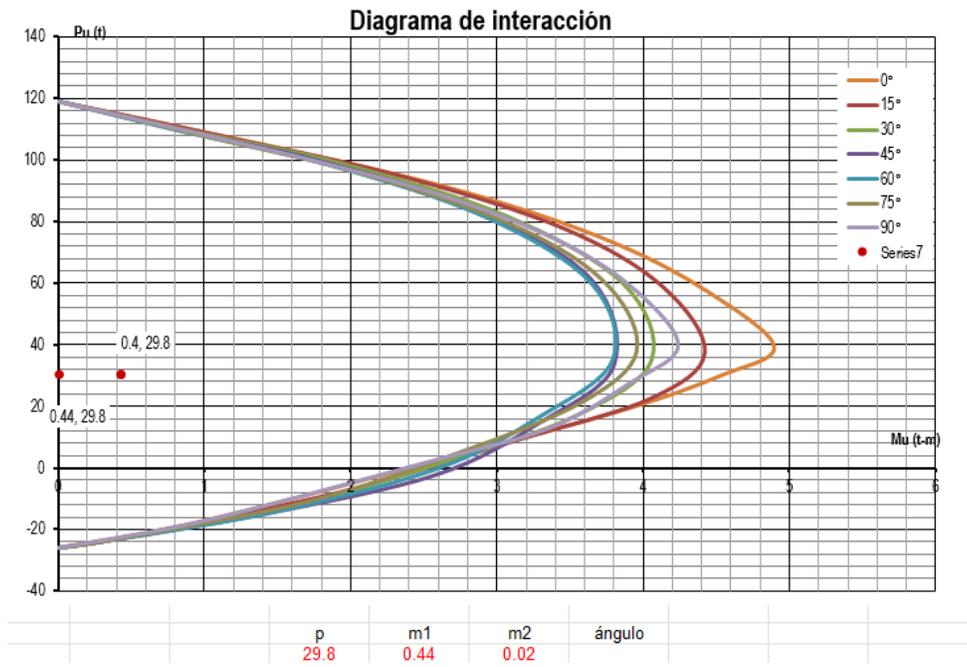


Figura 49. Diagrama de interacción para columna de concreto de 25x25 cm. Columna C47

Story	Column	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	C91	119	Comb 2	Combination	Min	0	-15.6918	-1.2587	-0.8766	-0.049	-0.8618	-1.6943

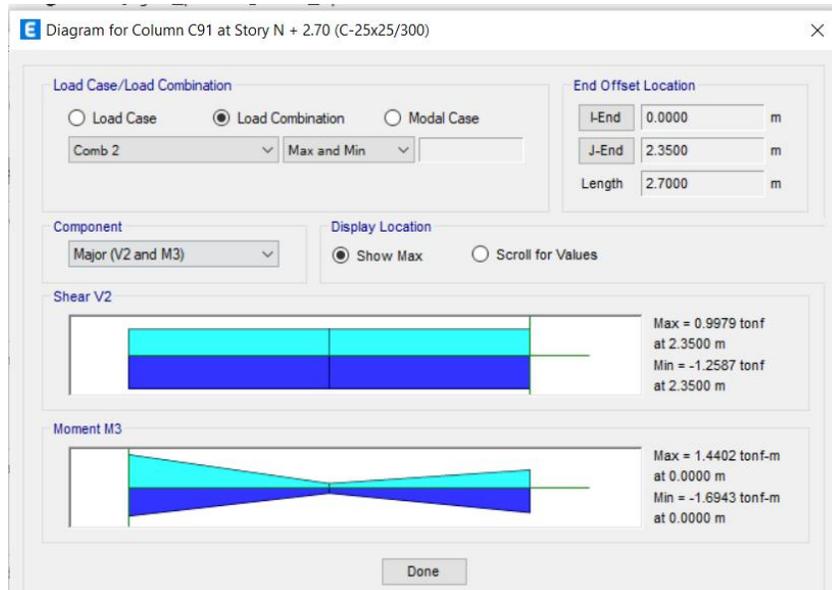


Figura 50. Elementos mecánicos sobre columna de concreto. Combinación: $1.1(CM + CV + Sx + 0.3Sy)$. Columna C91.

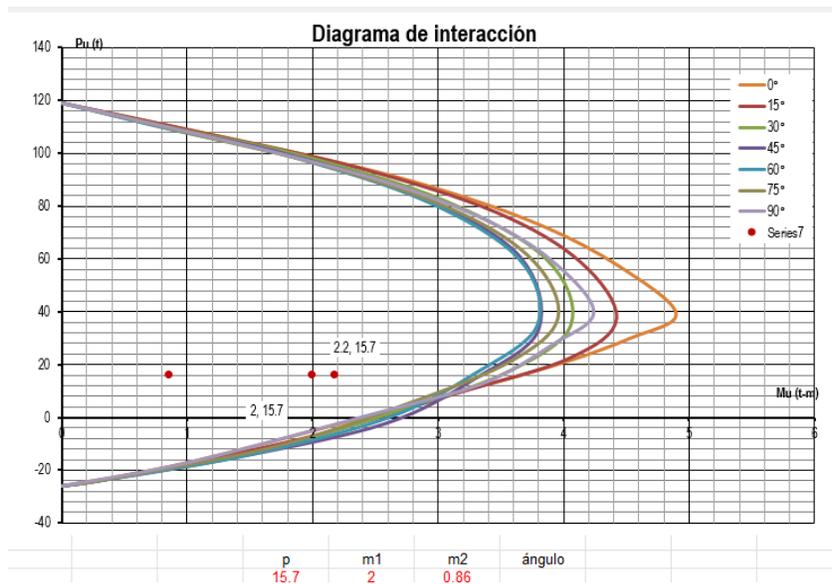


Figura 51. Diagrama de interacción para columna de concreto de 25x25 cm. Columna C91

7.3.2. REVISIÓN A FUERZAS LATERALES

La resistencia a fuerza cortante de los elementos columna lo revise conforme al apartado “5.3.3 RESISTENCIA A FUERZA CORTANTE” de las NTC- Diseño y construcción de elementos de concreto.

Story	Column	Unique Name	Output Category	Case Type	Step Type	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	C44	115	Comb 2	Combination	Min	2.35	-10.2409	-2.2516	-0.6565	-0.067	0.1337	-0.8453

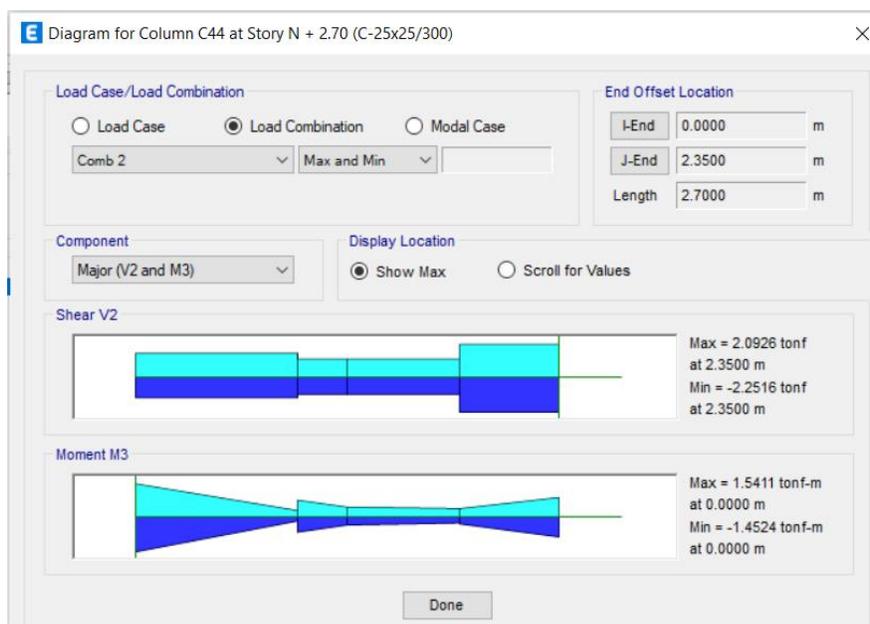


Figura 52. Elementos mecánicos sobre columna de concreto. Combinación: 1.1(CM + CV + Sx + 0.3Sy). Columna C44.

a) Flexocompresión

En miembros a flexocompresión en los que el valor absoluto de la fuerza axial de diseño, P_u , cumpla con

$$P_u < F_R (0.7f'_c A_g + 200A_s) \quad (5.3.5)$$

$$\left(P_u < F_R (0.7f'_c A_g + 200A_s) \right)$$

Vu=	2.25 ton
Pu=	10240 kgf
FR=	0.75
b=	25 cm
h=	25 cm
d=	37.5 cm
Ag=	625 cm ²
f'c=	300 kg/cm ²
As=	7.62 cm ²
p=	0.012192

$P_u < F_R (0.7f'_c A_g + 200A_s)$ **OK**

Si $p < 0.015$

Si $p < 0.015$

$$\left(V_{cR} = F_R \left(1 + 0.007 \frac{P_u}{A_g} \right) 0.5 \sqrt{f'_c} b d \right)$$

VCR=	4.02 ton
-------------	----------

$$s = \frac{F_R A_v f_y d (\text{sen } \theta + \text{cos } \theta)}{V_{sR}}$$

s=	30 cm
Av=	0.62 cm
fy=	2300 kg/cm ²
VsR=	1.34 ton
VR=	5.35 ton

De acuerdo con los resultados obtenidos, la resistencia a cortante de las columnas tipo CUMPLE con la demanda/capacidad debidas a uso.

7.4. TRABES

Conforme a la información tomada de los planos estructurales de “la escuela”, el armado de las trabes de concreto del sistema estructural es a base de 3 varillas del No. 3 en cada lecho.

Considerando una resistencia de concreto $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ y un $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ para las varillas corrugadas.

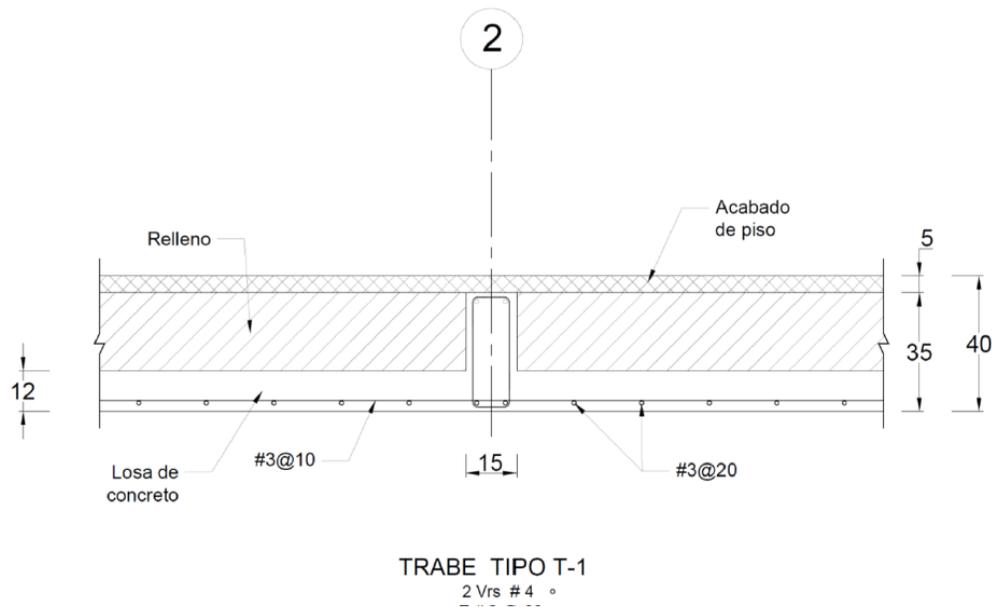


Figura 53. Armado de trabes de concreto.

7.4.1. REVISIÓN A FLEXIÓN.

La revisión de los elementos mas esforzados a flexión los analice conforme al apartado “5.1.3 Resistencia a flexión” de las NTC- Diseño y construcción de estructuras de concreto con comentarios 2021.

Story	Beam	Unique Nan	Output Ca	Case Typ	Step Ty	Statio	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	B1	7	Comb 1	Combination		4.91	-0.0011	3.6378	0.02	-0.1203	-0.0072	-2.4912

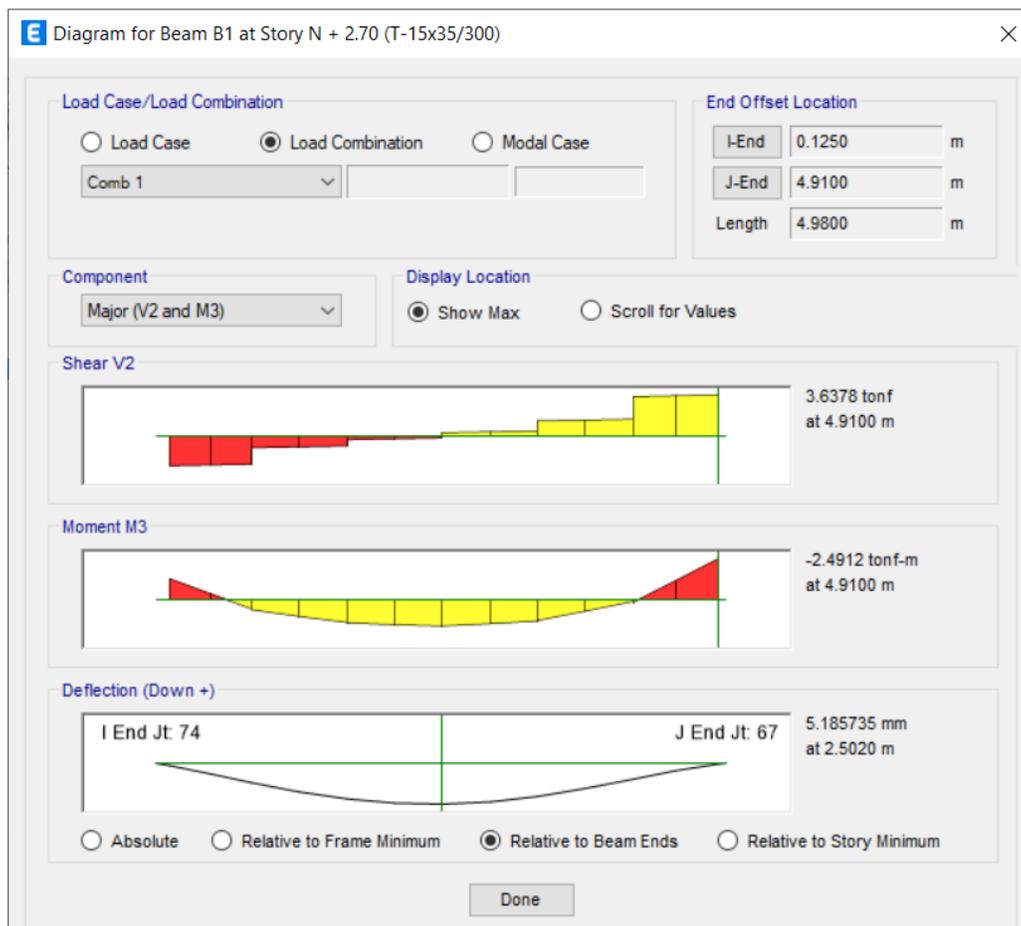


Figura 54. Elementos mecánicos sobre trabe de concreto. Combinación: 1.5 CM + 1.7 CV. Trabe B1

Cálculo de momento flexionante resistente (NTC-Concreto-20)

Datos

$b = 15$	cm	$f_y = 4200$	kg/cm ²
$d = 30$	cm	$f_c = 300$	kg/cm ²
$A_s = 2.54$	cm ²	$F_r = 0.9$	

Revisión

$\rho_{trabe} = 0.0056$	$\rho_{min} = 0.0029$	$A_{min} = 1.3$	cm ²
$q = 0.0930$	$\rho_b = 0.0298$	$A_b = 13.4$	cm ²
$\beta_1 = 0.84$	$\rho_{max} = 0.0224$	$A_{max} = 10.1$	cm ²

Revisión **Tipo de falla Dúctil**

Momento resistente $M_u = 2.7$ t-m

Por lo tanto, CUMPLE para soportar cargas flexionantes.

7.4.2. REVISIÓN A CORTANTE.

La revisión de los elementos mas esforzados a cortante los analice conforme al apartado “5.3.3 Resistencia a fuerza cortante” de las NTC- Diseño y construcción de estructuras de concreto con comentarios 2021.

Story	Beam	Unique Nar	Output Ca	Case Typ	Step Ty	Statio	P	V2	V3	T	M2	M3
N + 2.70	B1	7	Comb 1	Combination		4.91	-0.0011	3.6378	0.02	-0.1203	-0.0072	-2.4912



Figura 55. Elementos mecánicos sobre trabe de concreto. Combinación: 1.5 CM + 1.7 CV. Trabe B1

CÁLCULO DE RESISTENCIA A CORTANTE PARA VIGAS RECTANGULARES 2020

Datos

$b = 15 \text{ cm}$	$f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
$d = 32.5 \text{ cm}$	$f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$
$L = 3.6 \text{ m}$	$F_R = 0.75$
$A_s = 1.42 \text{ cm}^2$	

Resistencia a cortante proporcionada por el concreto

Si $p > 0.015$:

Si $r < 0.015$:

$$\phi V_c = \phi \cdot 0.5 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$\phi V_c = \phi (0.2 + 20 \rho) \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$\phi v_{CR} = 1,635 \text{ Kg}$$

$$\phi v_{CR} = 3.4 \text{ kg/cm}^2$$

Resistencia a cortante proporcionada por los estribos

# varilla:	2	
Cantidad:	1	estribos
Area:	0.317	cm ²
S =	15	cm
A _v / S =	0.04	cm ² /cm

$$v_c = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$V_s = 2,604 \text{ kg}$$

$$V_R = 4,239 \text{ kg}$$

Por lo tanto, los elementos columna y trabes de concreto f_c 300 kg/cm² con los armados de acuerdo con las pruebas hechas en campo CUMPLEN para soportar las demandas debidas a uso.

Las revisiones consideradas se hicieron sobre los elementos mas esforzados, por lo que se concluye que el resto de los elementos cumplirán con las solicitaciones por uso.

8. CIMENTACIÓN.

Revise la cimentación conforme a la NTC para diseño y construcción de cimentaciones (15 diciembre de 2017)

De acuerdo con el dictamen técnico en geotecnia, la capacidad de carga del suelo es de 10 ton/m². A falta de planos estructurales, considere una cimentación tipo a base de zapatas corridas con un espesor de losa de 15 cm, base de 1 (m), concreto estructural $f'c=250$ kg/cm² y trabes liga de 0.15 (m) de espesor. La profundidad de desplante será de 1(m)

En este caso, recomendé hacer una prueba en sitio para conocer las dimensiones de la cimentación, características y dimensiones.

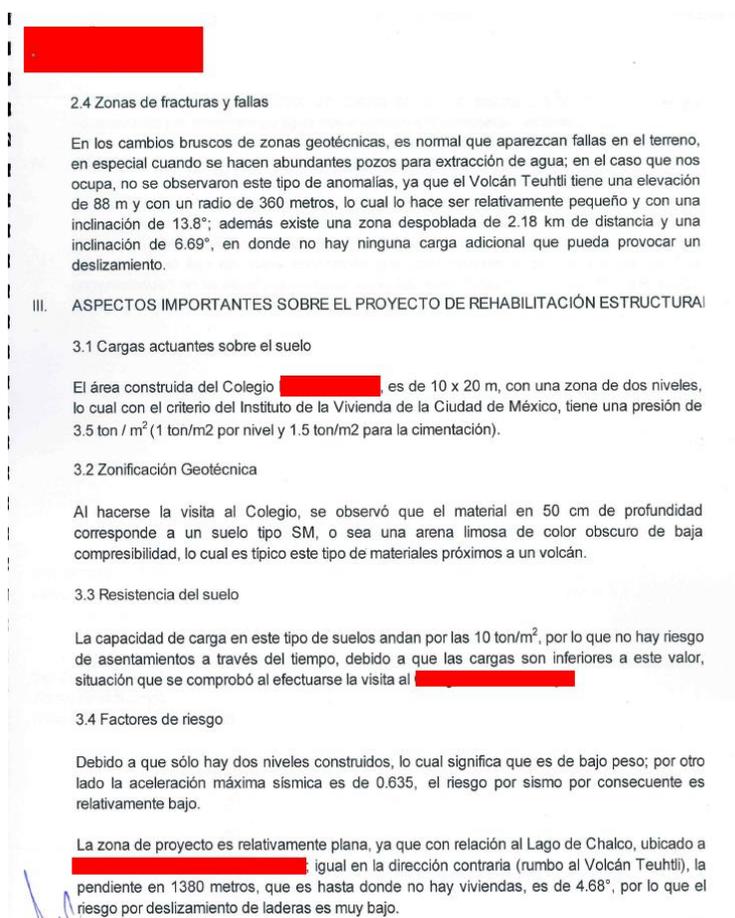


Figura 56. Reporte técnico en geotecnia.

Para la revisión, usé la herramienta ETABS V.19, modelando la losa de las zapatas corridas como elemento Shell y considerando un modulo de balastro de 1350 ton/m³, tomando como referencia la tabla 9-1 “Range of modulus of subgrade reaction ks” de FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN, fifth edition, Joseph E. Bowles, P.E (fig. 3.2.2).

TABLE 9-1
Range of modulus of subgrade
reaction k_s

Use values as guide and for comparison when using approximate equations

Soil	k_s , kN/m ³
Loose sand	4800–16 000
Medium dense sand	9600–80 000
Dense sand	64 000–128 000
Clayey medium dense sand	32 000–80 000
Silty medium dense sand	24 000–48 000
Clayey soil:	
$q_a \leq 200$ kPa	12 000–24 000
$200 < q_a \leq 800$ kPa	24 000–48 000
$q_a > 800$ kPa	> 48 000

Figura 57. Bowles, J. E. (1997). Range of modulus of subgrade reaction K_s . Foundation Analysis and Design.

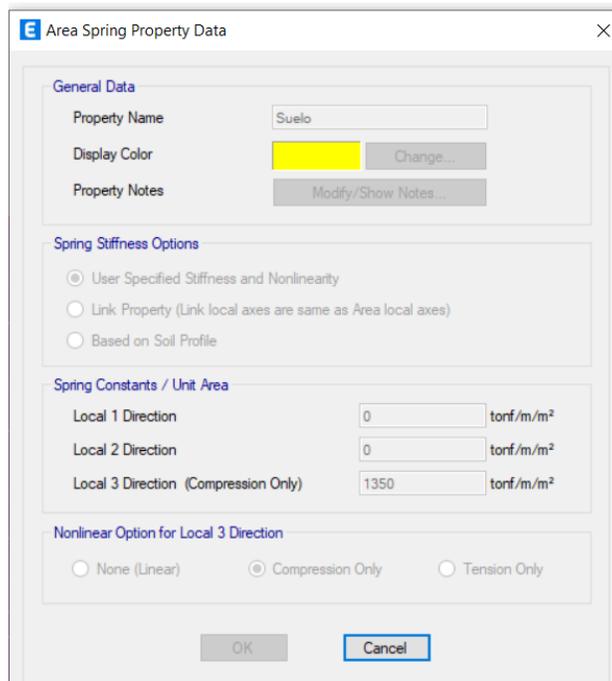


Figura 58. Definición del módulo de balastro en ETABS V.19

Las presiones del suelo máximas mostraron valores de 9 ton/m² como máximo para combinaciones 1.5CM+1.7CV y 6 ton/m² para combinaciones por servicio, por lo que se consideró que la cimentación es adecuada para la estructura, sin embargo, se recomendó a la escuela realizar un estudio de mecánica de suelos en sitio para verificar la capacidad del suelo, la geometría de la cimentación y la revisión completa de la subestructura.

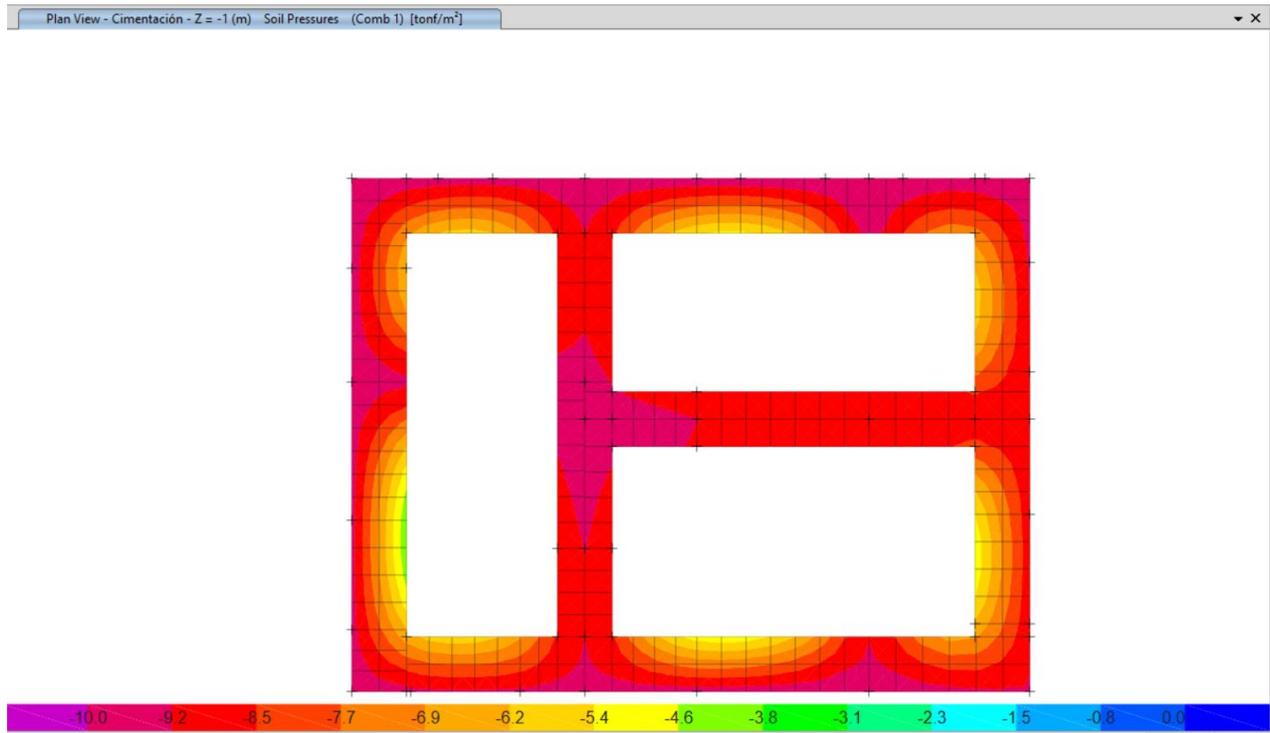


Figura 59. Presiones en suelo debidos a combinación de carga 1.5 CM + 1.7 CV.

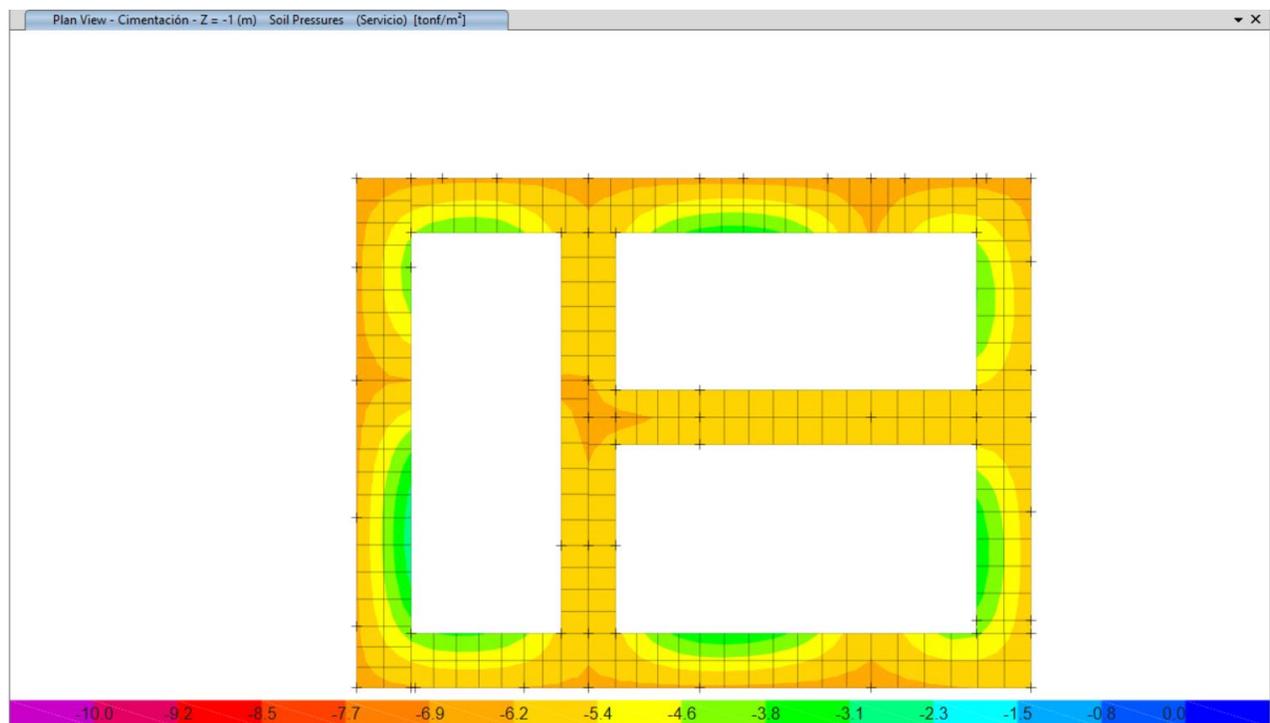


Figura 60. Presiones en suelo. Condiciones por servicio.

La cimentación cumple con la carga admisible en el suelo de acuerdo con la capacidad del suelo tomada del reporte técnico.

Durante el recorrido no hubo presencia de hundimientos, agrietamientos en suelo o inclinaciones significativas en los cuerpos.

CUMPLE.

9. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN.

1. El alcance de esta revisión toma en cuenta el cuerpo destinado para primaria, por lo que el análisis de edificios aledaños dentro del mismo predio no está reflejado en este reporte.
2. Al modelo estructural desarrollado le incorpore todas las cargas de acuerdo con la información proporcionada por el cliente, las pruebas hechas en sitio y las de uso derivadas de la observación en sitio. Las cargas definidas gravitacionales tanto permanentes como de uso se complementaron con las calculadas y relacionadas a estados accidentales como sismo. El terreno del predio corresponde por su localización a suelo en Zona III.
3. La normativa aplicada fue la última edición del Reglamento de Construcciones, y sus NTC-2017-2020, como se describió en el apartado “4. Normas y especificaciones” de este reporte.
4. Revise que tanto los estados límite de servicio como los de colapso en la estructura estén dentro de los límites que marcan las NTC – Diseño por Sismo 2020.
5. La estructura “la escuela” analizada está definida como sistema a base de muros de mampostería confinada de piezas macizas de ladrillo rojo recocido.
6. La cimentación está considerada por zapatas corridas (como principal hipótesis para la revisión), con una capacidad de carga de suelo de 10 ton /m². La capacidad fue tomada del reporte técnico del geotecnista. Se recomendó al plantel realizar trabajos en sitio para mecánica de suelos con el objetivo de obtener la capacidad del suelo, corroborar geometrías, modulo de reacción vertical y tipo de suelo.
7. Se denota de las Condiciones de Regularidad establecidas de acuerdo a la norma NTC-Diseño por sismo, siendo el factor de reducción por irregularidad de 0.7.
8. Los estados límite de servicio en lo referente a desplazamientos laterales máximos y por distorsiones límite en sismos de colapso y sismos frecuentes Cumplen los límites establecidos en la NTC – Sismo vigente.
9. Ante la revisión de muros de mampostería la relación Capacidad /Demanda NO CUMPLEN considerando $v'm = 2 \text{ kg/cm}^2$ y un valor de $f'm = 15 \text{ kg/cm}^2$ ante resistencia por cargas laterales.
10. La relación Capacidad/Demanda en columnas y trabes cumple con la normatividad correspondiente en base a las pruebas de extracciones de corazón en concreto y escaneos hechos en sitio como parte de los alcances del CSE.
11. Durante la visita a sitio no se presenciaron hundimientos, desplomes, grietas o inclinaciones significativas sobre los elementos estructurales.

10. REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL.

10.1. OBJETIVO DEL REHABILITADO.

Conforme al análisis y revisión hecho en el reporte de revisión estructural de “La escuela”, concluí que era necesario un proyecto para rehabilitar el cuerpo estudiado con el objetivo de asegurar la seguridad del edificio con uso de primaria conforme a los lineamientos del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF) y las Normas Técnicas Complementarios (NTC) enlistadas en el apartado 4 de este trabajo.

10.2. PROPUESTAS DEL REHABILITADO.

De acuerdo con el apartado "Conclusiones y recomendaciones", punto 9 de la revisión estructural, los elementos que fungen como el sistema estructural del cuerpo analizado, no satisfacen las demandas derivadas de esfuerzos cortantes resultado de combinaciones sísmicas: $1.1 (CM + CV + Sx + 0.3 Sy)$. Por lo que plantee un rehabilitado local en cada muro de mampostería que tuviera una relación Demanda/Capacidad >1.0 para proporcionar resistencia lateral mediante el encamisado con malla electrosoldada y mortero.

El rehabilitado mediante el encamisado de muros lo elegí debido a que es una técnica confiable, eficiente y económica, aportando la resistencia a esfuerzos laterales que requiere el proyecto.

Según el libro "Edificaciones de Mampostería de la Sociedad Mexicana de Ingeniería estructural, A.C." (2019), con este método se puede alcanzar incrementos de la resistencia, rigidez y capacidad de deformaciones originales superiores al 50, 20 y 100 %, respectivamente.

El procedimiento para aplicar el encamisado de muros, lo describo brevemente (una vez localizados e identificados los muros que presentan una deficiencia para resistir las cargas debidos a cortante):

1. Se deberá remover el recubrimiento en los muros que se van a rehabilitar, siendo aquellos dañados o que debido al análisis estructural presenten relaciones Demanda/Capacidad >1 . En el caso de elementos dañados, se recomienda reparara las grietas ya sea por el método de inyección o rajueleo.
2. El encamisado puede ser por una o ambas caras del muro, dependerá del análisis y posibilidad del proceso constructivo.
3. Las mallas se adosan a los muros mediante grapas (de alambón), clavos para trabajos en concreto o mediante conectores Hilti tipo X-ZF (o semejante). Las separaciones, materiales, propiedades mecánicas y especificaciones deberán cumplir con la NTC para diseño y construcción de estructuras de mampostería con comentarios.
4. Las mallas deberán estar sujetos a los castillos extremos del muro rodeándolos. Esto con el fin de asegurar que el acero desarrolle su esfuerzo de fluencia y ductilidad.
5. Una vez anclada la malla, se recomienda humedecer el muro para facilitar la adherencia del mortero. También es recomendable usar mortero tipo I con el espesor que el diseñador especifique en sus planos estructurales.

11. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REHABILITADO.

Para conocer los espesores de mortero a usar, calibre de la malla, conectores y separaciones entre estos, primero extraje los muros que no cumplían con la capacidad para resistir fuerzas cortantes con ayuda del software ETABS V.19; con las tablas dinámicas filtré datos del modelo hecho para la revisión estructural y pude conocer los muros que necesitaban refuerzo.

Tabla 26. Filtrado y análisis de muros de mampostería.

Pier (dimens)	Fr	f'm	v'm	L	H	e	At	P	f	Vmr	Vu	Condición
	-	kg/cm2	kg/cm2	cm	cm	cm	cm2	kg	-	ton	ton	-
P1	0.7	15	2	113	270	12	1356	915.3	1.000	1.14	1.7692	NO CUMPLE
P200	0.7	15	2	253	270	12	3036	4203	1.000	3.01	4.6552	NO CUMPLE
PW1	0.7	15	2	426	270	12	5112	8449.3	1.229	6.58	14.4427	NO CUMPLE
PW10	0.7	15	2	164	270	12	1968	1495.4	1.000	1.69	3.2887	NO CUMPLE
PW104	0.7	15	2	168	270	12	2016	2106.2	1.000	1.85	4.0369	NO CUMPLE
PW105	0.7	15	2	158	270	12	1896	1282.3	1.000	1.60	2.9871	NO CUMPLE
PW11	0.7	15	2	372	270	12	4464	6430.3	1.171	5.24	10.4151	NO CUMPLE
PW12	0.7	15	2	304	270	12	3648	5076.2	1.070	3.87	8.041	NO CUMPLE
PW129	0.7	15	2	50	270	12	600	624.7	1.000	0.55	1.5826	NO CUMPLE
PW13	0.7	15	2	440	270	12	5280	7474.1	1.241	6.54	10.8361	NO CUMPLE
PW130	0.7	15	2	108	270	12	1296	806.2	1.000	1.08	2.7512	NO CUMPLE
PW14	0.7	15	2	118	270	12	1416	663.2	1.000	1.13	3.6246	NO CUMPLE
PW15	0.7	15	2	163	270	12	1956	1311.8	1.000	1.64	2.544	NO CUMPLE
PW16	0.7	15	2	50	270	12	600	718	1.000	0.57	0.8679	NO CUMPLE
PW17	0.7	15	2	205	270	12	2460	2571.9	1.000	2.26	5.5312	NO CUMPLE
PW18	0.7	15	2	80	270	12	960	860.1	1.000	0.85	2.3133	NO CUMPLE
PW19	0.7	15	2	440	270	12	5280	8352.3	1.241	6.77	12.7362	NO CUMPLE
PW2	0.7	15	2	100	270	12	1200	1688	1.000	1.19	3.3724	NO CUMPLE
PW20	0.7	15	2	142	270	12	1704	1402.8	1.000	1.49	2.7341	NO CUMPLE
PW21	0.7	15	2	82	270	12	984	532.7	1.000	0.80	0.8867	NO CUMPLE
PW23	0.7	15	2	440	270	12	5280	1928.2	1.241	5.09	4.4305	CUMPLE
PW24	0.7	15	2	97	270	12	1164	936	1.000	1.01	2.5631	NO CUMPLE

Pier (dimens)	Fr	f'm	v'm	L	H	e	At	P	f	Vmr	Vu	Condición
PW25	0.7	15	2	498	270	12	5976	2697	1.286	6.11	5.1406	CUMPLE
PW26	0.7	15	2	113	513	12	1356	434.3	1.000	1.04	-0.0266	CUMPLE
PW27	0.7	15	2	108	513	12	1296	450.9	1.000	1.00	0.1286	CUMPLE
PW28	0.7	15	2	104	513	12	1248	809.5	1.000	1.04	-0.2491	CUMPLE
PW29	0.7	15	2	206	513	12	2472	2543.4	1.000	2.26	2.356	NO CUMPLE
PW3	0.7	15	2	300	513	12	3600	2126.7	1.000	2.97	-0.408	CUMPLE
PW30	0.7	15	2	115	513	12	1380	287.2	1.000	1.03	0.9503	CUMPLE
PW31	0.7	15	2	100	513	12	1200	346.8	1.000	0.91	0.231	CUMPLE
PW32	0.7	15	2	323	513	12	3876	1382.1	1.000	3.00	6.907	NO CUMPLE
PW33	0.7	15	2	100	513	12	1200	322	1.000	0.91	1.2335	NO CUMPLE
PW34	0.7	15	2	100	513	12	1200	700.7	1.000	0.99	0.7927	CUMPLE
PW35	0.7	15	2	417	513	12	5004	4860.9	1.000	4.52	1.3625	CUMPLE
PW36	0.7	15	2	288	513	12	3456	2194.9	1.000	2.88	4.272	NO CUMPLE
PW37	0.7	15	2	115	513	12	1380	675.5	1.000	1.11	1.1598	NO CUMPLE
PW38	0.7	15	2	115	513	12	1380	703.7	1.000	1.11	2.5122	NO CUMPLE
PW39	0.7	15	2	323	513	12	3876	1072.5	1.000	2.94	5.7972	NO CUMPLE
PW4	0.7	15	2	186	513	12	2232	904	1.000	1.75	1.9878	NO CUMPLE
PW40	0.7	15	2	323	513	12	3876	1151.6	1.000	2.96	7.3206	NO CUMPLE
PW41	0.7	15	2	120	513	12	1440	713.5	1.000	1.16	0.1464	CUMPLE
PW42	0.7	15	2	153	513	12	1836	424.9	1.000	1.37	1.4803	NO CUMPLE
PW43	0.7	15	2	90	513	12	1080	347.1	1.000	0.83	0.5385	CUMPLE
PW44	0.7	15	2	205	513	12	2460	2653.6	1.000	2.28	0.0188	CUMPLE
PW45	0.7	15	2	197	513	12	2364	694.4	1.000	1.80	5.0934	NO CUMPLE

Pier (dimens)	Fr	f'm	v'm	L	H	e	At	P	f	Vmr	Vu	Condición
PW46	0.7	15	2	417	513	12	5004	5295.5	1.000	4.61	-3.1576	CUMPLE
PW47	0.7	15	2	128	513	12	1536	677.3	1.000	1.22	2.7206	NO CUMPLE
PW48	0.7	15	2	215	513	12	2580	1422.5	1.000	2.10	8.1276	NO CUMPLE
PW49	0.7	15	2	93	513	12	1116	582.1	1.000	0.90	0.1828	CUMPLE
PW5	0.7	15	2	168	513	12	2016	2010.7	1.000	1.83	1.9899	NO CUMPLE
PW50	0.7	15	2	124	513	12	1488	336	1.000	1.11	-0.0886	CUMPLE

Después de haber localizado los muros que no cumplían con los estados límite, propuse un calibre de malla electrosoldada de 6x6 6-6 y revisé los muros conforme a los apartados “3.3.6.5 MALLAS DE ALAMBRE SOLDADO” y “5.4.4 FUERZA CORTANTE RESISTIDA POR MALLA DE ALAMBRE SOLDADO RECUBIERTA DE MORTERO” de la NTC Diseño y construcción de estructuras de mampostería con comentarios. Además, me apoye con el Capítulo 10 “REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA” del libro Edificaciones de Mampostería de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.

A continuación, presento la revisión de algunos muros, considerando aquellos mas esforzados para asegurar que el diseño cumpla con las solicitudes.

Tabla 27. Calibres de la malla electrosoldada.

Producto	Diámetro Alambre (mm)	Area del Alambre (mm2)	Peso del Alambre (kg/m)	Area de Acero (cm2xmt)	Peso por m2	Peso por Rollo	Peso por Hoja	Presentación	Dimensiones metros
Rollo 6x6 10/10	3.43	9.24	0.0723	0.606	0.97	97	*	100 m2	2.50 x 40.00
Rollo 6x6 08/08	4.11	13.26	0.1041	0.871	1.41	141	*	100 m2	2.50 x 40.00
Rollo 6x6 06/06	4.88	18.7	0.1468	1.227	1.97	197	*	100 m2	2.50 x 40.00
Rollo 6x6 04/04	5.72	25.69	0.2016	1.686	2.71	271	*	100 m2	2.50 x 40.00
Hoja 6x6 10/10	3.43	9.24	0.0723	0.606	0.97	*	14.55	15 m2	2.50 x 6.00
Hoja 6x6 08/08	4.11	13.26	0.1041	0.871	1.41	*	21.15	15 m2	2.50 x 6.00
Hoja 6x6 06/06	4.88	18.7	0.1468	1.227	1.97	*	29.55	15 m2	2.50 x 6.00
Hoja 6x6 04/04	5.72	25.69	0.2016	1.686	2.71	*	40.65	15 m2	2.50 x 6.00
Hoja 6x6 03/03	6.19	30.09	0.2362	1.975	3.19	*	47.85	15 m2	2.50 x 6.00
Hoja 6x6 02/02	6.67	34.94	0.2743	2.293	3.68	*	55.2	15 m2	2.50 x 6.00

MURO (PW11)

Se usa malla	6x6 - 06/06	
Espesor de mortero	3	cm
α	0.045	(kg/cm2)^1
FR	0.7	
Ash	0.187	cm2
fyh	5000	kg/cm2
sh	15	cm
t	12	cm
fm=	15	
fan	1	
ph	0.001038889	
k1	0.9325	
η_s	0.5	
η	0.46625	
H	270	cm
L	372	cm
At	5580	cm2
ph1	0.00045	
ph (a usar)	0.0006	
VsR=	5.464	ton
cuantía	5.194444444	kg/cm2
cuantía mínima	3	kg/cm2
Cuantía max	2.25	
CUMPLE PARA CUANTÍA		
Vmr=	5.24	ton
Vu=	10.41	ton
CUMPLE PARA CORTANTE		
Demanda / Capacidad =		10.704 ton
		0.972577473

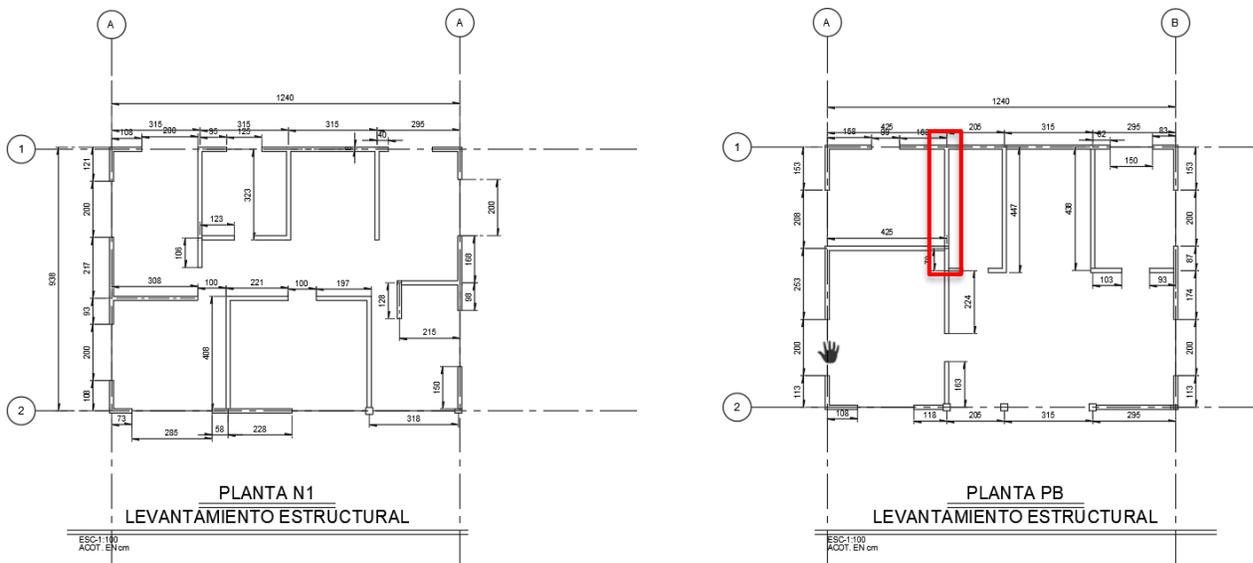


Figura 61. Localización del muro a reforzar en Planta Baja. Pier PW11.

De acuerdo con el análisis, la relación Demanda / Capacidad es igual a 0.97 por lo que CUMPLE

Con el refuerzo de malla electrosoldada de calibre 6x6 6-6 con un mortero tipo I y espesor de 3 cm en una cara del muro.

MURO (PW13)

Se usa malla	6x6 - 06/06	
Espesor de mortero	3	cm
α	0.045	(kg/cm ²) ¹
FR	0.7	
Ash	0.187	cm ²
fyh	5000	kg/cm ²
sh	15	cm
t	12	cm
fm=	15	
fan	1	
ph	0.001038889	
k1	0.9325	
η_s	0.5	
η	0.46625	
H	270	cm
L	440	cm
At	6600	cm ²
ph1	0.00045	
ph (a usar)	0.0006	
VsR=	6.462	ton
cuantía	5.194444444	kg/cm ²
cuantía mínima	3	kg/cm ²
Cuantía max	2.25	
CUMPLE PARA CUANTÍA		
Vmr=	6.54	ton
Vu=	10.83	ton
CUMPLE PARA CORTANTE	=	13.002 ton
Demanda / Capacidad =		0.832934363

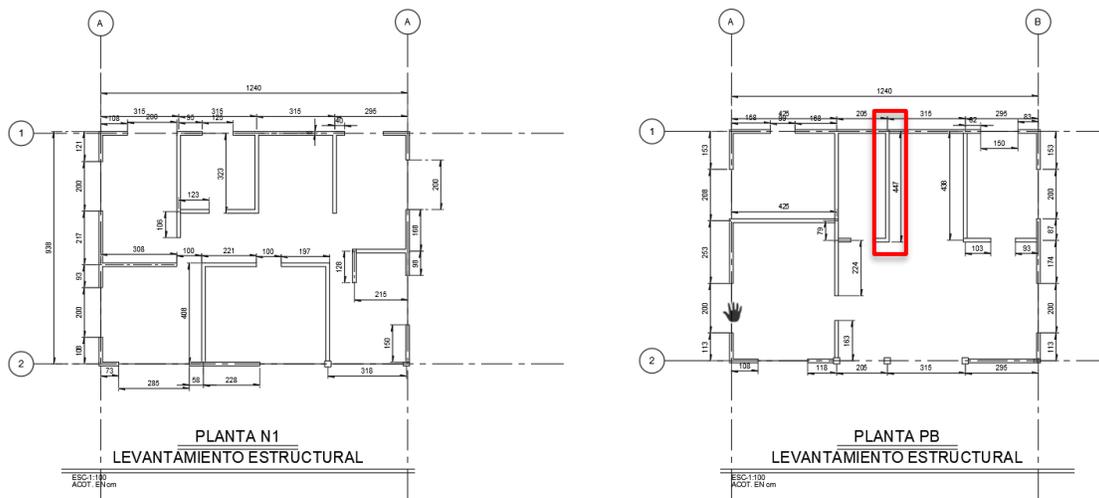


Figura 62. Localización del muro a reforzar en Planta Baja. Pier PW13.

De acuerdo con el análisis, la relación Demanda / Capacidad es igual a 0.83 por lo que CUMPLE

Con el refuerzo de malla electrosoldada de calibre 6x6 6-6 con un mortero tipo I y espesor de 3 cm en una cara del muro.

MURO (PW19)

Se usa malla	6x6 - 06/06	
Espesor de mortero	3	cm
α	0.045	(kg/cm ²) ¹
FR	0.7	
Ash	0.187	cm ²
fyh	5000	kg/cm ²
sh	15	cm
t	12	cm
fm=	15	
fan	1	
ph	0.00103889	
k1	0.9325	
η_s	0.5	
η	0.46625	
H	270	cm
L	440	cm
At	6600	cm ²
ph1	0.00045	
ph (a usar)	0.0006	
VsR=	6.462	ton
cuantía	5.19444444	kg/cm ²
cuantía mínima	3	kg/cm ²
Cuantía max	2.25	
CUMPLE PARA CUANTÍA		
Vmr=	6.77	ton
Vu=	12.73	ton
CUMPLE PARA CORTANTE	=	13.232 ton
Demanda / Capacidad =		0.96204531

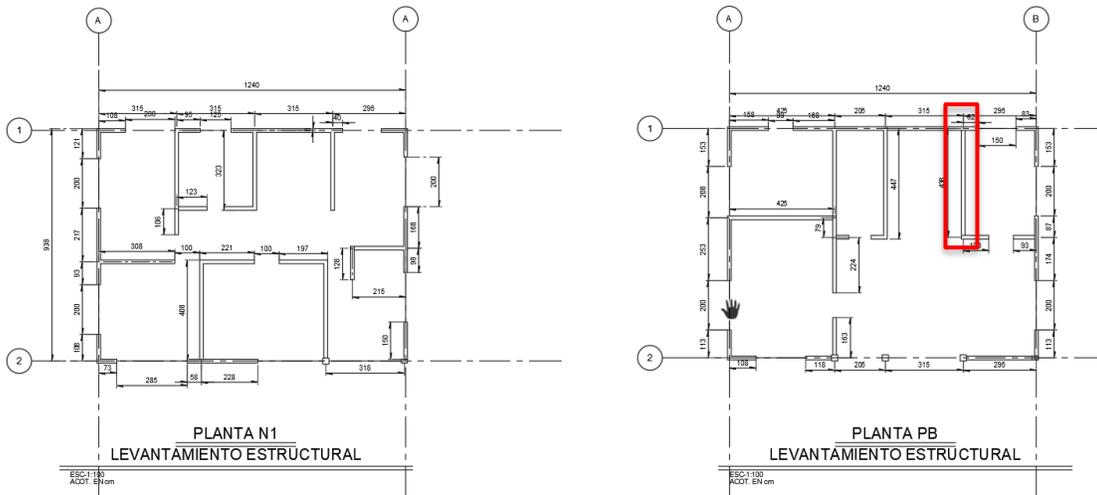


Figura 63. Localización del muro a reforzar en Planta Baja. Pier PW19.

De acuerdo con el análisis, la relación Demanda / Capacidad es igual a 0.96 por lo que CUMPLE

Con el refuerzo de malla electrosoldada de calibre 6x6 6-6 con un mortero tipo I y espesor de 3 cm en una cara del muro.

MURO (PW130)

Se usa malla	6x6 - 06/06	
Espesor de mortero	6	cm
α	0.045	(kg/cm2) ¹
FR	0.7	
Ash	0.187	cm2
f _{yh}	5000	kg/cm2
sh	15	cm
t	12	cm
f _m =	15	
f _{an}	1	
ph	0.00103889	
k ₁	0.9325	
η_s	0.5	
η	0.46625	
H	270	cm
L	108	cm
At	1944	cm2
ph ₁	0.00045	
ph (a usar)	0.0006	
V _{sR} =	1.903	ton
cuantía	5.19444444	kg/cm2
cuantía mínima	3	kg/cm2
Cuantía max	2.25	
CUMPLE PARA CUANTÍA		
V _{mr} =	1.08	ton
V _u =	2.75	ton
CUMPLE PARA CORTANTE	=	2.983 ton
Demanda / Capacidad =		0.92176124

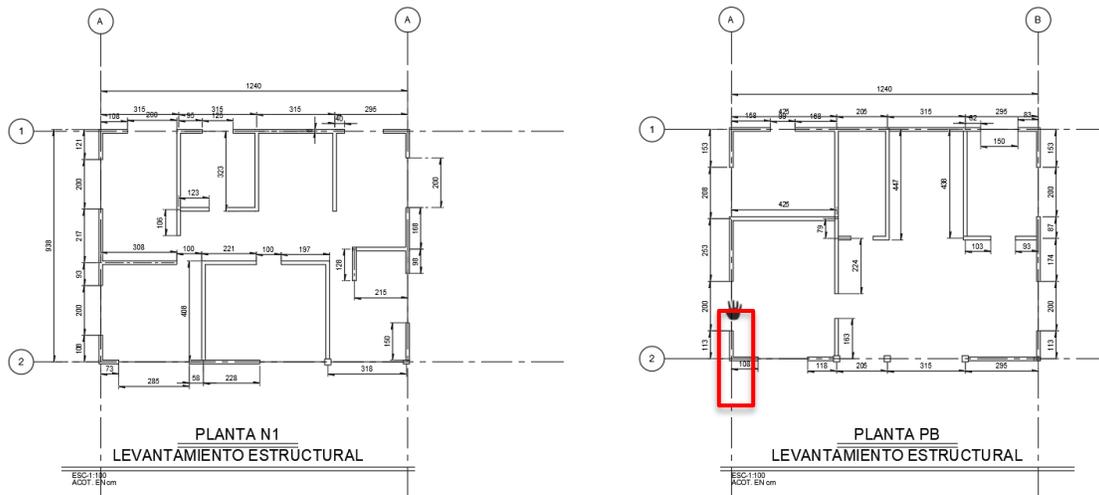


Figura 64. Localización del muro a reforzar en Planta Baja. Pier PW130.

De acuerdo con el análisis, la relación Demanda / Capacidad es igual a 0.92 por lo que CUMPLE

Con el refuerzo de malla electrosoldada de calibre 6x6 6-6 con un mortero tipo I y espesor de 3 cm en una cara del muro.

Realice el mismo procedimiento para el resto de muros que no cumplían con la resistencia necesaria para soportar fuerzas laterales debidas a acciones sísmicas, concluyendo lo siguiente:

- El método de enmallado elegido permite que los elementos de mampostería alcancen la resistencia necesaria para soportar esfuerzos cortantes resultado de acciones sísmicas.
- El calibre de malla 6x6-6/6 con repellado de mortero tipo I con espesor de 3 cm se adecuó a las sollicitaciones de rehabilitado.
- De acuerdo con el análisis, los elementos en las esquinas son los mas esforzados por lo que especifiqué se reforzarán por ambas caras de los muros.
- Para los procedimientos de enmallado y especificaciones del proceso constructivo los detalle en los planos constructivos (se anexan algunas capturas de los mismo en el apartado "12 Entrega final" de este reporte), basándome en el apartado "3.3.6.5 MALLAS DE ALAMBRE SOLDADO" de la NTC- Diseño y construcción de estructuras de mampostería, así como las recomendaciones del libro "Edificaciones de mampostería" de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C.
- El rehabilitado no se aplica a todos los elementos estructurales, por lo que el coeficiente sísmico y distorsiones máximas permisibles se mantuvieron igual.
- Los muros no presentaban deficiencias por flexocompresión o carga axial, por lo que su revisión en el rehabilitado no fue necesario. Las columnas y traveses cumplían con las sollicitaciones por lo que un método para aportar rigidez o resistencia no fue necesario.
- Las cargas debido al rehabilitado no presentaron pesos considerables, por lo que la cimentación no se vio afectada.
- Se concluye que, al efectuar el proyecto de rehabilitado, la estructura CUMPLE con los estados límite para uso escolar

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La entrega final para el cliente de “la escuela” consistió en un paquete de seis planos constructivos para realizar el proyecto de rehabilitación sobre la escuela, el reporte de revisión estructural hecho y la memoria de cálculo desarrollada.

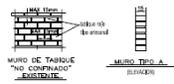
En el reporte de revisión estructural incorpore el análisis y revisión del estado actual de la estructura, complementándolo con los trabajos en campo mencionados en el apartado “3. Descripción general de la estructura” de este reporte. Con él, concluí y recomendé acciones prioritarias sobre el cuerpo estudiado para que pudiera cumplir con las solicitudes del RCDF y las NTC enlistadas en el apartado “4. Normas y especificaciones”.

En la memoria de cálculo revise y diseñe el proyecto de rehabilitación a base de encamisado de muros conforme a los comentarios hechos en el reporte de revisión estructural. Coloque los cálculos hechos, justificaciones y métodos para esta etapa.

Por último, en base a la memoria de cálculo hice planos para construcción, detallando los materiales a usar, propiedades, notas generales, procedimientos, comentarios, esquemas de la forma adecuada de la colocación del refuerzo y por supuesto, los elementos de mampostería que tenían que ser reforzados. Anexo algunas capturas de pantalla de los planos.

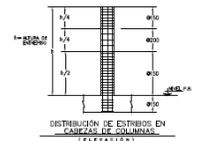
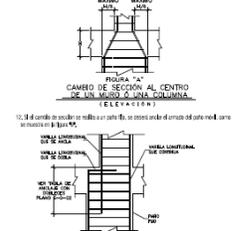
NOTAS DE MUROS ESTRUCTURALES DE MAMPOSTERÍA EXISTENTE SOLO EN CASO DE REPARACIÓN

1. Se debe usar la mejor calidad de mortero de argamasa y ladrillos de excelente calidad de fabricación.
2. Las juntas de mortero deben ser uniformes en espesor y en la distribución de los ladrillos.
3. El mortero se debe aplicar uniformemente en las juntas de los ladrillos, no se debe usar el mortero que queda en las juntas de los ladrillos de la obra anterior.
4. La obra de mampostería, al encontrarse en forma alterada como se muestra en la Figura 65.



NOTAS DE MUROS Y COLUMNAS (EN CASO DE REHABILITACIÓN)

1. El muestreo de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
2. El muestreo de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
3. El muestreo de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
4. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
5. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
6. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
7. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
8. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
9. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
10. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
11. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
12. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
13. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
14. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
15. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
16. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
17. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
18. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
19. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.
20. La muestra de muros y columnas debe ser en forma aleatoria.



NOTAS DE MORTERO ESTRUCTURAL PARA REHABILITACIÓN

1. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
2. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
3. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
4. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
5. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
6. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
7. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
8. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
9. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
10. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
11. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
12. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
13. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
14. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
15. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
16. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
17. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
18. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
19. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.
20. El mortero de argamasa debe ser en forma aleatoria.

RECOMENDACIONES DE VALORES RECOMENDADOS PARA MORTEROS DE ARGAMASA

TIPO DE MORTERO	PARTES DE CEMENTO	PARTES DE ARENA	PARTES DE AGUA
1	1	3	0.5
2	1	4	0.5
3	1	5	0.5

NOTAS DE TRABES

1. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
2. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
3. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
4. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
5. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
6. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
7. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
8. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
9. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
10. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
11. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
12. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
13. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
14. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
15. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
16. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
17. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
18. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
19. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.
20. Las trabes de mampostería deben ser en forma aleatoria.

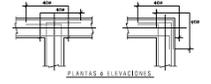


TABLA DE TRAZADO PARA BARRAS DE COMPRESIÓN EN TRABES

CATEGORÍA DE BARRAS	LONGITUD (cm)	ESPESOR (cm)	DIÁMETRO (cm)
# 1	250	500	500
# 2	250	400	400
# 3	250	300	300

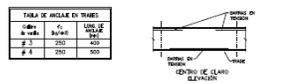


TABLA DE ANILAS EN TRABES

CATEGORÍA DE BARRAS	LONGITUD (cm)	ESPESOR (cm)	DIÁMETRO (cm)
# 1	250	500	500
# 2	250	400	400
# 3	250	300	300



TABLA DE ANILAS CON CORREDES

CATEGORÍA DE BARRAS	LONGITUD (cm)	ESPESOR (cm)	DIÁMETRO (cm)
# 1	250	500	500
# 2	250	400	400
# 3	250	300	300

Se puede indicar un espesor de 100 mm en las juntas de los ladrillos y en las juntas de los bloques de mampostería.

Figura 65. Planos para construcción. Notas Generales (1).

REGULAMENTOS Y CÓDIGOS

1. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
2. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
3. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
4. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
5. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
6. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
7. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
8. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
9. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
10. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
11. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
12. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
13. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
14. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
15. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
16. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
17. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
18. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
19. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
20. Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.

CAPACIDAD DEL SUELO

TIPO DE SUELO	CAPACIDAD (kg/cm²)
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500

CARGAS VIVAS Y MUERTAS

Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.

NOTAS GENERALES

1. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
2. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
3. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
4. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
5. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
6. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
7. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
8. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
9. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
10. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
11. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
12. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
13. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
14. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
15. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
16. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
17. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
18. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
19. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.
20. Las cargas vivas y muertas deben ser en forma aleatoria.



TABLA DE RESISTENCIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO EN OBRAS

TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm²)
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES NUEVOS

1. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
2. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
3. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
4. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
5. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
6. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
7. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
8. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
9. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
10. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
11. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
12. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
13. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
14. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
15. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
16. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
17. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
18. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
19. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.
20. Especificaciones técnicas de materiales nuevos.

CONCRETO NUEVO

El concreto nuevo debe ser en forma aleatoria.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN ORIGINAL EN MUROS NUEVOS

La resistencia a compresión original en muros nuevos debe ser en forma aleatoria.

PRELADOS DE MAMPOSTERÍA EN MUROS NUEVOS

Los prelados de mampostería en muros nuevos deben ser en forma aleatoria.

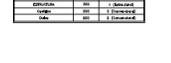


TABLA PARA PRELADOS DE MAMPOSTERÍA

TIPO DE PRELADO	RESISTENCIA (kg/cm²)
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500

NOTAS DE MUROS ESTRUCTURALES DE MAMPOSTERÍA NUEVA (SOLO EN CASO DE SUSTITUCIÓN POR DEFECTUOSA)

1. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
2. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
3. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
4. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
5. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
6. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
7. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
8. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
9. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
10. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
11. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
12. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
13. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
14. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
15. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
16. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
17. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
18. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
19. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.
20. Las mamposterías nuevas deben ser en forma aleatoria.



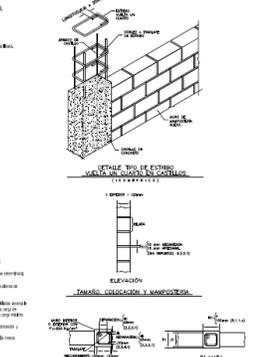
TABLA DE RESISTENCIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO EN OBRAS

TIPO DE CONCRETO	RESISTENCIA (kg/cm²)
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500



TABLA PARA PRELADOS DE MAMPOSTERÍA

TIPO DE PRELADO	RESISTENCIA (kg/cm²)
1	100
2	200
3	300
4	400
5	500



PARAMETROS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ESPECTRO

TIPO DE ESPECTRO	VALOR
1	1.0
2	1.5
3	2.0
4	2.5
5	3.0

Figura 66. Planos para construcción. Notas Generales (2).

REFERENCIAS.

- Risk prevention. (2022, 28 de septiembre). *Constancia de seguridad estructural*, <https://consultorproteccioncivil.mx/constancia-de-seguridad/>
- CICM. Lineamientos técnicos para la constancia de verificación de seguridad estructural, Ingeniería Civil (IC), p. 24-28.
- Gómez, B., Jean, R., Pérez, J.A., Treviño, E. L. (2019). *Edificaciones de Mampostería*. México: Limusa.
- Gobierno de México (2019, 12 de Julio). *Sismos en Ciudad de México*, <https://www.gob.mx/cenapred/articulos/sismos-en-la-ciudad-de-mexico#:~:text=Los%20eventos%20mencionados%20se%20deben,07%20de%20julio%20de%202019%2074>
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), Gaceta oficial de la Ciudad de México, actualización 22 de abril 2022.
- Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto (NTC-concreto). Gaceta oficial de la Ciudad de México. 20 de Julio de 2021.
- Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo (NTC-sismo). Gaceta oficial de la ciudad de México. 09 de junio de 2020.
- Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de cimentaciones (NTC-Cimentaciones). Gaceta Oficial de la Ciudad de México. 15 de diciembre de 2017
- Normas Técnicas Complementarias sobre criterios y acciones para el Diseño Estructural de las edificaciones (NTC-Acciones). Gaceta Oficial de la Ciudad de México.
- Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería. Gaceta oficial de la Ciudad de México. 19 de octubre de 2020.
- *Edificaciones de Mampostería*. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, A.C. 2019.