



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO
PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS
DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

PRESENTADA POR
CATHERINE BELDAD PAJARES CHAMBI
FRANK ABEL YUGAR LINARES

ASESORES
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ
2023



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL
REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA
NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE
AREQUIPA**

TESIS PARA OPTAR

EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

CATHERINE BELDAD PAJARES CHAMBI

FRANK ABEL YUGAR LINARES

ASESORES

MAG. ING. JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA

MAG. ING. ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO

LIMA, PERÚ

2023

Dedico esta tesis a mi querida abuela, madre y hermana, por sus inquebrantables muestras de amor, apoyo y guía a lo largo de estos años, han sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar mis objetivos. La educación que me han otorgado es el mayor regalo que he recibido.

A la memoria de mi amado abuelo, quien me colmo de cariño y amor. Este logro es también un tributo a su legado y amor que siempre nos unirá.

A todos ustedes, mi familia, les dedico esta tesis como muestra de gratitud y amor. Su presencia en mi vida ha sido la mayor inspiración.

Pajares Chambi, Catherine Beldad

Dedico esta tesis a mi madre y hermana quienes son fuente de sabiduría y guía en mi vida, que me impulsan a alcanzar mis metas. Agradezco su constante inspiración y fortaleza que han sido los pilares importantes en mi vida a lo largo de este viaje académico. En ellas encuentro la luz que ilumina mi camino y el motivo para convertirme en la persona y profesional que anhelo llegar. Que este trabajo sea un testimonio de mi agradecimiento y devoción a ellas.

Yugar Linares, Frank Abel

Agradezco a Dios por siempre guiar mi camino. A mi familia por su amor y apoyo incondicional.

A mis compañeros y amigos de trabajo y estudio por darme la motivación y apoyo para culminar esta investigación.

A mis asesores por su permanente instrucción y guía durante el desarrollo de esta investigación.

A mi querida casa de estudios y a mis docentes, que, a lo largo de mis años universitarios, me han proporcionado herramientas necesarias para forjarme como profesional.

Pajares Chambi, Catherine Beldad

Principalmente agradezco a Dios que con su fuente de sabiduría permitirme culminar esta tesis. Agradezco a mis padres Jainor, Carolina y mi hermana Patricia quienes han sido mi fuente de inspiración y mi apoyo inquebrantable con sus palabras de aliento que me han impulsado a superar obstáculos y alcanzar mis metas.

A mi alma máter por la formación y guía académica brindada como profesional en la carrera que me apasiona y a los asesores de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad San Martín de Porres por darnos el conocimiento necesario durante el trascurso de nuestro desarrollo profesional.

Yugar Linares, Frank Abel

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	xxvii
ABSTRACT	xxix
INTRODUCCIÓN	xxxii
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes de la investigación.....	1
1.1.1 Ámbito Internacional	1
1.1.2 Ámbito Nacional.....	6
1.1 Fundamentación del Problema	10
1.2 Planteamiento del problema	17
1.2.1 Problema General.....	17
1.2.2 Problemas Específicos	17
1.3 Justificación de la investigación	17
1.3.1 Importancia de la investigación.....	17
1.4 Impacto Potencial.....	18
1.4.1 Impacto Teórico	18
1.4.2 Impacto Práctico	19
1.5 Viabilidad de la investigación	19
1.6 Limitaciones De La Investigación.....	19
1.7 Bases Conceptuales	20

1.7.1 Sismos	20
1.7.2 Tectónica De Placas	21
1.7.3 Marco Tectónico Regional	22
1.7.4 Tipos de Sismos	23
1.7.5 Riesgo sísmico:	24
1.7.6 Peligro sísmico	25
1.7.7 Vulnerabilidad Sísmica	26
1.7.8 Ingeniería Sismorresistente	29
1.7.9 Sismicidad Normativa en el Perú	30
1.7.10 Causas de fallas estructurales en edificaciones	31
1.7.11 Métodos de evaluación sísmica	38
1.7.12 Métodos de Reforzamiento Estructural	78
1.7.13 Sistemas de protección sísmica moderna	90
1.8 Definición de Términos Básicos	94
CAPÍTULO II HIPÓTESIS Y VARIABLES	99
2.1 Formulación de Objetivos	99
2.1.1 Objetivo General	99
2.1.2 Objetivos Específicos	99
2.2 Hipótesis	99
2.2.1 Hipótesis General	99
2.2.2 Hipótesis Específicas	99
2.3 Definición de Variables	100
2.3.1 Definición conceptual	100
2.3.1 Definición Operacional	101
2.3.1 Operacionalización de las variables	101
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	102
3.1 Diseño Metodológico	102

3.1.1 Enfoque de la Investigación.....	102
3.1.2 Tipo de Investigación.....	102
3.1.3 Nivel de la Investigación.....	103
3.1.4 Diseño de la Investigación.....	103
3.2 Población y Muestra.....	104
3.2.1 Población.....	104
3.2.2 Muestra.....	105
3.3 Instrumentos.....	113
3.3.1 Recolección de datos.....	113
3.3.2 Procesamiento de datos.....	116
3.4 Procedimiento.....	116
CAPÍTULO IV RESULTADOS	119
4.1 Mapa de procesos.....	119
4.2 Desarrollo de la Investigación.....	119
4.2.1 Análisis e interpretación de resultados.....	119
4.2.2 Descripción Arquitectónica del proyecto.....	123
4.2.3 Descripción Estructural de la edificación.....	127
4.2.4 Inspección Visual.....	127
4.2.5 Características de los Materiales de la edificación.....	137
4.2.6 Aplicación de métodos de evaluación.....	164
4.2.7 Propuesta de reforzamiento.....	233
4.3 Resultados.....	267
4.3.1 Comportamiento sísmico mediante el método Hirosawa.....	267
4.3.2 Comportamiento sísmico mediante el análisis estático no lineal.....	272
4.3.3 Comportamiento sísmico de la estructura reforzada.....	296
CAPÍTULO V DISCUSIÓN	335
5.1 Contrastación de Hipótesis.....	335

5.1.1 Hipótesis General HG: Vulnerabilidad y Propuesta de diseño	335
5.1.1 Hipótesis Especifica H1: Método Hirosawa	336
5.1.2 Hipótesis Especifica H2: AENL – Pushover.....	337
5.1.3 Hipótesis Especifica H3: Reforzamiento	338
5.2 Discusión de Antecedentes.....	339
5.2.1 Antecedentes Internacionales.....	339
5.2.2 Antecedentes Nacionales	340
CONCLUSIONES	343
RECOMENDACIONES	345
REFERENCIAS	347

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Sismos Importantes en el Perú - Adaptado IGP 2023.....	12
Tabla 2 Estadística de daños provocados por el sismo del 2001.....	13
Tabla 3 Costo de Daños producidos por el sismo del 2001	13
Tabla 4 Cantidad de Colegio dañados estructuralmente en el sismo del 2019.....	14
Tabla 5 Distribución de Edificaciones según su antigüedad y ejecutor.....	15
Tabla 6 Determinación de la región de sismicidad.....	40
Tabla 7 índice de vulnerabilidad (Ivn) – Benedetti y Petrini 1984.....	42
Tabla 8 Clasificación de la vulnerabilidad en base al Iv según Benedetti.	43
Tabla 9 Clasificación de elementos estructurales	44
Tabla 10 Condiciones del coeficiente alfa.....	46
Tabla 11 Condiciones para el índice de ductilidad F.....	46
Tabla 12 Valores para Gi y Ri	47
Tabla 13 Descripción de cada una de las características (qi).	48
Tabla 14 Tabla de valores para T1 y T2	49
Tabla 15 Valores para T3, T4 y T5.....	50
Tabla 16 Clasificación de daños causado por sismo	50
Tabla 17 Desplazamientos admisibles.....	52
Tabla 18 Valores para factores de masa efectiva	68
Tabla 19 Niveles de desempeño ATC -40 y VISION 2000.....	71
Tabla 20 Niveles de peligro sísmico según ATC-40.....	73
Tabla 21 Nivel de desempeño esperado.....	74
Tabla 22 Niveles de peligro sísmico según VISION 2000.....	75

Tabla 23 Estado de daño según SEAOC.....	76
Tabla 24 Matriz de objetivo para edificaciones según SEAOC	78
Tabla 25 Definición conceptual de variables.....	100
Tabla 26 Definición operacional de las variables	101
Tabla 27 Operacionalización de variables	101
Tabla 28 Distribución del Bloque 1.....	109
Tabla 29 Distribución del Bloque 2.....	110
Tabla 30 Instrumentos utilizados.....	114
Tabla 31 Instrumentos utilizados.....	114
Tabla 32 Instrumentos utilizados.....	115
Tabla 33 Instrumentos utilizados.....	115
Tabla 34 Ubicación de la muestra.....	120
Tabla 35 Descripción de Ambientes.....	123
Tabla 36 Levantamiento de daños Bloque 1	136
Tabla 37 Levantamiento de daños - Bloque 2.....	136
Tabla 38 Cuantía de acero en columnas existentes-bloque 1	142
Tabla 39 Cuantía de acero en columnas existentes-bloque 2	145
Tabla 40 Resultados de ensayo de esclerometría	149
Tabla 41 Reporte de ensayos a compresión a las probetas de concreto.....	149
Tabla 42 Resultados del ensayo de esclerometría	154
Tabla 43 Resumen capacidad portante - asentamiento.....	156
Tabla 44 Cuadro Resumen Estudio de Suelos	156
Tabla 45 Tipos de columna Bloque 1.....	157
Tabla 46 Metrado de Columnas Piso 1 y 2 – Bloque 1	157

Tabla 47 Tipos de viga Bloque 1	158
Tabla 48 Metrado de Vigas Piso 1 y 2	158
Tabla 49 Metrado de losa en bloque 1	159
Tabla 50 Metrado de acabado	159
Tabla 51 Metrado de Tabiquería Bloque 1	159
Tabla 52 Metrado de sobrecarga en aulas - Bloque 1	160
Tabla 53 Metrado de sobrecarga en pasadizos - Bloque 1	160
Tabla 54 Resumen del Peso del Bloque 1	160
Tabla 55 Tipos de Columna - Bloque 2.....	161
Tabla 56 Metrado de Columnas Piso 1 y 2 - Bloque 2.....	161
Tabla 57 Tipos de viga - Bloque 2.....	161
Tabla 58 Metrado de Vigas - Bloque 2.....	162
Tabla 59 Metrado de Losa - Bloque 2.....	162
Tabla 60 Metrado de Acabados - Bloque 2.....	162
Tabla 61 Metrado de Tabiquería - Bloque 2.....	163
Tabla 62 Metrado de Sobrecarga en aulas - Bloque 2.....	163
Tabla 63 Metrado de Sobrecarga en pasadizos - Bloque 2	163
Tabla 64 Resumen del Metrado de carga - Bloque 2.....	164
Tabla 65 Factores de comportamiento estructural Bloque 1	165
Tabla 66 Factores A_{c1} y A_{c2}	165
Tabla 67 Cálculo del C_c para el Bloque 1	166
Tabla 68 Factor de ductilidad para el Bloque 1	166
Tabla 69 Coeficiente alfa para el Bloque 1	166
Tabla 70 E_o para el Bloque 1.....	167

Tabla 71 Valores de G_i y R_i para el Bloque 1	167
Tabla 72 Valor de SD para el Bloque 1	169
Tabla 73 Valor de T para el Bloque 1.....	170
Tabla 74 Valor de I_s para el Bloque 1	170
Tabla 75 Factor Z para el Bloque 1	171
Tabla 76 Parámetros de sitio para Zona 3	172
Tabla 77 Factor de amplificación sísmica para el Bloque 1	173
Tabla 78 Coeficiente R para el Bloque 1.....	174
Tabla 79 Factor de resistencia básica requerida E_s para Bloque 1	174
Tabla 80 Factor G para Bloque 1	175
Tabla 81 Índice de juicio estructura I_{so} para el Bloque 1.....	175
Tabla 82 Factores de comportamiento estructural - Bloque 2.....	176
Tabla 83 Factores A_{c1} y A_{c2} – Bloque 2	177
Tabla 84 Cálculo del C_c para el Bloque 2	177
Tabla 85 Factor de ductilidad para el Bloque 2.....	177
Tabla 86 Coeficiente alfa para el Bloque 2	178
Tabla 87 E_o para el Bloque 2.....	178
Tabla 88 Valores de G_i y R_i para el Bloque 2	179
Tabla 89 Valor de SD para el Bloque 2.....	180
Tabla 90 Valor de T para el Bloque 2.....	181
Tabla 91 Valor de I_s para el Bloque 2	182
Tabla 92 Factor Z para el Bloque 2.....	182
Tabla 93 Parámetros de sitio para Zona 3	183
Tabla 94 Factor de amplificación sísmica para el Bloque 2	184

Tabla 95: Coeficiente R para el Bloque 2.....	185
Tabla 96 Factor de resistencia básica requerida Eso para Bloque 1	185
Tabla 97 Factor G para Bloque 2	186
Tabla 98 Índice de juicio estructura Iso para el Bloque 2.....	186
Tabla 99 Características de columna C-1	189
Tabla 100 Características de la columna C-2	191
Tabla 101 Características de la columna C-3	192
Tabla 102 Características de la columna tipo C-4.....	193
Tabla 103 Carga viva según norma E.020 Cargas	202
Tabla 104 Pesos unitarios según norma E.020 Cargas	202
Tabla 105 Características de columna C-1	214
Tabla 106 Características de columna C-2	216
Tabla 107 Características de la columna C-3	217
Tabla 108 Características de la columna C-4	218
Tabla 109 Carga viva según norma E.020 Cargas	226
Tabla 110 Pesos unitarios según norma E.020 Cargas	226
Tabla 111 Características de columna SD-C-1 reforzada.....	238
Tabla 112 Características de la columna SD-C-1	240
Tabla 113 Características de la columna SD-C-1	242
Tabla 114 Características de la columna SD-C-1	244
Tabla 115 Características de la columna SD-C-1	254
Tabla 116 Características de la columna SD-C-2	255
Tabla 117 Características de la columna SD-C-3	258
Tabla 118 Características de la columna SD-C-1	259

Tabla 119 Índice de vulnerabilidad Estructural I_s para Bloque 1.....	267
Tabla 120 Índice de juicio estructural Bloque 1	268
Tabla 121 Resultados del método Hirosawa – Bloque 1.....	268
Tabla 122 Vulnerabilidad del Bloque 1 mediante Hirosawa	269
Tabla 123 Índice de vulnerabilidad Estructural I_s para Bloque 2.....	270
Tabla 124 Índice de juicio estructural Bloque 2.....	270
Tabla 125 Resultados del método Hirosawa - Bloque 2	271
Tabla 126 Vulnerabilidad del Bloque 2 mediante Hirosawa	271
Tabla 127 Desempeño del Bloque 1	284
Tabla 128 Desempeño del Bloque 2	295
Tabla 129 Desempeño de propuestas de reforzamiento – Bloque 1	314
Tabla 130 Desempeño de propuestas de reforzamiento – Bloque 2	334

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Cinturón de Fuego del Pacífico	11
Figura 2 Vista general de la infraestructura educativa	16
Figura 3 Placas tectónicas de la tierra y su dirección de movimiento	20
Figura 4 Bordos o límites entre las placas principales	21
Figura 5 Esquema de los dos tipos de subducción en el Perú.....	22
Figura 6 Sismos Intraplaca.....	23
Figura 7 Tipos de sismo que ocurren en las Placas de Nazca y Sudamericana...	24
Figura 8 Elementos Estructurales de una edificación	27
Figura 9 Elementos no estructurales de una edificación.....	28
Figura 10 Zonificación para proyecto educativo.....	29
Figura 11 Normativas de Diseño Sismorresistente desde 1970.....	31
Figura 12 Daño estructural grave por efecto de columna corta	32
Figura 13 Irregularidad de piso blando.....	33
Figura 14 Configuración de piso blando.....	34
Figura 15 Ejemplos de colapso debido a piso blando	34
Figura 16 Torsión en planta; definición de CM, CR y excentricidad.....	35
Figura 17 Esquema del golpeteo.	36
Figura 18 Daños en una viga-columna	37
Figura 19 Desprendimiento de elementos no estructurales	38
Figura 20 Ficha de Inspección Sísmica para una zona de Sismicidad Elevada ...	41
Figura 21 Esquema de evaluación mediante el método Hirosawa.....	43

Figura 22 Análisis de fuerzas estáticas equivalentes	54
Figura 23 Análisis Modal Espectral	57
Figura 24 Diagrama para un análisis estático no lineal	59
Figura 25 Curva de capacidad Pushover	60
Figura 26 Espectro según norma ASCE 7-10	61
Figura 27 Espectro de capacidad.....	63
Figura 28 Curva de capacidad a espectro de capacidad	64
Figura 29 Espectro de demanda y espectro reducido.....	65
Figura 30 Curva de capacidad idealizada.	66
Figura 31 Valores del factor de modificación C_0	67
Figura 32 Espectros de capacidad, punto de desempeño y demanda.....	69
Figura 33 Pasos para la obtención del PD según el ATC-40.	70
Figura 34 Niveles de desempeño según SEAOC	75
Figura 35 Sectorización de la curva de capacidad según SEAOC.....	77
Figura 36 Reforzamiento a nivel de estructura.....	79
Figura 37 Reforzamiento a nivel de elemento estructural	80
Figura 38 Tipos de configuración de contravientos.....	81
Figura 39 Refuerzo estructural de edificio mediante adición de contravientos.	81
Figura 40 Columna reforzada mediante encamisado.....	82
Figura 41 Detalle de reforzamiento de columna.....	83
Figura 42 Reforzamiento de viga con concreto.....	84
Figura 43 Adición de muros laterales o alas a columnas existentes	85
Figura 44 Adición de muro lateral a columna existente.....	86
Figura 45 Contrafuerte de concreto en estructura existente	87

Figura 46 Tipos de fallas en muros o placas.....	88
Figura 47 Reforzamiento mediante adición de placas	89
Figura 48 Proceso Constructivo de adición de placas	90
Figura 49 Ciclo fuerza - deformación disipadores	92
Figura 50 Disipadores Activados por desplazamientos.....	92
Figura 51 Disipador Fluido Viscoso.....	93
Figura 52 Disipador muro viscoso.....	93
Figura 53 Disipador sólido viscoelástico	94
Figura 54 Criterios elegidos para el diseño de la investigación.	103
Figura 55 Mapa de Ubicación de la Institución Educativa	104
Figura 56 Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores (Vista aérea)....	105
Figura 57 Bloques en estudio de la Institución Educativa	106
Figura 58 Fachada del bloque 1.....	106
Figura 59 Fachada del Bloque 2	107
Figura 60 Fachada Interior del Bloque 1	108
Figura 61 Fachada Interior - Bloque 2.....	108
Figura 62 Plano planta del Bloque 1 - Primer Nivel.....	109
Figura 63 Plano planta del Bloque 1 – segundo nivel.	110
Figura 64 Plano en planta del Bloque 2 - Segundo Nivel.....	111
Figura 65 Plano en planta del Bloque 2 - Primer Nivel.....	111
Figura 66 Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores	112
Figura 67 Interior de salones Bloque 1 – Piso 2.....	112
Figura 68 Interior de Salones Bloque 2.....	113
Figura 69 Mapa de procesos de la investigación	119

Figura 70 Toma de medidas a la edificación.....	121
Figura 71 Toma de medidas en pasadizos	122
Figura 72 Vista de fachada del Bloque 1	124
Figura 73 Interior Bloque 1.....	125
Figura 74 Vista de la fachada del Bloque 2.....	125
Figura 75 Vista interior del Bloque 2	126
Figura 76 Se observa ladrillo artesanal en muros	126
Figura 77 Edificación vecina al Bloque 1	127
Figura 78 Edificación vecina al Bloque 2	128
Figura 79 Fachada del Bloque 1	128
Figura 80 Puerta metálica soldada al acero de columna	129
Figura 81 Estructura metálica ligeramente deformada.....	129
Figura 82 Fisura en encuentro de muro y columna.....	130
Figura 83 Fisura en el tarrajeo en alfeizar de ventana	130
Figura 84 Se presentan fisuras en los muros.....	131
Figura 85 Fisuras en columnas.....	131
Figura 86 Techo cubierto con baldosa	132
Figura 87 Volado de 2.55m con cambio de sección de viga.	132
Figura 88 Fisuras en unión de ventana y columna.....	133
Figura 89 Desgaste de pisos.....	133
Figura 90 Fisuras en muros	134
Figura 91 No se tiene continuidad de columna	134
Figura 92 Techo cubierto con baldosa roja y cubierto con geotextil.....	135
Figura 93 Techo cubierto con geotextil para evitar filtraciones	135

Figura 94 Escaneo de vigas en Bloque 2.....	138
Figura 95 Escaneo de Columna en Bloque 2.....	138
Figura 96 Escaneo de Losa - Bloque 2.....	139
Figura 97 Escaneo de Vigas en Bloque 1.....	139
Figura 98 Detalle de Columnas Bloque 1.....	140
Figura 99 Acero en vigas - Bloque 1.....	141
Figura 100 Cuantía existente vs cuantía min. requerida.....	142
Figura 101 Acero en columnas - Bloque 2.....	143
Figura 102 Acero en vigas - Bloque 2.....	144
Figura 103 Cuantía inicial Vs cuantía min requerida.....	145
Figura 104 Probetas de concreto.....	147
Figura 105 Ensayo de esclerometría en muestra de concreto.....	147
Figura 106 Ensayo de esclerometría a muestra de concreto.....	148
Figura 107 Curva de correlación rebote-resistencia.....	150
Figura 108 Ubicación en zona con baja densidad de acero.....	151
Figura 109 Retiro de tarrajeo.....	152
Figura 110 Dibujo de cuadrículas.....	152
Figura 111 Ensayo de Esclerometría a columnas.....	153
Figura 112 Curva de resistencia - rebote.....	154
Figura 113 Excavación de calicata.....	155
Figura 114 Modelo Bloque "1".....	187
Figura 115 Características del concreto en vigas y columnas.....	188
Figura 116 Características del acero.....	188
Figura 117 Dimensiones de la columna C-1.....	190

Figura 118 Dimensiones de la columna C-2	191
Figura 119 Dimensiones de la columna C-3	192
Figura 120 Dimensiones de la columna C-4	193
Figura 121 Dimensiones de la viga VP-101	194
Figura 122 Dimensiones de la viga VP-101	194
Figura 123 Dimensiones de la viga VP-102	195
Figura 124 Dimensiones de la viga VCH-101	196
Figura 125 Dimensiones de la viga VCH-102	197
Figura 126 Dimensiones de la viga VCH-103	198
Figura 127 Detalle de columnas – Bloque 1	199
Figura 128 Detalle de vigas – Bloque 1	201
Figura 129 Espectros de diseño.....	204
Figura 130 Data de Mass Source.....	205
Figura 131 Asignación de carga gravitacional.....	206
Figura 132 Asignación de cargas: espectro de diseño en X-X e Y-Y.....	207
Figura 133 Asignación de modos.....	208
Figura 134 Asignación de rótulas en columnas y vigas.	209
Figura 135 Asignación de patrón de cargas Pushover.....	209
Figura 136 Pushover del bloque 1 en X-X y Y-Y.....	210
Figura 137 Modelo Bloque “2”.....	211
Figura 138 Características del concreto en vigas y columnas	212
Figura 139 Características del acero.	213
Figura 140 Dimensiones de la columna C-1	215
Figura 141 Dimensiones de la columna C-2	216

Figura 142 Dimensiones de la columna C-3	217
Figura 143 Dimensiones de la columna C-4	218
Figura 144 Dimensiones de la viga VP-101	219
Figura 145 Dimensiones de la viga VP-102	220
Figura 146 Dimensiones de la viga VP-102 inclinada	221
Figura 147 Dimensiones de la viga VCH-101	222
Figura 148 Dimensiones de la viga VCH-102	223
Figura 149 Cuantía y dimensiones de aceros en columnas.....	224
Figura 150 Cuantía y dimensiones de aceros en vigas.....	225
Figura 151 Modelamiento del bloque “B”	227
Figura 152 Espectros de diseño.....	228
Figura 153 Data de Mass Source.....	229
Figura 154 Asignación de carga gravitacional no lineal.	230
Figura 155 Asignación de modos.....	231
Figura 156 Asignación de rotulas en vigas y columnas	231
Figura 157 Pushover a la estructura existente en el eje X-X y Y-Y Bloque 2....	232
Figura 158 Propuestas de reforzamiento – Bloque 1.....	234
Figura 159 Modelamiento de propuestas de reforzamiento – Bloque 1	235
Figura 160 Características del concreto para reforzamiento.....	236
Figura 161 Características del acero.	237
Figura 162 Diseño de reforzamiento de columna SD-C-1.....	238
Figura 163 Diseño de sección de columna tipo SD-C-1.....	239
Figura 164 Diseño de columna reforzada SD-C-2	240
Figura 165 Diseño de sección de columna tipo SD-C-2.....	241

Figura 166 Diseño de columna reforzada SD-C-3.....	242
Figura 167 Diseño de sección de columna tipo SD-C-3.....	243
Figura 168 Diseño de columna reforzada C-1.....	244
Figura 169 Diseño de sección de columna tipo SD-C-4.....	245
Figura 170 Diseño de placa tipo P-1.....	246
Figura 171 Diseño de sección de placa (1.40 m x 0.30 m).....	246
Figura 172 Pushover estructura reforzada según propuesta “A”, en eje X-X y Y-Y	247
Figura 173 Pushover estructura reforzada-propuesta de reforzamiento “B” en eje X-X y Y-Y.....	248
Figura 174 Propuestas de reforzamiento – Bloque 2.....	250
Figura 175 Modelamiento de propuestas de reforzamiento – Bloque 2.....	251
Figura 176 Características del concreto para reforzamiento.....	252
Figura 177 Características del acero.....	253
Figura 178 Diseño de reforzamiento de columna SD-C-1.....	254
Figura 179 Diseño de sección de columna tipo SD-C-1.....	255
Figura 180 Diseño de reforzamiento de columna SD-C-1.....	256
Figura 181 Diseño de sección de columna tipo SD-C-2.....	257
Figura 182 Diseño de reforzamiento de columna SD-C-3.....	258
Figura 183 Diseño de sección de columna tipo SD-C-3.....	259
Figura 184 Diseño de reforzamiento de columna SD-C-4.....	260
Figura 185 Diseño de sección de columna tipo SD-C-4.....	261
Figura 186 Diseño de placa P-01.....	262
Figura 187 Diseño de sección de placa (3.25 m x 0.30 m).....	262
Figura 188 Diseño de placa P-02.....	263

Figura 189 Diseño de sección de placa (1.50 m x 0.30 m)	264
Figura 190 Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento A en eje X-X y Y-Y	265
Figura 191 Pushover estructura reforzada-propuesta de reforzamiento B en eje X-X y Y-Y.	266
Figura 192 Curva de capacidad en la dirección X-X del Bloque “1”	272
Figura 193 Punto de desempeño para un Sismo Frecuente en dirección X-X.....	273
Figura 194 Punto de desempeño para un Sismo Ocasional en dirección X-X.....	274
Figura 195 Punto de desempeño para un Sismo Raro en dirección X-X	274
Figura 196 Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro en dirección X-X	275
Figura 197 Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje X-X.....	275
Figura 198 Desempeño del bloque 1 en el eje X-X.....	276
Figura 199 Curva de capacidad en la dirección Y-Y del Bloque “1”	277
Figura 200 Punto de desempeño para un Sismo Frecuente en dirección Y-Y.....	278
Figura 201 Punto de desempeño para un Sismo Ocasional en dirección Y-Y	279
Figura 202 Punto de desempeño para un Sismo Raro en dirección Y-Y	280
Figura 203 Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro en dirección Y-Y	282
Figura 204 Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje Y-Y.....	283
Figura 205 Desempeño del bloque 1 en el eje Y-Y	283
Figura 206 Curva de capacidad en la dirección X-X del Bloque “2”	285
Figura 207 Punto de desempeño para un sismo frecuente en dirección X-X.....	286
Figura 208 Punto de desempeño para un sismo ocasional en dirección X-X	287
Figura 209 Punto de desempeño para un sismo Raro en dirección X-X.....	287
Figura 210 Punto de desempeño para un sismo Muy Raro en dirección X-X.....	288

Figura 211 Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje X-X.....	289
Figura 212 Desempeño del bloque 2 en el eje X-X.....	289
Figura 213 Curva de capacidad en la dirección Y-Y del Bloque “2”	290
Figura 214 Punto de desempeño para un sismo frecuente en dirección Y-Y.....	291
Figura 215 Punto de desempeño para un sismo ocasional en dirección Y-Y.	292
Figura 216 Punto de desempeño para un sismo Raro en dirección Y-Y.....	292
Figura 217 Punto de desempeño para un sismo Muy Raro en dirección Y-Y	293
Figura 218 Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje Y-Y.....	294
Figura 219 Desempeño del bloque 2 en el eje Y-Y.....	294
Figura 220 Curva de capacidad en la dirección X-X del Bloque 1 Reforzado	297
Figura 221 Punto de desempeño para un sismo frecuente en dirección X-X.....	298
Figura 222 Punto de desempeño para un sismo ocasional en dirección X-X	299
Figura 223 Punto de desempeño para un sismo Raro en dirección X-X.....	301
Figura 224 Punto de desempeño para un sismo Muy Raro en dirección X-X.....	302
Figura 225 Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje X-X.....	304
Figura 226 Desempeño de propuestas de reforzamiento - bloque 1- eje X-X.....	305
Figura 227 Curva de capacidad en la dirección Y-Y del Bloque “1”	306
Figura 228 Punto de desempeño para un Sismo Frecuente en dirección Y-Y.....	307
Figura 229 Punto de desempeño para un Sismo Ocasional en dirección Y-Y.....	309
Figura 230 Punto de desempeño para un sismo Raro en dirección Y-Y.....	310
Figura 231 Punto de desempeño para un sismo Muy Raro en dirección Y-Y	311
Figura 232 Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje Y-Y.....	313
Figura 233 Desempeño del bloque 1 en el eje Y-Y	314
Figura 234 Curva de capacidad en la dirección X-X del Bloque “2” reforzada.	315

Figura 235 Punto de desempeño para un sismo frecuente (SF) en dirección X-X..	317
Figura 236 Punto de desempeño para un sismo ocasional (SO) en dirección X-X.	318
Figura 237 Punto de desempeño para un Sismo Raro (SR) en dirección X-X.....	320
Figura 238 Punto de desempeño para un sismo Muy Raro (SMR) en dirección X-X	321
Figura 239 Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje X-X.....	323
Figura 240 Desempeño de reforzamiento del bloque 2 en el eje X-X	323
Figura 241 Curva de capacidad en la dirección Y-Y del Bloque “2”	324
Figura 242 Punto de desempeño para un sismo frecuente (SF) en dirección Y-Y..	326
Figura 243 Punto de desempeño para un sismo ocasional (SO) en dirección Y-Y.	327
Figura 244 Punto de desempeño para un Sismo Raro (SR) en dirección Y-Y	329
Figura 245 Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro (SMR) en dirección Y-Y	330
Figura 246 Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje Y-Y.....	332
Figura 247 Desempeño de reforzamiento de bloque 2 en el eje Y-Y	333

RESUMEN

El Perú que se encuentra ubicado en una de las zonas sísmicas más críticas del mundo como lo es el Cinturón de Fuego del Pacífico, considerado altamente sísmico con una probabilidad de ocurrencia sísmica de gran magnitud; debido a ello el desempeño sísmico de las edificaciones de tipo esencial debe responder de manera óptima frente a un sismo raro y severo y mantenerse operacionales posterior a su ocurrencia.

Esta investigación plantea realizar la evaluación sísmica para la propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores, ubicada en la avenida Miguel Grau - la libertad en el distrito de Cerro Colorado, provincia de Arequipa, región Arequipa.

La metodología empleada es del tipo aplicada con enfoque mixto, siendo la muestra 2 estructuras independientes: bloque 1 con un área de 491 m² y un bloque 2 con un área de 339 m². Se utilizó instrumentos como el software Etabs Vs 21.1 en el que se realizó el análisis no lineal según lineamientos internacionales de la norma FEMA y ATC-40.

Como resultado se determinó que mediante la metodología Hirosawa los índices de vulnerabilidad son: bloque 1 $I_s = 0.045$ y bloque 2 un $I_s = 0.047$. El índice de juicio estructural para ambos bloques es $I_{so} = 0.063$. La metodología Pushover según la curva de capacidad determina un desempeño en el rango cercano al colapso y colapso para el bloque 1 y bloque 2 ante un sismo raro

Se concluyó que ambos pabellones son vulnerables; y mediante la adición de placas de concreto de 1.40m x 0.35m en el bloque 1 y de 1.50 m x 0.30 m y 3.23 m x 0.30 m en el bloque 2 además de un encamisado de columnas de 0.10 m adicionales

a las columnas existentes incluyendo la cuantía de acero mínimo de 1% para las nuevas áreas de columnas determinan un desempeño sísmico operacional para un sismo muy raro.

Palabras clave: Método cuantitativo, método cualitativo, vulnerabilidad, desempeño sísmico

ABSTRACT

Peru is located in one of the most critical seismic zones in the world, such as the Pacific Ring of Fire, considered highly seismic with a probability of large-magnitude seismic occurrence; Due to this, the seismic performance of essential type buildings must respond optimally to a rare and severe earthquake and remain operational after its occurrence.

This research proposes to carry out the seismic evaluation for the design proposal for the structural reinforcement of the Nuestra Señora de Los Dolores Educational Institution, located on Miguel Grau - La Libertad Avenue in the district of Cerro Colorado, province of Arequipa, Arequipa region.

The methodology used is of the type applied with a mixed approach, with the sample being 2 independent structures: block 1 with an area of 491 m² and block 2 with an area of 339 m². Instruments such as the Etabs Vs 21.1 software were used in which the nonlinear analysis was carried out according to international guidelines of the FEMA and ATC-40 standards.

As a result, it was determined that through the Hirose methodology the vulnerability indices are: block 1 $I_s = 0.045$ and block 2 an $I_s = 0.047$. The structural judgment index for both blocks is $I_{so} = 0.063$. The Pushover methodology according to the capacity curve determines performance in the range close to collapse and collapse for block 1 and block 2 in the event of a rare earthquake.

It was concluded that both pavilions are vulnerable; and by adding concrete plates of 1.40m x 0.35m in block 1 and 1.50 m x 0.30 m and 3.23 m x 0.30 m in block 2 in addition to an additional 0.10 m column casing to the existing columns including

the amount of steel minimum of 1% for new column areas determine operational seismic performance for a very rare earthquake.

Keywords: Quantitative method, qualitative method, vulnerability, seismic performance

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA

AUTOR

**CATHERINE BELDAD PAJARES CHAMB
FRANK ABEL YUGAR LINARES**

RECUENTO DE PALABRAS

46016 Words

RECUENTO DE CARACTERES

254488 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

512 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

44.1MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 18, 2024 2:46 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 18, 2024 2:51 PM GMT-5

● **20% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



INTRODUCCIÓN

El Perú, por su localización en el Cinturón de Fuego del Pacífico, está constantemente expuesto a los continuos eventos sísmicos. La infraestructura educativa es considerada según la NTP E-030 como esencial por lo que debe tener un desempeño operacional adecuado en caso de sismos, el objetivo es garantizar la seguridad de los estudiantes, docentes y personal educativo. Por lo que es primordial en este tipo de edificaciones conocer el desempeño sísmico, construidas en el pasado teniendo como ejecutor de obra a miembros de la comunidad o APAFA por lo que existe incertidumbre respecto a la calidad del diseño y construcción.

En esta investigación se realiza la evaluación sísmica para la propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la “Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores” mediante la aplicación de metodologías internacionales como Hirosawa y el Análisis Estático No Lineal Pushover (AENL), para lograr este propósito se analizará:

El método Hirosawa; para la evaluación sísmica, con los resultados posteriormente se propondrá un diseño en el reforzamiento de la estructura de la Institución Educativa. Es necesario previamente realizar, una inspección en campo de la edificación y los ensayos que nos permiten conocer las características de la edificación como materiales que la componen, dimensiones e inspección visual. Utilizando los datos recopilados, que incluyen la elaboración de planos en planta y elevación, el sistema estructural, la resistencia con la que cuenta el concreto y escaneo de sus elementos estructurales, también se podrá determinar los índices de demanda y juicio estructural.

El método de análisis estático no lineal (Pushover); es aplicado para la evaluación sísmica y luego del estudio se propone un diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa. Se utiliza la información de la inspección en campo y de acuerdo a los planos elaborados, se usa el software ETABSv.21.1 para el modelado de la estructura; se definen los materiales previamente obtenidos mediante el ensayo de esclerometría y un escaneo magnético de los elementos estructurales posteriormente se insertan las cargas de forma gradual que nos permiten determinar y conocer el nivel de desempeño de las muestras.

El diseño de reforzamiento con placas de concreto armado en el reforzamiento estructural de la Institución Educativa. Se identifican los ejes y elementos críticos determinados mediante el AENL y se diseña el reforzamiento mediante la adición de placas previamente calculadas y se evalúa nuevamente a la estructura reforzada.

La importancia de la presente investigación se basa en conocer el desempeño sísmico actual de una edificación de uso esencial construida en los años 60, los perjuicios que podrían suscitarse si llegara a ocurrir un sismo; la finalidad es proponer un reforzamiento que garantice la seguridad de sus ocupantes, la continuidad del servicio educativo y de esta forma contribuir con la calidad de la infraestructura educativa.

Para el cumplimiento de los objetivos trazados en la presente investigación, primeramente, se realizó una visita técnica a la instalación educativa con el fin de realizar una inspección visual preliminar de la edificación en estudio e identificar daños, posteriormente se tomaron medidas para la preparación de planos de arquitectura y estructuras. Posteriormente, se realizó ensayos de esclerometría a probetas de concreto para así elaborar una curva de correlación rebote – resistencia del

esclerómetro a ser utilizado. Con el esclerómetro debidamente calibrado se realizaron ensayos a los elementos estructurales de ambos bloques para determinar la resistencia del concreto. Debido a la ausencia de planos de estructuras se realizó el escaneo de cada bloque como columnas, vigas y losas (elementos estructurales) para determinar las medidas del acero longitudinal y transversal de dichos elementos. Así mismo se realizó el estudio de suelos para conocer su capacidad portante donde se emplazan las muestras en estudio. Con toda la data obtenida en campo como en laboratorio, de los bloques 1 y 2, se aplicaron los métodos Hirosawa y el AENL Pushover a cada una de las muestras de la Institución Educativa.

Para comprender adecuadamente la investigación se presenta la información de la siguiente manera:

En el capítulo I, que inicia con el planteo la problemática sobre la exposición sísmica y seguridad de la infraestructura educativa en nuestro país, así mismo se detalla la problemática de la Institución Educativa en investigación.

Así mismo, se muestran antecedentes de la investigación nacionales como internacionales, se desarrollan conceptos teóricos sobre sismos, factores que intervienen y afectan el proceso para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura, niveles de desempeño, técnicas de reforzamiento tradicionales como actuales, por último, se explican los términos básicos.

El capítulo II, se detalla el impacto potencial de la investigación, se plantean los objetivos de la investigación, las hipótesis. Finalmente se definen y operacionalizan las variables.

En el capítulo III, se delimita la población y muestra. Posteriormente se exponen las técnicas y los instrumentos utilizados durante la recolección de información y procesamiento de la misma.

En el capítulo IV, muestra los resultados obtenidos, que en primer lugar da a conocer los resultados de las especificaciones técnicas de la estructura, resultados de los ensayos realizados como esclerometría, escaneo de elementos estructurales, estudio de mecánica de suelos, planos estructurales y arquitectónicos, datos necesarios para realizar la evaluación mediante Hirosawa y el análisis Pushover. Para terminar, se propone el reforzamiento estructural para un sismo raro, que permita un desempeño de daño controlado y seguridad de vida. Este reforzamiento mostrara un nuevo modelamiento de diseño para un desempeño de ocupación inmediata.

Respecto del capítulo V, obtenidos los resultados, se contrastan las hipótesis generales y específicas, demostrando la validez; posteriormente se realiza la comparación de resultados.

Finalmente, se presentan las conclusiones, las referencias bibliográficas y anexos de la investigación.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

1.1.1 Ámbito Internacional

En Ecuador, **Cáceres Vargas, Angelica** (2023) en su investigación para obtener el título de magister: "*Análisis de vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de la unidad nueva del Hospital Básico El Puyo, ubicado en la provincia de Pastaza, Ecuador*" que tiene por objetivo determinar el desempeño estructural de la edificación, asimismo se utilizó una metodología cualitativa por medio de inspecciones visuales (NEC 2015 y FEMA P-154) valorar la susceptibilidad de la construcción que se tiene como muestra al Hospital Básico el Puyo, además de corroborar los resultados realizando ensayos de esclerometría, escaneo con pacómetro y extracción de núcleos para verificar la calidad del concreto y acero de columnas, también se evalúa mediante ensayos sísmicos de refracción, ensayos por el método Nakamura para esta unidad hospitalaria, en esta investigación se realizó un reforzamiento estructural por el uso de diagonales de refuerzo de acero armado en forma de "V" invertida el cual proporciona tanto rigidez, resistencia y disipación de energía, de esta manera se mejora la capacidad de resistir fuerzas laterales generadas por sismos y se disminuye la torsión en la estructura, esto dio como resultado que los elementos estructurales superan la resistencia de 280 Kg/cm² y después de revisar el análisis de la interacción suelo-estructura, estático no lineal se determinó que los bloques 1 y 2 tienen un desempeño que está fuera de la curva de capacidad por lo que se realiza un reforzamiento que

consiste en diagonales de acero en ambos bloques logrando de esta forma que la estructura resista un sismo raro.

En Ecuador, **Jhofre Wilfrido Caiza Changoluisa** (2022), en su trabajo para la obtención de título de Ingeniero Civil: *“Análisis de vulnerabilidad sísmica y medición de vibraciones en losas de entrepiso para el reforzamiento estructural del edificio del centro de idiomas, campus Huachi Chico de la Universidad Técnica de Ambato”* la finalidad de la cual es realizar una investigación sobre el nivel de susceptibilidad sísmica y vibraciones que presentan los forjados de la residencia del Centro de Idiomas.

La muestra de la investigación es el Centro de Idiomas de la Universidad mencionada que consta de 4 pisos, de hormigón armado, con sistema a porticado. Esta investigación es de tipo experimental según el análisis estático no lineal porque busca someter a cargas a la edificación que simulan eventos adversos para ello hará uso de ensayos de materiales e información disponible. Se realizaron inspecciones visuales, ensayos de esclerometría a sus elementos estructurales, propiedades del acero de refuerzo, y normativas NEC -2015. Se concluye que la metodología FEMA P-154 la edificación no requiere un análisis detallado, el componente primario se analiza mediante el análisis modal espectral y bloque secundario sobrepasan el límite del periodo de vibración, así mismo las derivas inelásticas sobrepasan el límite de 2% presentando un valor de 2.32% además de que el 50% de los elementos estructurales cumplen con el acero solicitado es por ello que se propone reforzar la edificación mediante arriostres metálicos en forma de X y encamisar las columnas con ángulos y platinas de acero, el análisis modal espectral de la estructura reforzada dentro del

intervalo de 0,6617, el periodo de vibración es de 0,521, que está dentro del intervalo aceptable y las derivas se mantienen debajo del límite de 2% con una mayor deriva de 1% , así mismo el AENL de la estructura reforzada tiene un nivel de rendimiento que se sitúa en algún punto del espectro entre la Ocupación Inmediata y Operativa, respectivamente.

En Guatemala, **Ing. Alberto José Orozco Orellana** (2021), en su tesis de maestría *“Estudio del Desempeño Sísmico Estructural del Edificio Hospital Pedro de Bethancourt, Antigua Guatemala, Sacatepéquez con el Método del Análisis Estático No Lineal (Pushover)”* cuyo objetivo fue analizar el desempeño de la edificación hospitalaria mediante el AENL fijando la capacidad y el nivel de desempeño, la muestra es el Hospital Pedro de Bethancourt ubicado en Sacatepéquez a 1470 m.s.n.m. La metodología fue mixta (cuantitativa y cualitativa) mediante la técnica de la observación y el AENL. Se realizó la caracterización de los materiales del edificio, las propiedades del suelo, investigación de normas como el ACI 318-77, AISC -73 y la inspección visual para el reconocimiento de daños del del hospital, posteriormente se creó el modelo de la estructura en el software SAP2000, se definieron las rotulas plásticas, cargas y se realizó el análisis Pushover en ambos ejes X-X y Y-Y. Se determinó que la edificación presenta un comportamiento de Ocupación Inmediata (IO) en el eje X-X y en el eje Y-Y de seguridad de vida (LS) por lo que se recomienda que se realice la rehabilitación a los elementos estructurales del hospital y reforzamiento a las vigas.

En Colombia, **Oscar Iván Segura Hernández** (2021) en su tesis para obtener el Magister en Ingeniería Civil: *“Comparación del desempeño sísmico mediante*

análisis estático no lineal (PUSHOVER) de dos edificaciones en concreto reforzado situadas en zona de amenaza sísmica alta con grado de disipación de energía des, diseñadas bajo los criterios del AIS 114-17 y la Norma NSR-10” la investigación tuvo como objetivo determinar el desempeño de 2 edificios; el primero basado en un diseño AIS 114-17 (2017), del reglamento colombiano que presenta sistema estructural combinado y el segundo diseñado mediante software aplicando la NSR-10 (Normativa Colombiana de Construcciones Sismo Resistentes) mediante la utilización de un sistema de pórticos de hormigón armado resistentes a los momentos ambas ubicadas en zonas con alto grado de amenaza sísmica, en una muestra que consta de un edificación de 5 pisos en Colombia. Para este proceso se efectuó el “análisis estático no lineal Pushover” para tener un resultado cercano al real para cada edificación y el método de desplazamientos modificados de la ASCE/SEI 41-17, esto permite establecer la curva de capacidad, así como el punto de rendimiento, recurriendo a las diversas demandas sísmicas. Los resultados de la investigación dieron como respuesta al diseño de la edificación N° 01 (diseñado bajo la metodología AIS 114-17) ante una aceleración de 0.65g (sismo de diseño) no presenta rotulaciones plásticas ante desplazamientos de 7cm, como resultado la estructura no presenta daños no sólo en los componentes estructurales, sino también en los no estructurales, así mismo el desempeño de la edificación N° 02 ante sismos de diseño (SD) con desplazamientos de 24cm, nos da como resultado que el desempeño está en una zona de ocupación inmediata (OI), presentando solo daños mínimos en vigas en los primeros pisos. En conclusión, las curvas de capacidad para ambos bloques se han registrado sobre resistencia demandada justificada por la reducción de la resistencia de los materiales

y mayoración en diseño de fuerzas, en la estructura N°01 con la metodología AIS 114-17, bajo criterios de diseño mínimo presenta un sobre dimensionamiento estructural que además del uso innecesario de muros de corte, genera sobrecostos que van en contra del diseño óptimo adoptando un estilo muy conservador. En la estructura N°02 debido a la ausencia de muros de corte, reducir el concreto y acero, es posible lograr una ductilidad satisfactoria dando como resultado un correcto comportamiento y control de fallas de la edificación. En ambos casos luego de obtener datos sobre nivel de daño deseado permitió representar la resistencia se consigue cuando se alcanza el nivel de rendimiento necesario junto con una distribución suficiente de la demanda, presentando un adecuado mecanismo de colapso de la edificación

En Ecuador, **Fabián Alberto Borja Fernández** (2020) en su investigación para obtener el grado de Ingeniero Civil con su tema: *“Importancia del análisis por desempeño en el proceso de diseño de un edificio de hormigón armado para uso educativo, ubicado en la ciudad de Cuenca-Ecuador”* su objetivo es desarrollar el diseño estructural de un edificio en hormigón armado haciendo uso de la metodología LRFD y comprobar su vulnerabilidad mediante el análisis Pushover. La muestra es una edificación de hormigón de uso educativo, ubicado en Cuenca en Ecuador, la investigación consta de dos etapas mediante el uso de la Norma Ecuatoriana (NEC); en la primera se realizó el diseño estructural con las normativas actuales utilizando un método de diseño estático lineal por factores de carga y resistencia (LRFD) y la segunda se realizó un análisis estático no lineal Pushover con la finalidad de determinar su vulnerabilidad. La muestra es un edificio de hormigón armado que comprende una planta baja y 3 plantas altas, por medio del proceso de pre dimensionamiento de

estructuras se realiza el modelado estructural en ETABS para después realizar el diseño estructural según la norma NEC y se comprueba mediante el desempeño estructural aplicando normativa FEMA 440 obteniendo las derivas elásticas de la construcción. Este proceso dio como resultado que el prediseño de las estructuras tiene valores similares a los elementos finales analizados y si bien las derivas inelásticas cumplen con la normativa vigente la edificación sin rigidizadores no cumple con los desempeños a diferencia de la estructura con rigidizadores.

1.1.2 Ámbito Nacional

Cueva Sánchez & Huamanchumo Jacinto (2022) en su tesis *“Evaluación estructural de la edificación esencial I.E. N° 10133- Mochumi, mediante el análisis estático no lineal Pushover”* cuyo objetivo principal fue realizar la evaluación estructural del edificio mediante un AENL – Pushover. La metodología fue cuantitativa, siguiendo un diseño no experimental transversal con enfoque descriptivo. La edificación que se analizó consta de tres niveles se evaluó mediante el análisis lineal y estático no lineal. Se utilizaron instrumentos como la recolección de documentos, inspección visual, software Etabs 18 y Excel 2016. Los resultados del análisis Pushover revelaron una curva de capacidad en el eje X, se consiguió una fuerza cortante de 1609.947 toneladas y un desplazamiento lateral de 0.251 metros. Un desplazamiento de 0,063 metros se asoció a una fuerza cortante de 1135,77 toneladas a lo largo del eje Y. Según la clasificación sísmica de VISION 2000, para el eje X bajo sismos frecuentes y ocasionales, el desempeño estructural fue operacional, mientras que para sismos raros y la seguridad de la vida era bastante infrecuente. En el eje Y, para sismos frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, el desempeño fue

operacional. En resumen, la edificación no cumple con los objetivos para una estructura esencial en el eje X.

Condori Mayta R. & Vilca Cayllahua A. (2022) en su investigación *“Evaluación del desempeño estructural aplicando un análisis estático no lineal (Pushover) en la I.E. N° 40230 San Antonio del Pedregal Majes”* que tuvo como objetivo evaluar el desempeño sísmico estructural de una institución educativa en el Pedregal mediante el análisis estático no lineal (Pushover). La metodología aplicada fue de naturaleza cuantitativa, y la muestra consistió en dos bloques construidos en 1996 y 1998, siguiendo el modelo arquitectónico sistémico “INFES 780 pre NDSR”, diseñados con la norma de 1977. En el eje X, se definieron pórticos y muros de mampostería arriostrados, mientras que en el eje Y se empleó albañilería confinada. Para determinar la magnitud de la resistencia del concreto de los componentes estructurales, se llevaron a cabo ensayos de esclerometría, y se realizaron inspecciones de las columnas en la parte superior del techo. Además, se utilizó un escáner de materiales y un pacómetro para determinar el acero de refuerzo en las vigas. El análisis estático no lineal reveló que, ante un sismo “raro”, el bloque 1 alcanzó un nivel de desempeño de protección de vida en la dirección X, mientras que en la dirección Y obtuvo un nivel de desempeño de ocupación inmediata. Por su parte, el bloque 2, en la misma condición sísmica rara, estaría en el límite de protección de vida en la dirección X.

Urcia Osorio & Moncayo Belevan (2021) en su investigación *“Evaluación del desempeño sísmico y propuesta de reforzamiento del colegio 780-PRE I.E. N° 1172 Ciro Alegría mediante el Análisis Estático no lineal”* siendo su propósito analizar el comportamiento sísmico de los elementos estructurales de colegio por medio de un

análisis estático no lineal y posteriormente proponer un tipo de reforzamiento con la finalidad de mejorar su desempeño. Esta investigación es de tipo aplicada con una metodología no experimental. La muestra comprende cinco pabellones, dos de los cuales fueron construidos entre 1992 y 1995, utilizando un modelo arquitectónico sistémico 780 pre, con una configuración estructural mixta. En la dirección X-X, se presenta un sistema aporticado, mientras que en la dirección Y-Y se utiliza albañilería confinada. Se emplearon instrumentos como el software Etabs 18, estudios de mecánica de suelos, ensayos de diamantina y planos estructurales. De acuerdo con los resultados del análisis no lineal, el comportamiento en el eje X-X muestra un nivel inferior de rendimiento en comparación con el rendimiento en el eje Y-Y. Este es el caso tanto para un terremoto raro como para un terremoto máximo. Este es el caso tanto para un terremoto raro como para un terremoto máximo. Por lo tanto, se propone reforzar los elementos estructurales en el eje X-X para reducir la distorsión que excede los límites establecidos por la NTP E 0.30. Esta propuesta implica el diseño de nuevas columnas en los muros de albañilería y el encamisado de columnas que soportan vigas. Con este refuerzo, se logra que la edificación pase de un desempeño de seguridad de vida a un desempeño operacional.

Mires Acuña Neyder Rosmer (2019) en su tesis *“Desempeño sismorresistente de la institución educativa Rafael Loayza Guevara utilizando el método Pushover y propuesta de mejora”* su fin era utilizar la técnica Pushover para determinar el grado de comportamiento sismorresistente de la estructura. La metodología empleada es no experimental del tipo transversal – descriptiva. La muestra consta de tres niveles y fue construida entre el año 2009 y 2010 y tiene una geometría en L y consta de dos

módulos. Se utilizaron instrumentos como la recolección de datos mediante acceso al expediente técnico de la edificación e inspecciones visuales donde se verificaron medidas así mismo se realizaron ensayos de esclerometría y procesamiento en el software Etabs. Dado que el análisis Pushover se realizó en todos los niveles de peligro analizados, el nivel de rendimiento es de ocupación inmediata, lo que significa que el edificio se encuentra en estado de estabilidad no requiere reforzamiento sin embargo presenta fisuras y desprendimiento de tarrajeo por lo que se propone mejorarla en dichos aspectos.

Guillermo La Torre & Silva Tupac Yupanqui (2019) según su investigación *“Evaluación y diseño de dos propuestas de reforzamiento para vigas y columnas de concreto armado en una edificación de hotel” desarrollado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC* El fin que se pretendía con esta investigación era determinar qué tipo de refuerzo es el más adecuado para la construcción que se estaba considerando. Se adoptó una metodología de investigación comparativa ya que se evalúan dos tipos de reforzamiento el encamisado de concreto y polímero con fibra de carbono (CFRP). La muestra es una edificación multifamiliar de 5 niveles ubicado en Lima, Miraflores con un sistema estructural dual y un área de 214.00 m². Se utilizó para la evaluación de la edificación las normas E-020 (2006), E -030 (2018) y la E -060 (2009), así mismo se modeló la edificación en el software ETABS. Se realizó el análisis de cargas por gravedad a la estructura y el análisis aplicando carga sísmica. En estos análisis se verificaron las vigas y columnas a corte y flexión determinando que requieren reforzarse por lo que se procedió al diseño de su reforzamiento mediante encamisado y CFRP. Se evalúan ambos tipos de reforzamiento de manera

estructural y un análisis económico llegando a la conclusión que el encamisado de concreto presenta mejor resistencia a momentos, menor costo, pero mayor tiempo de ejecución y el reforzamiento mediante CFRP tiene un mayor costo, pero menor tiempo de intervención a la edificación.

1.1 Fundamentación del Problema

Es un hecho ampliamente reconocido que los terremotos son uno de los fenómenos naturales más catastróficos que ha presenciado la humanidad. Estos eventos han afectado de manera significativa las economías y sociedades, provocando muerte, destrucción de viviendas, edificaciones públicas como privadas, generando retraso en el desarrollo económico.

En los últimos años diversos países han enfrentado sismos de gran magnitud, como Turquía y Siria en 2023, Afganistán en 2022, Haití en 2021 y 2010, Perú en 2019, 2007 y 2001, Indonesia en 2018 e Italia en 2016, 2012 y 2009.

En el Mapa de la Sismicidad Mundial se identifica la región comúnmente denominada "Cinturón de Fuego del Pacífico" donde se sitúa el Perú, en la costa del Océano Pacífico. En esta región, los terremotos y las erupciones volcánicas son responsables de la liberación de más del 80 por ciento de la energía que se ha almacenado en las profundidades del interior de la Tierra. (Tavera, 2014).

Figura 1

Cinturón de Fuego del Pacífico



Nota. Tomado de National Geographic (2023)

La convergencia de dos placas tectónicas, especialmente la placa de Nazca y Sudamericana, es la causa de que se produzcan terremotos en esta región. Esta convergencia es un fenómeno conocido como subducción, de esta forma, se intercala “La placa de Nazca debajo de la Sudamericana”. (Tavera, 2020).

El Perú por su localización desde tiempos históricos ha sido afectado por terremotos que han afectado a las poblaciones situadas en la zona costera, así como en Colombia, Chile y Ecuador; el Instituto Geofísico Peruano ha registrado 659 movimientos sísmicos desde enero a octubre del 2023.

Eventos sísmicos importantes que remecieron el país registrado por el IGP:

Tabla 1

Sismos Importantes en el Perú - Adaptado IGP 2023

Lugar	Fecha	Magnitud
Arequipa	23/06/2001	6.9
Arequipa y Moquegua	7/07/2001	7.6
Ucayali	12/10/2002	6.9
San Martín	25/10/2002	7.5
Cañete y Chíncha	20/10/2006	6.7
Pisco	15/08/2007	8.0
Loreto y Ucayali	16/11/2007	6.8
Ucayali	5/01/2019	7.2
Alto Amazonas	26/05/2019	8.0
Tacna	3/06/2020	6.8
Islay - Arequipa	27/02/2021	5.7
Amazonas	28/11/2021	7.5
Melgar - Puno	26/05/2022	6.9
Zarumilla - Tumbes	18/03/2023	6.7
Arequipa	5/11/2023	4.1

Nota. Adaptado del reporte de sismos del IGP (2023)

La región de Arequipa no es ajena a esta problemática por su ubicación y debido a su historial sísmico donde se han tenido diferentes tipos de daños y pérdidas considerables. En el Instituto “Geofísico de la UNSA”, en Arequipa se registran diariamente de 8 a 10 sismos de los que son percibidos uno o dos por la población arequipeña.

Entre los sismos más devastadores que han afectado a la región de Arequipa tenemos; el sismo del 23 de junio del 2001 considerado como uno de los eventos telúricos de mayor magnitud en lo que va del siglo XXI. Durante este evento sísmico, que midió 6,9 en la escala de Richter, se produjeron daños en la región de Arequipa y sur del Perú, incluso llegando a la capital de Bolivia, La Paz.

INDECI en su informe del 2001, se identificaron los siguientes daños en la ciudad de Arequipa y se estimaron los costos de daños:

Tabla 2

Estadística de daños provocados por el sismo del 2001

Sismo del 2001	
Población damnificada	25,782
Centros Educativos Afectados	219
Centros Educativos Destruídos	587
Centros de Salud Afectados	27
Hectáreas agrícolas afectadas	21,166
Puentes averiados	10

Nota. Tomado de: INDECI (2001)

Tabla 3

Costo de Daños producidos por el sismo del 2001

Sectores	Costo de Daños S/.
Agricultura	11,052,783.50
Defensa	4,071,522.00
Economía	166,355,000.00
Educación	40,197,929.00
Energía y minas	84,000,000.00
INDECI	26,498,564.00
INTERIOR	3,157,200.00
Justicia	9,116,699.00
ORDESUR	536,550,000.00
Producción	673,966.00
PROMUDEH	4,159,265
Salud	450,000.00
Transportes	98,781,113.00
Vivienda	93,576,000.00
Otros	10,000,000.00
	1,088,640,041.50

Nota. Tomado de: INDECI (2001)

Según Tavera (2014), el sismo del año 2001, liberó cerca del 60% de la energía acumulada desde el año 1868, el 40% de la energía restante se espera sea liberada por otro acontecimiento sísmico de igual o mayor intensidad. Es por ello que

debemos conocer el desempeño sísmico de las edificaciones para estar preparados y enfrentar estos eventos sin pérdidas humanas ni materiales para continuar con el desarrollo del país.

El sismo registrado el 2019 en la región Amazonas y alrededores, afectó a la estructura de diversas instituciones educativas en las regiones afectadas, por lo que se tuvieron que suspender las clases en 511 colegios para brindar seguridad a los estudiantes y colaboradores. Según el reporte del Centro de Operaciones de Emergencia Sectorial (COES) del MINEDU, informaron que 91 colegios presentaron daños en su estructura.

La tabla siguiente presenta la cantidad de colegios cuya estructura sufrió daños, descrita por región:

Tabla 4

Cantidad de Colegio dañados estructuralmente en el sismo del 2019

Región	Cantidad
Amazonas	1
Ancash	11
Cajamarca	6
Huánuco	1
La Libertad	23
Lambayeque	6
Loreto	21
Pasco	1
Piura	2
San Martín	17

Nota. Adaptado de. Diario Gestión (2019)

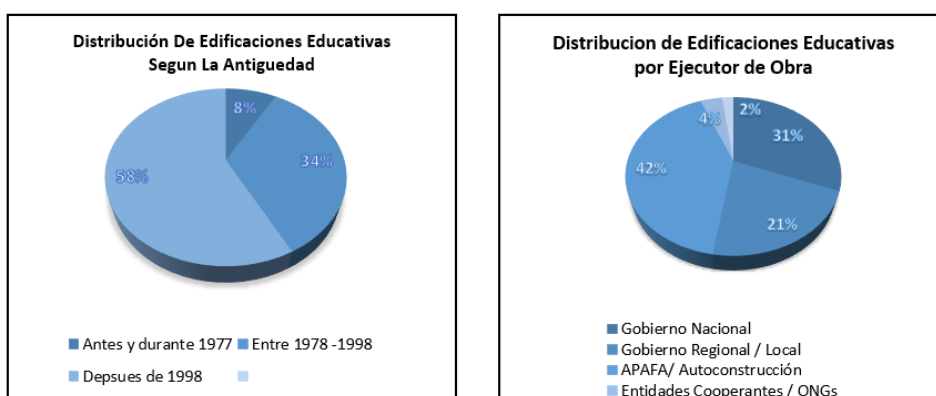
Suceso que puso en evidencia la vulnerabilidad de infraestructura educativa del país. Uno de los propósitos establecidos en el Plan Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE) para el año 2025 consiste en garantizar las condiciones

fundamentales en cuanto a las infraestructuras educativas actuales, es importante dar prioridad tanto a la seguridad como a la funcionalidad. Este objetivo busca disminuir la vulnerabilidad frente a amenazas naturales, dando prioridad a la amenaza por sismos.

La antigüedad de la edificación, el ejecutor de obra, la tipología estructural, son elementos que definen la vulnerabilidad de las edificaciones educativas. Según la evaluación del riesgo sísmico de las edificaciones educativas a nivel nacional en una muestra de 187,312 edificaciones realizada por el Banco Mundial el 2015, se determinó que el 42% fueron construidas antes de 1998 por lo que no cumplen con la normativa sismorresistente vigente, el 41% de edificaciones educativas se considera como autoconstrucción por ser construida por la Asociación de Padres de Familia (APAFA) o las comunidades locales así mismo se determinó que el 61% de la infraestructura educativa está localizada en zonas de amenaza sísmica alta y muy alta según la Normativa Nacional de Edificación (NTP. E-030).

Tabla 5

Distribución de Edificaciones según su antigüedad y ejecutor.



Nota. Tomado de Plan Nacional de Infraestructura Educativa al 2025, MINEDU (2017)

En la NTP. E 0-30, son edificaciones esenciales las instituciones educativas. Según esta perspectiva, después de un sismo significativo, se espera que estas instalaciones sirvan como refugio para la población afectada o continúen brindando servicios educativos. Por lo tanto, resulta importante conocer el desempeño sísmico específico de este tipo de edificaciones.

La I. E. Nuestra Señora de los Dolores, alberga actualmente una población estudiantil de más de 600 alumnas en dos turnos; fue fundado en el año de 1958 y consta con dos pabellones edificados entre los años 1960 – 1970 por la comunidad y miembros de la parroquia por lo que se considera como autoconstrucción.

Figura 2

Vista general de la infraestructura educativa



Nota. Elaborado por los autores (2023)

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema General

- ¿Cuál es la influencia de la evaluación sísmica para la propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la influencia del **método Hiroswa** en la evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa?
- ¿Cuál es la influencia del **análisis estático no lineal Pushover** en la evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa?
- ¿Cuál es la influencia de la propuesta de reforzamiento con **placas de concreto armado y encamisado de columnas** para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa?

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Importancia de la investigación

Este estudio es de importancia porque la “Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores” ha sido construida en la década de los 60´ por la población del distrito y miembros de la parroquia que se considera como autoconstrucción, así mismo es una edificación clasificada como edificación esencial según la NTP E-030, por lo que su estructura debe responder de forma óptima durante y posterior a un sismo.

El propósito de la investigación es evaluar la estructura de la “Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores” para lo cual se aplicará el análisis estático No Lineal Pushover, el propósito de este análisis es conocer el nivel de desempeño que presenta la edificación actualmente y proponer un reforzamiento estructural adecuado, para garantizar la filosofía del diseño sismorresistente que indica:

Filosofía del diseño sismorresistente
Prevenir la pérdida de vidas humanas
Garantizar la continuidad de los servicios esenciales.
Reducir al mínimo los daños a la propiedad.

La ciudad de Arequipa podría ser afectada en cualquier momento por un sismo de gran intensidad e incluso con niveles superiores a los ya acontecidos por lo que una edificación considerada como esencial deberá garantizar una infraestructura segura para la población y sus ocupantes.

1.4 Impacto Potencial

1.4.1 Impacto Teórico

Mediante la revisión de manuales de reforzamiento de edificaciones nacionales como internacionales, la presente investigación aportara conocimiento a las normas peruanas sobre las inspecciones, evaluaciones y análisis a realizar a edificaciones existentes para proponer su adecuado reforzamiento.

Así mismo se consideran metodologías conocidas y definidas internacionalmente para evaluar edificaciones existentes y desarrollar una evaluación detallada de la edificación para conocer su estado actual, nivel de vulnerabilidad y reforzamiento que permitirá mejorar su desempeño ante sismos requeridos para edificaciones de tipo esencial según la normativa peruana.

Es así que permitirá comprender la importancia de contar con edificaciones que garanticen la continuidad de sus servicios posterior a la ocurrencia de un sismo.

1.4.2 Impacto Práctico

Este estudio servirá para realizar estudios de evaluación sísmica con la finalidad de proponer refuerzo a edificaciones existentes en diversas localidades del país con el propósito de reducir los daños provocados por eventos sísmicos.

En caso de llegarse a ejecutar podría disminuir el índice de vulnerabilidad de la construcción frente a sismos y otorgar seguridad a sus ocupantes.

De esta forma beneficiara directamente a los ocupantes de la edificación como son la población estudiantil, docentes, personal administrativo y demás usuarios de la Institución Educativa.

Así mismo el beneficio también será para el distrito de Cerro Colorado debido a que tendrá edificaciones esenciales que garantizan un desempeño óptimo ante un evento sísmico asegurando la continuidad.

1.5 Viabilidad de la investigación

Según el investigador, el estudio actual es factible desde una perspectiva humano, tecnológico y económico, lo cual constituye una garantía.

1.6 Limitaciones De La Investigación

La ausencia de planos de la edificación que permitan conocer el diseño sísmico de los elementos estructurales. Así mismo verificar elementos estructurales como cimientos, zapatas y vigas de amarre por encontrarse ya enterradas.

1.7 Bases Conceptuales

1.7.1 Sismos

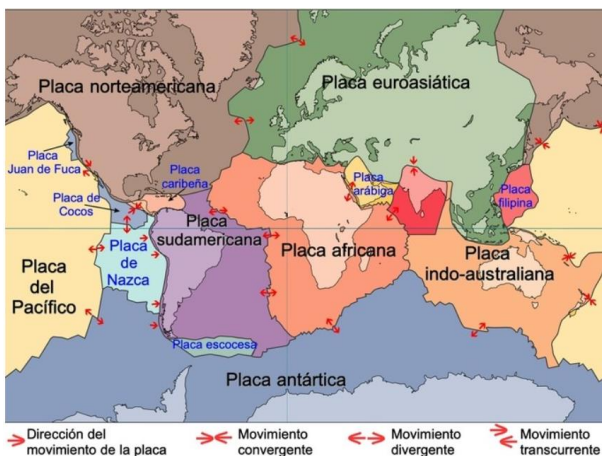
Los sismos son alteraciones repentinas en lo profundo del planeta que da como resultado el principio a vibraciones en la tierra. Según la ubicación geográfica en el Perú se origina sobre todo por el choque de placa Nazca con la placa Sudamericana, este proceso es el que a lo largo del tiempo ha modificado la morfología del país haciendo visibles cordilleras, volcanes, nevados, valles, cañones, franja de ceja de selva; este proceso aún no ha concluido por lo que la morfología nacional es cambiante (Tavera, 2020).

Según INGEMMET (2021) son fenómenos naturales que generan movimientos repentinos y temporales en la corteza terrestre, con una duración de segundos hasta varios minutos según su magnitud.

En nuestro país se originan en el proceso de subducción de las placas de Nazca y Sudamericana.

Figura 3

Placas tectónicas de la tierra y su dirección de movimiento



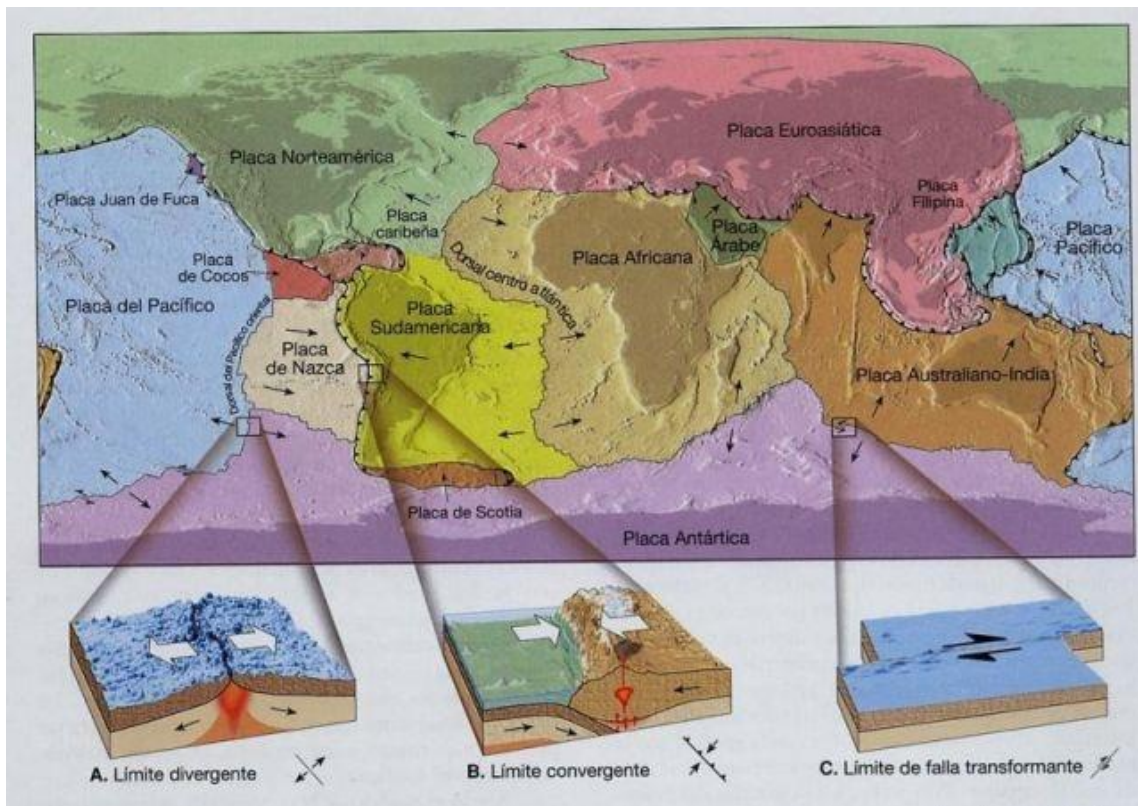
Nota. Tomado de: Todo Materia (2023)

1.7.2 Tectónica De Placas

La Nueva Tectónica Global nos enseña un enfoque del movimiento de las placas y la generación de los sismos. Esto nos permite una comprensión física de las razones detrás de la acumulación de energía en áreas restringidas de la Tierra y la forma en que se manifiestan los diferentes tipos de sismos. Existen placas tectónicas principales y secundarias, clasificadas de esta forma por su tamaño; entre las principales tenemos la placa norteamericana, placa africana, placa sudamericana, placa australiana y placa Antártica, que deben su nombre al continente en el que se encuentran. Todas las placas conforman la litosfera. (National Geographic, 2023).

Figura 4

Bordes o límites entre las placas principales



Nota. Tomado de Universidad de Costa Rica (2019)

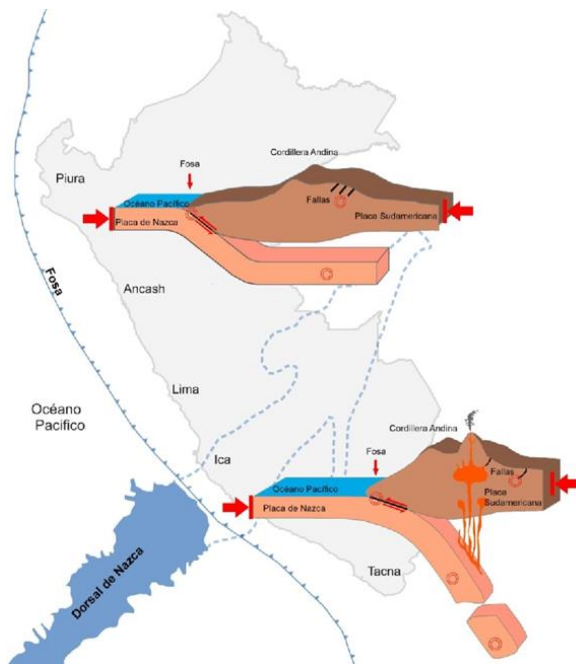
1.7.3 Marco Tectónico Regional

La placa de Nazca se encuentra bajo la placa Sudamericana, donde se encuentra Perú, que está situado en una zona de subducción activa. Esto significa que la corteza oceánica se sitúa bajo el margen continental. En esta zona pueden producirse terremotos a distintas profundidades, alcanzando el más profundo un máximo de 700 kilómetros.

Según Tavera (2020), la interacción de las dos placas ha dado origen al crecimiento de “La Cordillera de los Andes, la Fosa Perú – Chile” y los sistemas que se encuentran alrededor de fallas, estos hechos se han producido por el proceso orogénico constante de aproximadamente 10 millones de años debido a los diversos sismos ocurridos.

Figura 5

Esquema de los dos tipos de subducción en el Perú



Nota. Tomado de Instituto Geofísico del Perú (2020)

1.7.4 Tipos de Sismos

1.7.4.1 Sismos Interplaca (Interfase)

Se denomina así a los sismos que tienen lugar en la zona de contacto entre placas originados por el desplazamiento continuo y fricción. Estos terremotos se caracterizan por generar sismos con magnitudes mayores a 7 según (INGEMMET, 2021).

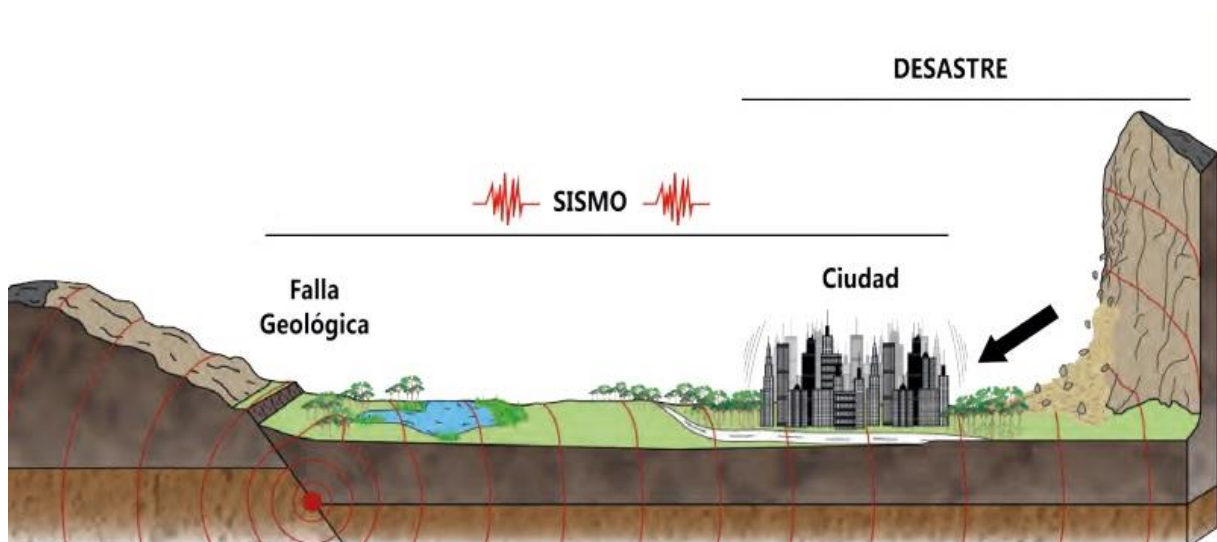
El sismo de Pisco del 15 de agosto del 2007 fue un sismo interplaca, tuvo una magnitud de 7.9 (Mw).

1.7.4.2 Sismos Intraplaca

Son denominados así porque se originan en el interior de continentes, fuera de la zona de interacción de las placas. Se producen por la reactivación de fallas geológicas según (INGEMMET, 2021).

Figura 6

Sismos Intraplaca



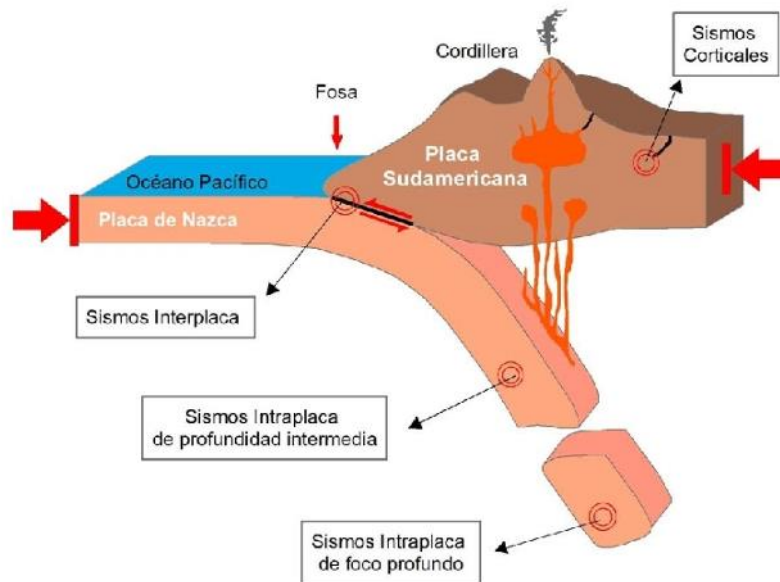
Nota. Tomado de INGEMMET (2021).

1.7.4.3 Sismos Corticales

Se denomina así a los terremotos que se originan en la zona continental generado por la acumulación de esfuerzos tectónicos.

Figura 7

Tipos de sismo que ocurren en las Placas de Nazca y Sudamericana



Nota. Elaborado de Instituto Geofísico del Perú (2020)

1.7.5 Riesgo sísmico:

El Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá (2023) define así a las posibles consecuencias sociales, económicas o ambientales provocadas por un sismo.

Como son los daños a edificios, infraestructura pública como privada, viviendas y demás, así como lesiones y pérdida de vidas humanas que generan inversión económica debido a la necesidad de reparación y reconstrucción e interrumpen la actividad económica del lugar afectado.

El riesgo sísmico tiene una relación directa con el peligro sísmico y la vulnerabilidad sísmica. Debido a que el nivel de riesgo sísmico de un determinado lugar con cierta peligrosidad sísmica dependerá del grado de vulnerabilidad sísmica que tenga; por lo que a mayor vulnerabilidad mayor será el riesgo sísmico.

1.7.6 Peligro sísmico

La probabilidad existente como consecuencia de un terremoto se denomina peligro sísmico en una ubicación específica durante un periodo determinado de años junto a un nivel específico de intensidad.

La evaluación del riesgo sísmico puede realizarse de dos maneras diferentes:

- **Método Determinístico:** evalúa el peor escenario sísmico sin considerar el tiempo o probabilidad de ocurrencia.
- **Método Probabilístico:** En este análisis asigna una probabilidad de ocurrencia a diversos tipos de sismos. En este análisis se incluyen parámetros de magnitud, distancia, aceleración y demás que permitirán obtener información sobre la probabilidad de ocurrencia de un sismo para un determinado tiempo de vida de un proyecto.

SENCICO ofrece ahora un servicio de consultoría a través de Internet con el fin de determinar la peligrosidad sísmica probabilística existente en el territorio de Perú.

En este reporte de peligro sísmico brinda la siguiente información:

- Gráficos de Probabilidad Anual de excedencia vs. Aceleración espectral
- Espectro de peligro uniforme para cualquier periodo de retorno.

- Espectros de diseño sísmico conforme a la NTP E-030 y espectros de diseño determinados de acuerdo con el ASCE/SEI 7(2010) para edificaciones.

1.7.7 Vulnerabilidad Sísmica

Se dice que una estructura o estructuras son sísmicamente vulnerable si es altamente probable que sufra daños en presencia de la ocurrencia de un sismo debido a sus características como diseño, calidad, ubicación geográfica y demás.

Es una clasificación estructural intrínseca que va desde un rango no vulnerable a muy vulnerable frente a la ocurrencia de un sismo.

1.7.7.1 Componentes de la Vulnerabilidad Sísmica

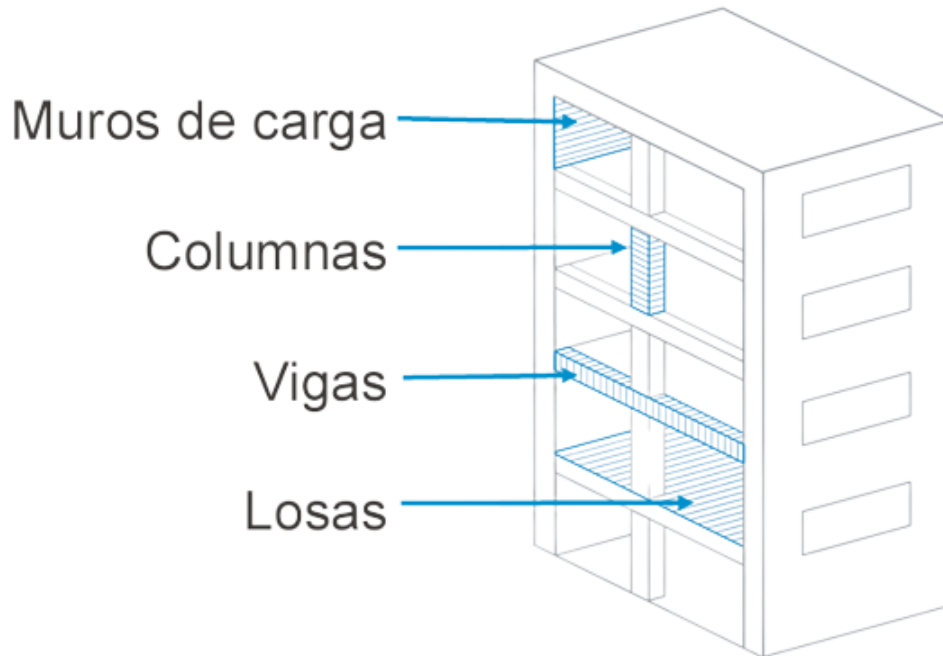
1.7.7.1.1 Vulnerabilidad Estructural

Son las partes de la estructura de un edificio que, por su resistencia y rigidez, contribuyen a la estabilidad estructural general del edificio. (Miyamoto International Inc. , 2021).

Las estructuras tienen una relación entre su comportamiento y los daños potenciales que pueden producirse durante y después de un sismo. Esta relación se conoce como vulnerabilidad estructural.

Figura 8

Elementos Estructurales de una edificación



Nota. Tomado de Miyamoto International Inc. (2021).

1.7.7.1.2 Vulnerabilidad No Estructural

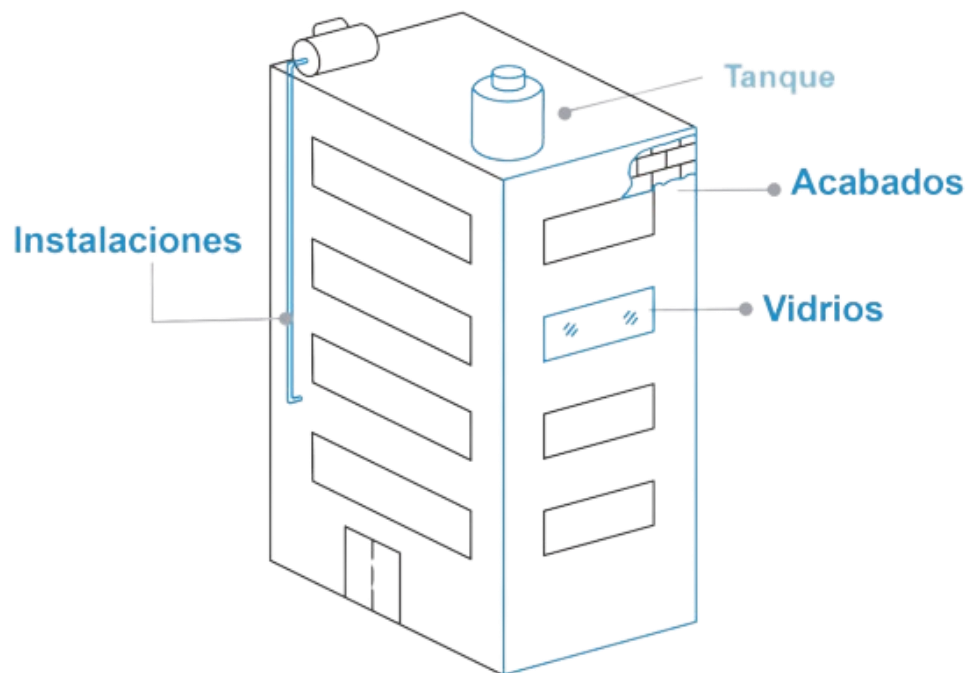
Los componentes instalados de un edificio incluyen en su conjunto acabados (ventanas, revestimientos), instalaciones (paneles, tanques de almacenamiento, tuberías) y equipos (electromecánicos, de fontanería y/o eléctricos). Estos componentes no se consideran componentes estructurales de la estructura. (Miyamoto International Inc. , 2021)

Toda edificación cuenta con elementos no estructurales que son esenciales para el funcionamiento de la edificación tales como instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones de gas, etc. además de muebles, luminarias

electrodomésticas, equipos y demás según la necesidad de cada edificación estos elementos no estructurales no soportan cargas, pero cumplen funciones importantes y en eventos sísmicos han ocasionado muertes en el pasado por ello es importante que se encuentren correctamente instalados para que no sean un riesgo para los usuarios de la edificación ni provoquen daños.

Figura 9

Elementos no estructurales de una edificación



Nota. Tomado de Miyamoto International Inc. (2021).

1.7.7.1.3 Vulnerabilidad Funcional

La funcionalidad está determinada por el diseño funcional, que se basa en una correcta distribución y relación de espacios, que es la respuesta a una zonificación acertada de zonas donde se ubicaran espacios de servicios, públicos y privados de

cualquier tipo de proyecto que hará que el funcionamiento de este día a día sea el adecuado y en situaciones de emergencia sea de fácil evacuación para sus ocupantes.

Figura 10

Zonificación para proyecto educativo



Nota. Tomado de Masías Cumpa (2021)

1.7.8 Ingeniería Sismorresistente

El hombre a lo largo de la historia ha sido afectado por eventos sísmicos de los cuales se tienen registros que datan de más de 3000 años de antigüedad en China, en Japón y Europa sus registros datan de hace 1600 años y en América los códigos Mayas y Aztecas hacen referencia a los sismos así mismo escritos de la época colonial narran los efectos de los sismos en las poblaciones conquistadas.

Los países donde la ingeniería sismorresistente tuvo un desarrollo importante fueron USA y posteriormente en Japón y Nueva Zelanda. Las investigaciones desarrolladas por los profesores Housner, Newmark y Clough y el ingeniero J.A Blume

fueron las que sentaron las bases del diseño sismorresistente. Posteriormente la ocurrencia de eventos sísmicos a partir de los años 60 y el estudio de sus causas y daños provocados produjo un desarrollo de esta especialidad en diversos países. (Departamento de Estructuras y Geotecnia UC, 2019)

El propósito de la ingeniería sismorresistente es desarrollar estructuras capaces de absorber la energía generada por un sismo por medio de sus características de ductilidad, resistencia y rigidez. Esto se logra incrementando la rigidez estructural para así mantener las deformaciones de la estructura por debajo de los límites máximos permitidos.

1.7.9 Sismicidad Normativa en el Perú

Los terremotos en la historia del Perú sirven como fuente de información para la propuesta de normas sismorresistentes; el “Reglamento Nacional de Edificaciones” contempla la norma de diseño sismorresistente NTP E.030, la cual se rige bajo la filosofía del diseño sismorresistente y contempla los siguientes principios:

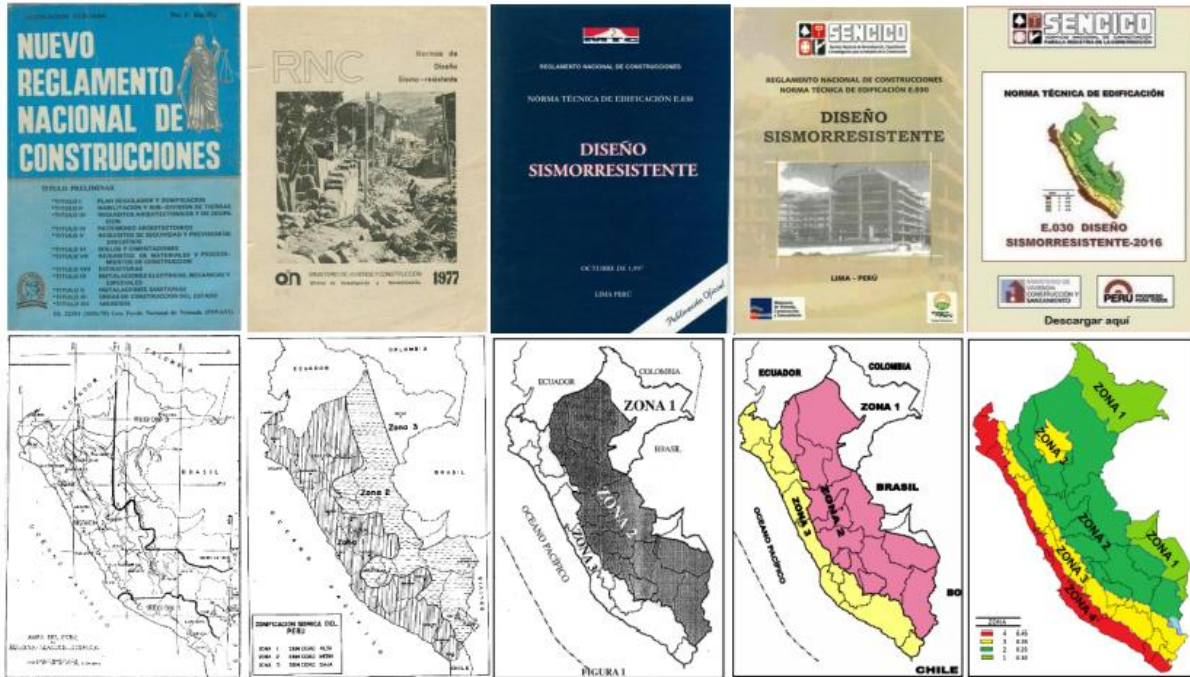
- La estructura deberá mantenerse en pie sin causar lesiones graves a las personas, no obstante, podría presentar daños importantes.
- La estructura debe resistir movimientos de suelo moderados y experimentar daños reparables.
- Las edificaciones esenciales deberán seguir operando posterior a un sismo severo.

Esta norma nos brinda requisitos y consideraciones para el diseño sismorresistente de estructuras en el territorio nacional, con la finalidad de proteger dichas estructuras ante la ocurrencia de un terremoto en cualquier momento.

Ya en 1970 se publicó una primera normativa peruana de diseño sismorresistente, posteriormente se hicieron modificaciones tomando información de los terremotos suscitados en el territorio nacional.

Figura 11

Normativas de Diseño Sismorresistente desde 1970



Nota. Tomado de Carranza Mestanza (2022).

1.7.10 Causas de fallas estructurales en edificaciones

Existen diversas causas que pueden llevar a presentar fallas en una edificación, estas podrían ser problemas de diseño, propiedades geotécnicas del suelo, fallas causadas por terremotos, etc. Entre las causas más comunes que provocan el riesgo de falla y en casos extremos el colapso de la edificación tenemos:

1.7.10.1 Efecto de columna corta

Es conocido también como “columna cautiva”, se identifica como una de las fallas más comunes que provoca graves daños en edificaciones ante la acción de sismos. Se presenta donde existen paredes que dejan un espacio vacío entre ventanas y no están confinadas de manera adecuada. El efecto de columna corta se debe a un inadecuado confinamiento de los muros a los elementos estructurales por la ausencia de elementos como viguetas y columnetas. (Moreto Tuesta et al, 2021).

Figura 12

Daño estructural grave por efecto de columna corta



Nota. Tomado de Ruiz García & Ramos Cruz (2022).

1.7.10.2 Falla por piso blando

Llamado también “piso blando” o “entrepiso blando” a la irregularidad en edificios donde el primer entrepiso es considerablemente más flexible que los subsiguientes (Muñoz Peláez, 2020).

Figura 13

Irregularidad de piso blando

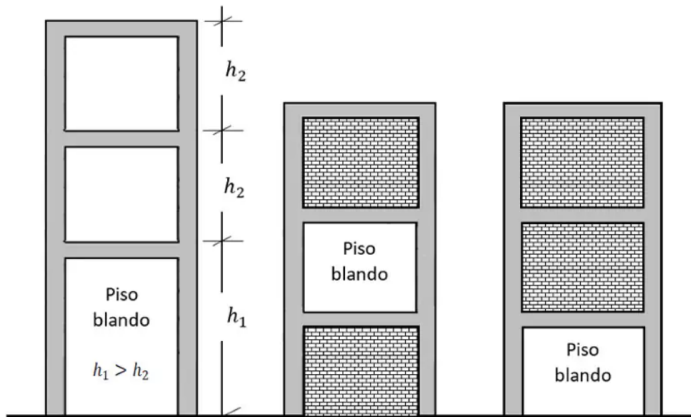


Nota. Tomado de Muñoz Peláez (2020).

Las normativas de diseño sismorresistente nos recomiendan evitar configuraciones con irregularidades de masa, rigidez y resistencia debido a que podrían ocasionar daños en la estructura de la edificación, esta irregularidad por piso blando se da por un cambio brusco de rigidez de pisos.

Figura 14

Configuración de piso blando



Nota. Tomado de INESA TECH (2021)

Las edificaciones que presentan piso blando son aquellas que en el primer nivel tienen cocheras, tiendas, restaurantes, etc. y el uso de los niveles superiores son destinados a vivienda por lo que contienen muros de albañilería, en eventos sísmicos este tipo de edificios colapsan.

Figura 15

Ejemplos de colapso debido a piso blando



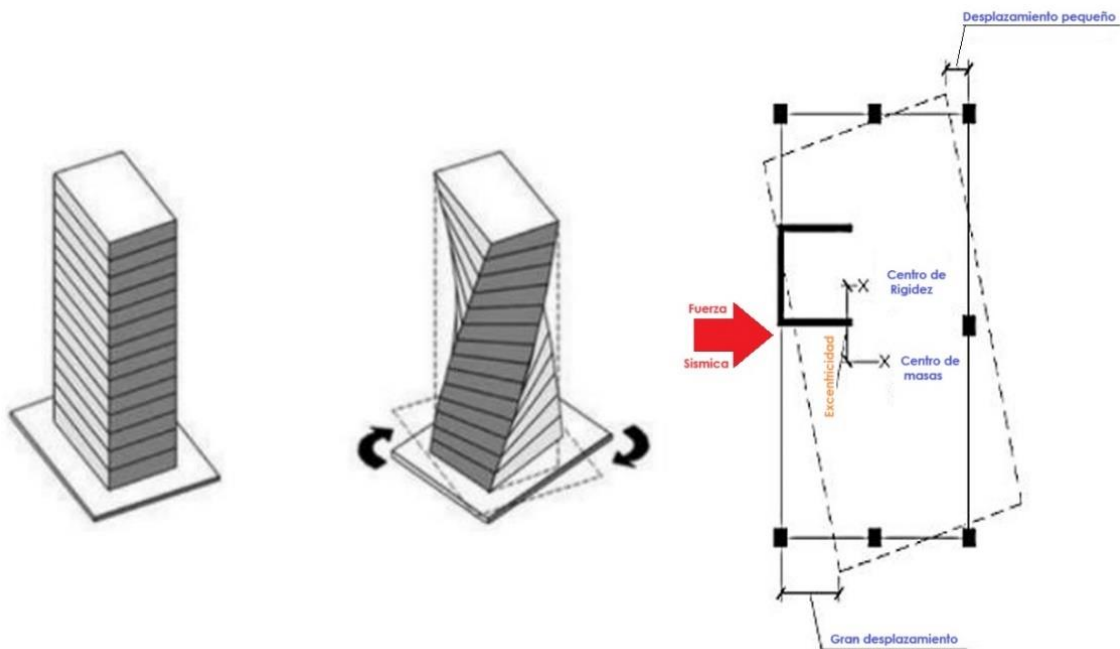
Nota. Tomado de INESA TECH (2021)

1.7.10.3 Falla por Torsión en planta

Las edificaciones se construyen en diversas formas para que sean cómodas, eficientes, y funcionales según su uso, esto hace que algunas edificaciones sean asimétricas. La asimetría es considerada la principal causa de la torsión ante sollicitaciones sísmicas.

Figura 16

Torsión en planta; definición de CM, CR y excentricidad



Nota. Tomado de Alshaheen & Aljassim (2022)

La carga sísmica se aplica en el centro de masas (CM) de la estructura y la fuerza resistente acciona en el centro de rigidez (CR). La falla por torsión ocurre cuando el CM y el CR no están en la misma posición. La distancia entre ellos (excentricidad) es empujada a girar alrededor de la sección rígida y está sujeta a momentos de torsión (Alshaheen & Aljassim, 2022)

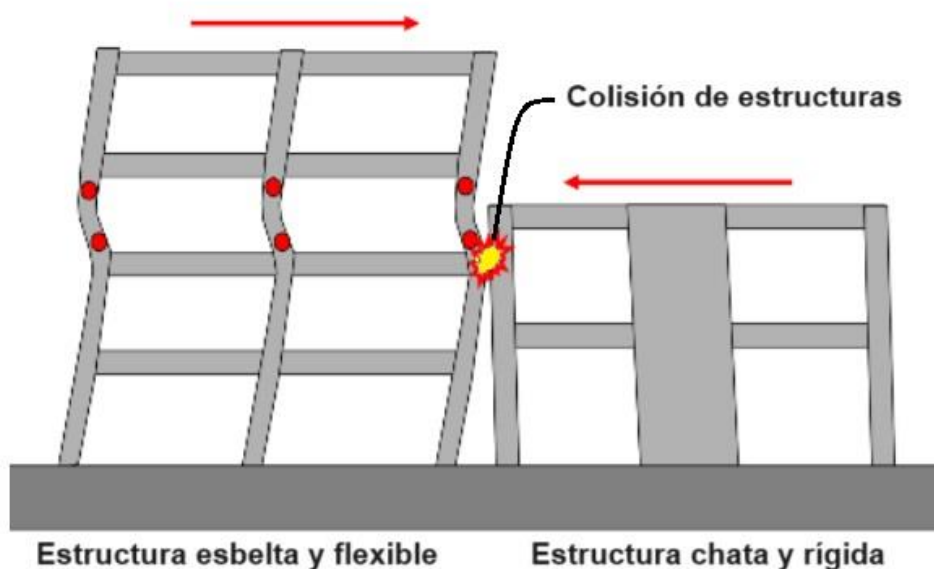
1.7.10.4 Golpeteo entre edificios

Se denomina golpeteo a la colisión que ocurre entre dos edificios colindantes debido a la ausencia de junta de separación sísmica.

En edificaciones vecinas que tienen diferente altura y sus losas no coinciden, las losas de una edificación pueden golpear a las columnas de la otra y causar daños importantes a su estructura.

Figura 17

Esquema del golpeteo.



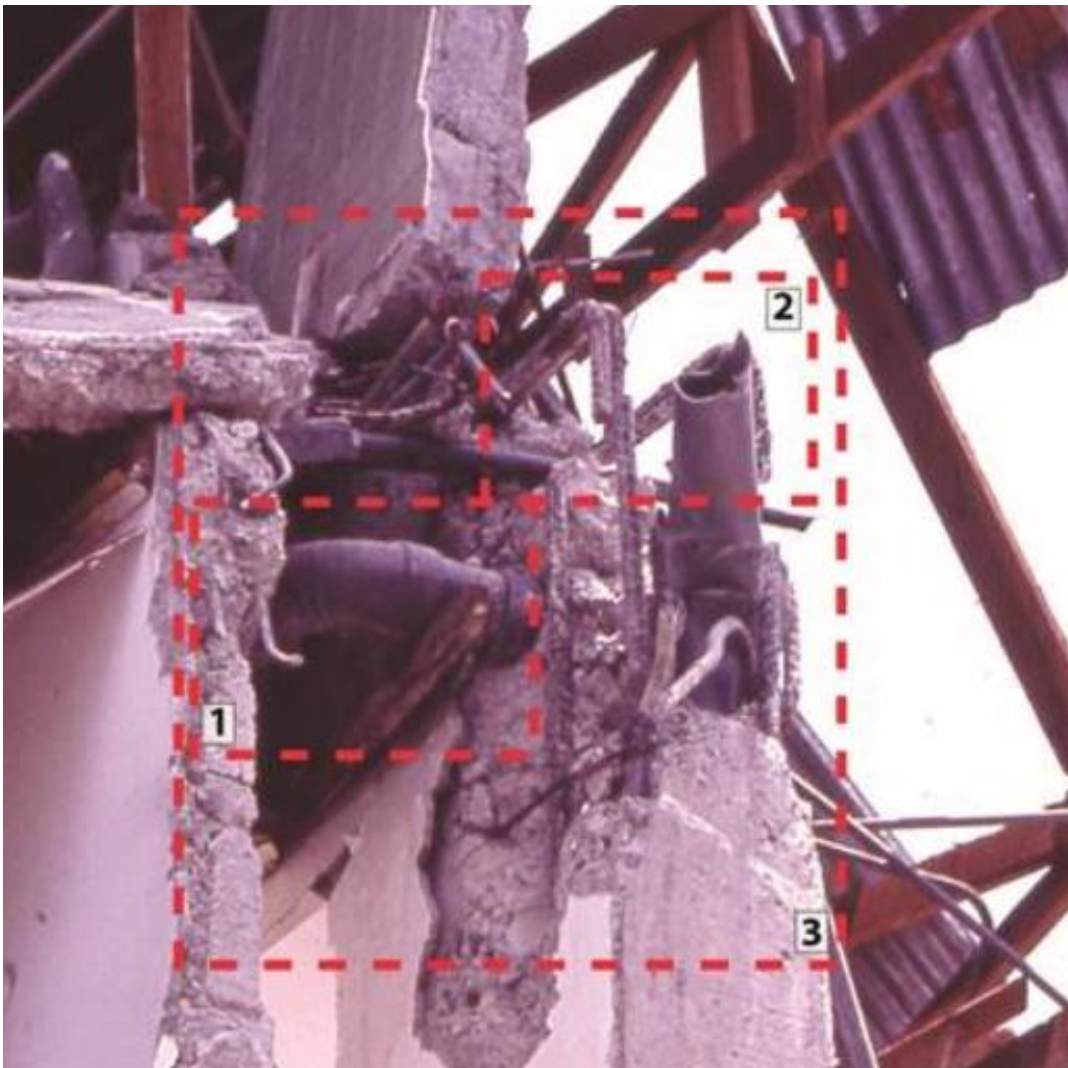
Nota. Elaborado por los autores (2023)

1.7.10.5 Falta de confinamiento de columnas

La falta de confinamiento en las columnas se manifiesta especialmente en la proximidad de la unión con la viga usualmente debido a la diferencia de diámetros que por proceso constructivo dificulta su confinamiento, lo que provoca el arqueado o pandeo del acero longitudinal.

Figura 18

Daños en una viga-columna



Nota. Tomado de Hidalgo Leiva (2021)

En la figura anterior se daña en elementos estructural posterior al sismo donde se puede detallar:

- Tubería dentro del núcleo de concreto
- Longitud de anclaje insuficiente
- Falta de confinamiento en nudo viga – columna.

1.7.10.6 Elementos no estructurales

Algunas fallas se presentan en elementos no estructurales, que en si no afectan al comportamiento de la estructura de la edificación, pero son los causantes del fallecimiento de víctimas en terremotos. Entre estas fallas tenemos:

- Parapetos no reforzados
- Deformación de puertas
- Equipos mecánicos anclados a la edificación
- Desprendimiento de anuncios.

Figura 19

Desprendimiento de elementos no estructurales



Nota. Tomado de Ruiz García & Ramos Cruz (2022)

La figura “a” muestra a la edificación antes del sismo, posterior a este “b” se observa que los elementos como anuncios y cobertizos se han desprendido.

1.7.11 Métodos de evaluación sísmica

1.7.11.1 Métodos Cualitativos

Estos están pensados para valorar eficazmente y sin esfuerzo una colección de estructuras diversas con atributos variables e identificar las que requieren una investigación más exhaustiva. Se utilizan para evaluar edificaciones en zonas amplias

para determinar su riesgo sísmico. Los resultados obtenidos por estos métodos para casos individuales no deben considerarse concluyentes a excepción que confirmen la seguridad de la edificación. (OPS, 2004).

Además de determinar el riesgo sísmico de un lugar concreto, se utilizan en el proceso de determinación del grado de vulnerabilidad que tiene un conjunto de estructuras tras un sismo.

1.7.11.1.1 Método FEMA P – 154

El examen de la resistencia de un edificio a los seísmos puede realizarse en poco tiempo mediante esta técnica visual. Mediante el uso de un índice, esta técnica establece si es necesario o no reforzar la estructura. Si la evaluación arroja un resultado significativamente menor o igual a dos 2, será imperativo llevar a cabo una investigación en profundidad de la estructura, que implica una evaluación lineal si esta evaluación cumple no será necesario reforzar caso contrario se deberá hacer un análisis no lineal de la estructura del edificio, si en esta evaluación la edificación cumple no será necesario un reforzamiento caso contrario es necesario reforzar la edificación por ser susceptible al colapso.

El método maneja una ficha para la recolección de datos donde contempla los siguientes datos: dirección, nombre y uso de la edificación, fecha y hora de la inspección, número de pisos, año de construcción, área techada, tipo de suelo, peligros geológicos cercanos a la edificación, peligro entre edificaciones, irregularidad en planta y elevación, peligro de caída de elementos no estructurales entre otros posteriormente se identificara el tipo de edificio según Fema para relacionarse con un

puntaje básico y se ira sumando restando puntos según la inspección visual a la edificación.

En el manual FEMA P-154 se tienen formatos para determinar la susceptibilidad de las estructuras de sismos en función de la situación geográfica del edificio entre las zonas que comprende tenemos:

- VH – Sismicidad muy alta
- HS – Sismicidad moderadamente alta
- MD – Sismicidad moderada
- LS – Sismicidad baja

Estas zonas de sismicidad se determinan de acuerdo a la respuesta de aceleración espectral de determinada región de sismicidad según la tabla 6.

Tabla 6

Determinación de la región de sismicidad

Región Sísmica	Aceleración Espectral respuestas (Periodo corto 0.2 segundos)	Aceleración Espectral, S1 (Periodo largo 1.0 segundos)
Baja	Menos de 0.25 g	Menos de 0.100g
Moderada	Mayo o igual a 0.25 g pero menos a 0.500 g	Mayor o igual a 0.100g pero menor a 0.200g
Moderadamente alta	Mayor o igual a 0.500 g pero menor a 1.000g	Mayor o igual a 0.200g pero menor a 0.400g
Alta	Mayor o igual a 1.000g pero menor a 1.500g	Mayor o igual a 0.400g pero menor a 0.600g
Muy alta	Mayor o igual a 1.500g	Mayor o igual a 0.600g
g= aceleración de la gravedad en dirección horizontal		

Nota. Elaborado de Federal Emergency Management Agency (FEMA), (2015).

Figura 20

Ficha de Inspección Sísmica para una zona de Sismicidad Elevada

**Level 1
HIGH Seismicity**

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA P-154 Data Collection Form

PHOTOGRAPH

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: _____

Use: _____

Latitude: _____ Longitude: _____

S₁: _____ S₂: _____

Screener(s): _____ Date/Time: _____

No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: EST

Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____

Additions: None Yes, Year(s) Built: _____

Occupancy: Assembly Industrial Utility Commercial Office Warehouse Emer. Services School Residential, # Units: _____ Historic Shelter Government

Soil Type: A Hard Rock B Avg Rock C Dense Soil D Stiff Soil E Soft Soil F Poor Soil DNK if DNK, assume Type D.

Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK

Adjacency: Pounding Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities: Vertical (type/severity) _____
 Plan (type) _____

Exterior Falling Hazards: Unbraced Chimneys Heavy Cladding or Heavy Veneer
 Parapets Appendages
 Other: _____

COMMENTS:

Additional sketches or comments on separate page

SKETCH

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (URF)	S2 (BR)	S3 (RM)	S4 (URF/SH)	S5 (URF/SH)	C1 (URF)	C2 (SH)	C3 (URF/SH)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score	3.8	0.2	2.8	2.1	2.0	2.8	2.0	1.7	1.6	2.0	1.2	1.8	1.4	1.7	1.7	1.7	1.0	1.5
Severe Vertical Irregularity, V _{LI}	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V _{LI}	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P _{LI}	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1	NA
Post-Benchmark	1.5	1.0	2.2	1.4	1.4	1.1	1.0	NA	1.0	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2	
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.5	0.1	0.5	0.4	0.5	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	NA
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	NA
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.5	-0.9	-0.5	-0.5	NA	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.5	-0.2	NA	
Minimum Score, S _{MV}	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0	

FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1} ≥ S_{MV}

EXTENT OF REVIEW	OTHER HAZARDS	ACTION REQUIRED
Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered Drawings Reviewed: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Soil Type Source: _____ Geologic Hazards Source: _____ Contact Person: _____	Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation? <input type="checkbox"/> Pounding potential (unless S _{L1} > cut-off, if known) <input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building <input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F <input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system	Detailed Structural Evaluation Required? <input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building <input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off <input type="checkbox"/> Yes, other hazards present <input type="checkbox"/> No Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one) <input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated <input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary <input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know

Legend: URF = Moment-resisting frame BR = Braced frame RC = Reinforced concrete SH = Shear wall URM/INF = Unreinforced masonry infill TU = Tilt up MH = Manufactured Housing LM = Light metal FD = Flexible diaphragm RD = Rigid diaphragm

Nota. Tomado de Federal Emergency Management Agency (FEMA), (2015).

1.7.11.1.2 Método del Índice de vulnerabilidad

Metodología planteada por Benedetti y Petrini, es indirecto y fue tomado el GNDT del C.N.R en Italia desde el año 1982, tiene como técnica calcular la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, bajo la observación y evaluación de cada uno de los parámetros contemplados en esta metodología. Para calcular el coeficiente I_v se utiliza un método que tiene en cuenta tanto los componentes estructurales como los no estructurales. Esta fórmula conduce finalmente al cálculo de 11 parámetros. Para evaluarlo, se utilizan las correspondientes ecuaciones.

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i - W_i$$

Se evalúan once (11) parámetros que corresponden al factor K_i según su calidad desde A hasta D, que se considera de los más ventajosos a los menos ventajosos y a los factores que determinan su peso W_i señalados en los parámetros.

Tabla 7

Índice de vulnerabilidad (I_{vn}) – Benedetti y Petrini 1984

i	Parámetro	KiA	KiB	KiC	KiD	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Nota. Elaborado por Marcillo Gutierrez (2019)

A partir de estas consideraciones se determina la vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje obtenido bajo las siguientes consideraciones.

Tabla 8

Clasificación de la vulnerabilidad en base al I_v según Benedetti.

VULNERABILIDAD		
BAJA	MEDIA	ALTA
$I_v < 15\%$	$15\% \leq I_v < 35\%$	$I_v \geq 35\%$

Nota. Adaptado de Marcillo Gutierrez (2019)

1.7.11.1.3 Método Hirosawa

Se trata de un proceso ideado por el Ing. Masaya Hirosawa utilizada en Japón desde 1977. Realiza una evaluación del rendimiento sísmico de la estructura al comparar dos índices: “El índice sísmico de la estructura (I_s) y el índice de demanda sísmica de la estructura (I_{so})”. Se calcula para cada piso de la estructura y según su sistema estructural que se considera su método de falla. (Queiroz Rodrigues, da Costa Pantoja, & Tavares Miranda, 2023)

Posteriormente se comparan estos índices bajo la siguiente consideración:

Si $I_s \geq I_{so}$, se considera que al edificio como seguro.

Si $I_s < I_{so}$, se considera a la edificación como insegura.

Figura 21

Esquema de evaluación mediante el método Hirosawa



Nota. Elaboración propia (2023)

- **Determinación del Índice de Vulnerabilidad Sísmica (I_S)**

Se usa la siguiente relación:

$$I_S = E_O * S_D * T$$

Donde:

E_O = Índice sísmico básico de comportamiento estructural

S_D = Índice de configuración estructural

T = Índice de deterioro de la edificación

Fuente: Adaptado de Organización Panamericana de la Salud (2004)

a) E_O - Índice sísmico básico de comportamiento estructural

Este índice E_O es directamente proporcional a la multiplicación del “coeficiente de resistencia C y el coeficiente de ductilidad F”, según la siguiente ecuación:

$$E_O \propto C * F$$

Para calcular este índice E_O se debe clasificar a todo elemento vertical de la estructura según las siguientes categorías:

Tabla 9

Clasificación de elementos estructurales

Columnas cortas de concreto armado	Se clasifica en esta categoría a las columnas donde la relación h _o /D es igual o menor a dos, donde H _o es la altura libre de la columna y D la dimensión transversal.
Columnas de concreto armado	Columnas donde la relación h _o /D es mayor a 2.
Muros de concreto armado	Elementos de concreto que la relación del lado mayor entre el lado menor es mayor que 3.
Muros de relleno de albañilería	Son todos los muros interiores de albañilería con poco o nada de confinamiento, ubicados en los pórticos con ausencia de elementos de confinamiento.
Muro de albañilería confinada	Muros de albañilería confinados con los elementos de concreto armado.

Nota. Tomado de Organización Panamericana de la Salud (2004)

Este índice puede ser calculado mediante:

$$E_o = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * \{ \alpha_i * (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 * C_W + \alpha_3 * C_c \} * F$$

Donde:

Np	Número de pisos de la edificación
I	Nivel que se evalúa
Cmar	Índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería.
Csc	Índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de concreto armado
Ca	Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinada
Cma	Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada
Cw	Índice de resistencia proporcionada por los muros de concreto armado.
Cc	Índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto

➤ **Para el índice alfa α_i**

Hace referencia al factor de reducción de la capacidad resistente, que se ajusta en función del nivel de deformación alcanzado a través de la influencia de los factores que rigen la respuesta del sismo de la estructura.

Se determina por tres tipos A: “cuando la capacidad sísmica está controlada por elementos más frágiles; B: menos frágiles y C: dúctiles” según la siguiente tabla 10.

Tabla 10

Condiciones del coeficiente alfa

Tipo	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\alpha 3$	Modo de falla
A	1	0.7	0.5	Columnas cortas y muros portantes controlan la falla
B	0	1	0.7	Muro de concreto armado controla la falla
C	0	0	1	Columnas de concreto armado controlan la falla

Nota. Tomado de Organización Panamericana de la Salud (2004)

➤ **Para el índice de ductilidad (F)**

Tabla 11

Condiciones para el índice de ductilidad F

F=1.00	Si Cmar, Ca y Csc son iguales a cero
F=0.8	Si Cmar, Ca y Csc son distintos a cero

Nota. Tomado de Organización Panamericana de la Salud (2004)

b) Cálculo del índice de configuración estructural SD

Permite medir el impacto de la irregularidad de la disposición estructural del edificio y la asignación de rigidez y peso en su conducta ante el sismo (OPS, 2004)

Los datos proceden de planos arquitectónicos y se complementan con el examen visual de la estructura. Se tienen en cuenta factores como la regularidad, la relación de aspecto de la planta, la excentricidad y otros criterios.

Hirosawa propone calcular el índice de configuración estructural con la siguiente ecuación:

$$S_D = \prod_{i=1}^{1=8} q_i$$

$$q_i = \{1,0 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 1,2,3,4,5,7 \text{ y } 8$$

Donde: $q_i = \{1,2 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 6$

Los valores de G_i y R_i se indican en la siguiente tabla.

Tabla 12

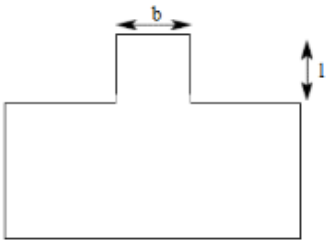
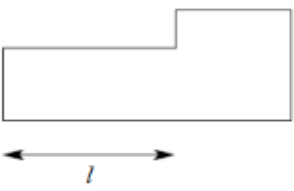
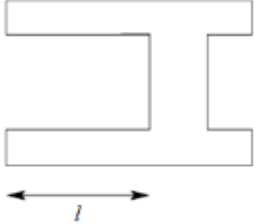
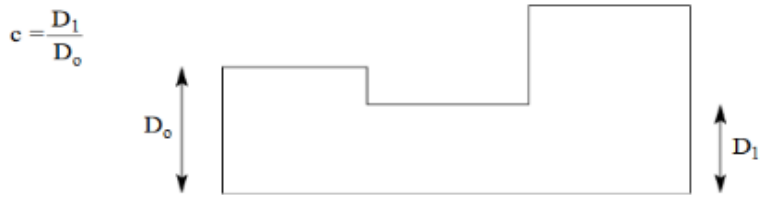
Valores para G_i y R_i

ITEMS (q_i)	G_i			R_i
	1,0	0,9	0,8	
1.Regularidad	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1,0
2.Relación largo-ancho	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0,5
3.Contracción de planta	$0,8 \leq c$	$0,5 \leq c \leq 0,8$	$c < 0,5$	0,5
4.Atrio o patio interior	$R_{ap} = 0,1$	$0,1 < R_{ap} \leq 0,3$	$0,3 < R_{ap}$	0,5
5.Excentricidad de atrio o patio interior	$f1 = 0,4$ $f2 = 0,1$	$f1 \leq 0,4$ $0,1 < f2 \leq 0,3$	$0,4 < f1$ $0,3 < f2$	0,25
6.Subterráneo	$1,0 \leq R_{as}$	$0,5 \leq R_{as} < 1,0$	$R_{as} < 0,5$	1,0
7.Junta de dilatación	$0,01 \leq s$	$0,005 \leq s < 0,01$	$s < 0,005$	0,5
8.Uniformidad de altura de piso	$0,8 \leq R_h$	$0,7 \leq R_h < 0,8$	$R_h < 0,7$	0,5

Nota. Tomado de Organización Panamericana de la Salud (2004)

Tabla 13

Descripción de cada una de las características (qi).

1	Regularidad (a1,a2,a3)	
		<p>a1: La planta es simétrica en cada dirección y el área de salientes es menor o igual al 10% del área total de la planta. Se considera los salientes si $l/b \geq 0,6$</p> <p>a2: La planta no es regular y el área de salientes es igual o menor que el 30% del área total. En esta categoría tenemos plantas tipo L,U,T y otras.</p> <p>a3: La planta es más irregular que en el caso a2, el área de salientes es mayor al 30%.</p>
2	Relación largo - ancho (B)	
		
<p>Razón entre la dimensión mayor y menor de la planta En las plantas tipo L,T,U y demás se considera el lado mayor como $2 \cdot l$ para l indicado en la figura</p>		
3	Contracción de planta (c)	
		
4	Atrio o patio interior (Rap)	
	Razón entre el área del atrio y el área total de la planta, incluida en área del atrio. En este análisis no se considera una caja de escaleras con muros de hormigon.	
5	Excentricidad de atrio o patio interior (f)	
	<p>f1: Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio, y la longitud menor de la planta</p> <p>f2: Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio y la longitud mayor de la planta.</p>	
6	Subterráneo (Ras)	
	Razón entre el área promedio de la planta de los subterráneos y el área promedio de la planta del edificio	
7	Junta de dilatacion (s)	
	Este criterio se aplica a edificios que tienen juntas de dilatación	
8	Uniformidad de altura de piso (Rh)	
	Razón entre la altura del piso inmediatamente superior analizado y la altura de este. Para el caso del piso superior, el piso inmediatamente superior de esta ecuación es reemplazado por el piso inmediatamente inferior.	

Nota. Tomado de Organización Panamericana de la Salud (2004)

Para calcular el índice SD se emplea el valor más desfavorable obtenido como característica de los distintos niveles de la estructura. Este valor se considera como representativo de toda la estructura.

c) Cálculo del Índice de Deterioro T

Cuantifica el deterioro de la estructura debido a su antigüedad, por los sismos u otras eventualidades que lo hayan perjudicado. Se calcula luego de la inspección visual y la información obtenida del propietario o conoedores del historial de la edificación.

Se hace uso de la siguiente tabla el valor de T corresponde al menor valor obtenido, este se considera como representativo.

Tabla 14

Tabla de valores para T1 y T2

Deformación permanente (T1)	
Característica	T1
El edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial	0,7
El edificio está construido sobre relleno artificial	0,9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente	0,9
Visible deformación de vigas o columnas	0,9
No presenta signos de deformación	1,0
Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T2)	
Característica	T2
Presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras	0,8
Grietas inclinadas visibles en columnas	0,9
Grietas visibles en muros	0,9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras	0,9
Nada de lo anterior	1,0

Nota. Tomado de Organización Panamericana de la Salud (2004)

Tabla 15*Valores para T3, T4 y T5*

Incendios (T3)	
Característica	T3
Ha experimentado incendio, pero no fue reparado	0,7
ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado	0,8
No ha experimentado incendio	1,0
Uso del cuerpo o bloque (T4)	
Característica	T4
Almacena sustancias químicas	0,8
No contiene sustancias químicas	1,0
Tipo de daño estructural (T5)	
Característica	T5
Daño estructural grave	0,8
daño estructural fuerte	0,9
Daño estructural ligero o no estructural	1,0

Nota. Tomado de Organización Panamericana de la Salud (2004)**Tabla 16***Clasificación de daños causado por sismo*

Tipo de daño	Descripción
No estructural	Daños únicamente en elementos no estructurales
Estructural ligero	Grietas de menos de 0,5 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de menos de 3mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural fuerte	Grietas de 0,5 a 1 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural grave	Grietas de más de 1mm de espesor en sus elementos de hormigón armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del hormigón, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en vigas, columnas y muros de concreto armado. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio en más de 1% de su altura. Asentamiento de más de 20cm.

Nota. Tomado de Organización Panamericana de la Salud (2004)

Índice de juicio Estructural Iso Para determinar este índice se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{SO} = E_{SO} * Z * G * U$$

Donde:

Eso = Resistencia sísmica básica requerida

Z = Factor de zona sísmica

G = Factor de influencia de las condiciones topográficas y geotécnicas

U = Factor de importancia del edificio por su uso

El índice de Resistencia Sísmica Básica (Eso), se determina de acuerdo a los daños que tiene la edificación luego de un sismo. Para otro tipo de evaluación se recomienda hacer los lineamientos de la normativa para la resistencia elástica según la zona que corresponda reducida por el factor de reducción R. (OPS, 2004).

El factor G se determina según la topografía en donde se emplaza la edificación este factor es de 1,0 para “zonas sin pendiente” y 1,1 para “zonas con pendiente” y el “factor U” se utilizará según la normativa peruana NTP. E030 vigente.

1.7.11.2 Métodos Cuantitativos

Son métodos que se rigen según a las normativas de diseño vigentes. Se utilizan para evaluar edificaciones antiguas donde se desconoce su nivel de seguridad y se desea establecer la probabilidad de ocurrencia de daños frente a un sismo así mismo se utilizan en otros casos donde una evaluación cualitativa no es suficiente para determinar su vulnerabilidad.

1.7.11.2.1 Análisis Lineal de la estructura

La normativa en vigor define dos técnicas diferentes para realizar un estudio de sismo lineal como son el análisis Estático y Análisis sísmico Dinámico.

Para el cálculo de ambos se inicia determinando los siguientes datos:

- **Factor de amplificación sísmica “C”**

Según lo expuesto en la NTP. E030 (2018) donde se establece por medio de las siguientes expresiones de acuerdo a las características del lugar se define:

$$T < T_p; \quad c = 2,5$$

$$T_p < T < T_L; \quad c = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L; \quad c = 2,5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)$$

- *Desplazamientos laterales admisibles en la estructura*

La norma E-030 (2018) es clara y establece que el desplazamiento máximo relativo de entrepiso no debe ser mayor a los límites de distorsión (deriva).

Tabla 17

Desplazamientos admisibles

Límites para distorsión del entrepiso	
Material predominante	Δ_i/h_{ei}
Concreto Armado	0.007
Acero	0.01
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de Concreto Armado con Muros De Ductilidad Limitada	0.005

Nota. Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones - NTP E -030 (2018)

1.7.11.2.1 Análisis Estático Lineal

Este método práctico se emplea con el fin de conocer y valorar el rendimiento de la estructura del edificio aplicando cargas estáticas.

Estos conceptos parten de 2 suposiciones:

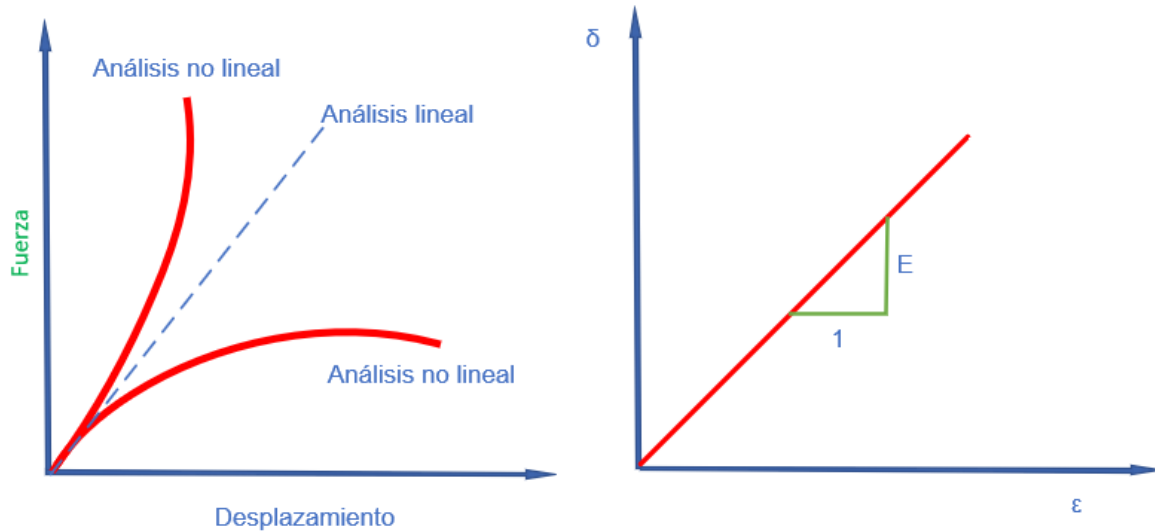
Suposición estática; donde las cargas permanecen constantes cuando se le aplican progresivamente esfuerzos cortantes hasta que llegan a su magnitud última, con esta suposición de no variación en el tiempo permite no tomar en cuenta fuerzas inerciales y de amortiguamiento.

Suposición de linealidad, que nos da una proporcionalidad de relación entre cargas y las respuestas de estas donde se expone que los materiales se rigen por la ley de Hooke, que insta la resistencia depende de la unidad de deformación de cada material en donde no se producen cambios en la rigidez causadas por cargas (SOLIDWORKS, 2023).

Esto considera que los desplazamientos son despreciables ante las fuerzas inducidas y sería válido el principio de superposición de efectos. Es importante considerar que ningún material o elemento puede ser completamente lineal, al igual la totalidad de los materiales experimenta una fase no lineal después de un nivel específico de tensión o deformación.

Figura 22

Análisis de fuerzas estáticas equivalentes



Nota. Adaptado de SOLIDWORKS (2023).

Proceso para cálculo de cortante

En el primer paso del proceso, se calcula la fuerza cortante última en la base. A continuación, esta se distribuye proporcionalmente a lo largo de la altura multiplicándola por un factor que se indica en la norma para cada tipo de estructura, posteriormente a este proceso se calculan los desplazamientos distribuidos en los diferentes niveles de la edificación. Para estructuras que se encuentren en $Z=1$, desde el mapa de zonificación de Perú se pueden utilizar variables para determinar la idoneidad de las estructuras regulares y también irregulares, pero para zonificaciones posteriores como $Z=2$, $Z=3$ y $Z=4$ se debe aplicar a estructuras con geometría regular de máximo 30 m de altura, también se considera estructuras que estén construidas con muros de concreto reforzado y albañilería siempre y cuando esta no sobrepase los 15 metros. (Reglamento Nacional de Edificaciones - NTP E -030, 2018)

Fuerza cortante en la base

También conocida como fuerza cortante, se refiere a la fuerza global ejercida sobre la base estructural. Para calcularlo se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} * P$$

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Donde:

V: cortante basal.

Z: factor de zona.

U: factor de uso.

S: factor de suelo.

R: coeficiente de reducción.

P: estimación del peso.

Nota. Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones - NTP E -030 (2018)

Para realizar el cálculo del parámetro P se toma en cuenta:

- ✓ Se consideran las edificaciones que permanezcan a la categoría esencial como son las categorías A y B, en el cual se toma un factor que corresponde al 50% de la carga viva (CV).
- ✓ En las estructuras clasificadas en las categorías típicas de edificios con la categoría C, se toma el 25% de la CV.
- ✓ Para construcciones para el uso de depósitos se toma un 80% del peso total que esta estructura puede albergar.

- ✓ En elementos como son techos y azoteas en general se considera el 25% de CV.
- ✓ Cuando se consideran estructuras como depósitos, silos y piezas similares, se tiene en cuenta todo el peso que se puede almacenar, alcanzando el 100% de capacidad.

➤ **Periodo fundamental de vibración**

Expresión que describe el tiempo que tarda en terminarse un edificio o sistema de un ciclo completo de vibración cuando se le somete a una excitación sísmica o fuerza externa. Esta métrica es crucial para comprender cómo responden las estructuras a la actividad sísmica que puede ayudar a estimar las condiciones estructurales sísmicas en las que se encuentra la estructura en temas de seguridad.

En Perú, para determinar este periodo de vibración se realiza la siguiente formula:

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

Donde:

T: periodo fundamental de vibración.

hn: altura total de la edificación (m).

CT: coeficiente para estimar T.

CT = 60; para edificaciones que presentan un sistema estructural de albañilería, dual, muros estructurales y de ductilidad limitada.

CT = 45; para edificaciones que presentan pórticos de concreto armado y de acero arriostrados.

CT = 35; para edificaciones que presentan un sistema estructural de pórticos sin muros de corte y dúctiles de acero.

Nota. Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones - NTP E -030 (2018)

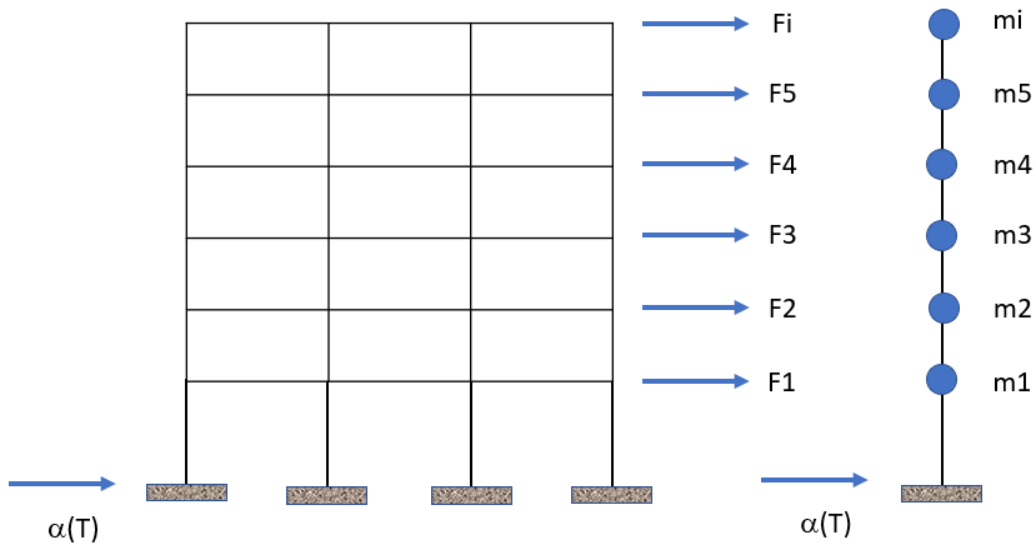
1.7.11.2.2 Análisis Dinámico Lineal

El análisis estructural del tipo dinámico nos permite conocer cómo responde una estructura a cargas dinámicas. (SIMULEXA, 2023)

Si bien el análisis dinámico es una técnica valiosa en la ingeniería estructural presenta limitaciones; asume que la respuesta estructural es lineal en relación con las fuerzas aplicadas esto es una simplificación excesiva cuando la estructura presenta comportamientos inelásticos, a menudo no cuenta con la interacción suelo-estructura.

Figura 23

Análisis Modal Espectral



Nota. Adaptado de Reglamento Nacional de Edificaciones - NTP E -030 (2018)

1.7.11.2.3 Análisis Estático No Lineal (Pushover)

Metodología más conocida como método Pushover o Análisis Estático No Lineal (AENL) en sus siglas en inglés, se emplea para evaluar el comportamiento sísmico de estructuras existentes.

A pesar de las limitaciones que puede tener ya que solo considera el aporte del primer modo de vibración que asemeja el análisis en solo un sentido en la dirección de la fuerza sísmica, con todo esto es el procedimiento de mayor aceptación y uso.

El análisis con cargas incrementales laterales Pushover es más práctico al contrario que un análisis dinámico no lineal, que es más apropiado, pero también más complejo a nivel de cálculo computacional, independientemente de estos factores, es significativamente superior a la actual metodología de análisis en Perú, que emplea un marco analítico lineal.

La metodología Pushover aplica a la estructura cargas laterales que aumentan de manera monótona hasta alcanzar el colapso o algún umbral de análisis predefinido. Su desarrollo se atribuye a los “investigadores A.K. Chopra y R.K. Goel” para establecer la demanda sísmica de una estructura y el desempeño de la edificación frente a sismos.

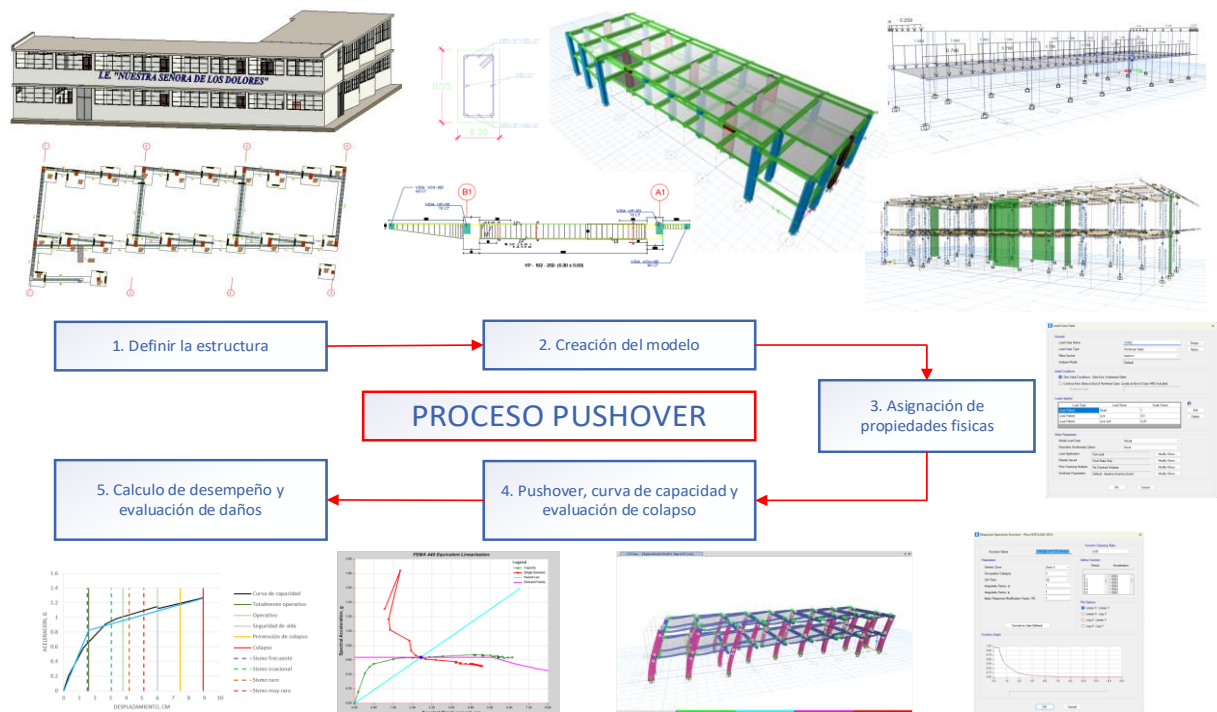
Asimismo, Pushover implica un estudio estático no lineal en el que se distribuyen fuerzas laterales equivalentes a lo largo de la estructura, dada la importancia de los modos vibratorios en el comportamiento elástico. Además, se aproxima de manera efectiva a los principios clásicos de la dinámica de estructuras. Esta metodología proporciona información valiosa sobre el comportamiento no lineal de la estructura como los desplazamientos laterales por el incremento de carga, desplazamiento relativo entre pisos, ductilidad, fallas de los elementos por flexión y corte entre otros.

La AENL realiza un único análisis para cargas gravitatorias y dos estudios para cargas laterales en ambas direcciones, lo que permite generar curvas de capacidad

para la estructura y facilita la comprensión de sus características inelásticas. La comparación entre la capacidad y la demanda determina si es necesario reforzar la estructura.

Figura 24

Diagrama para un análisis estático no lineal



Nota. Adaptado de Reymundo Espeza (2022).

1.7.11.2.4 Curva de capacidad

Este procedimiento cuantifica la correlación entre la carga incremental aplicada y el desplazamiento resultante en el último piso. Permite evaluar la ductilidad y la producción de rótulas plásticas en el interior de la estructura.

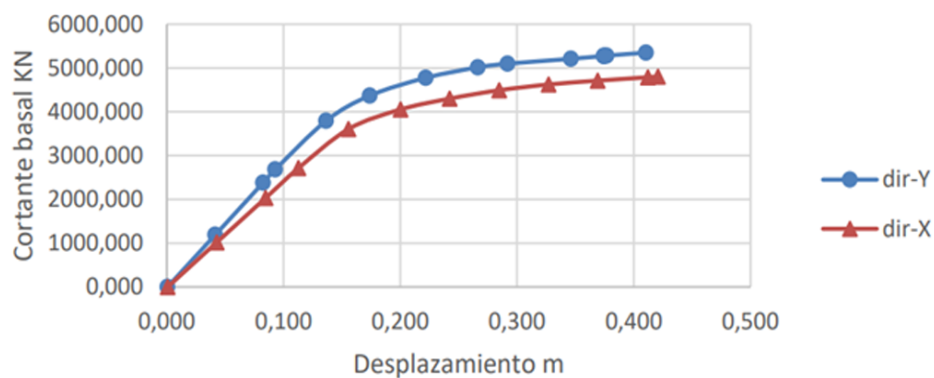
Esta curva se obtiene realizando un AENL conocido como Pushover, representa la capacidad estructural para realizar la evaluación de respuesta estructural.

El AENL se realiza aplicando cargas incrementales laterales a la estructura que representan la fuerza del sismo en un sentido, estas cargas se van aumentando monotónicamente hasta que la estructura alcance el colapso. (Najam, 2018).

En el primer paso del proceso, establecer el esfuerzo cortante máximo que puede aplicarse a la estructura en sus cimientos. A continuación, esta fuerza se distribuye proporcionalmente a lo largo de la altura multiplicándola por un factor que se indica en la norma para cada tipo de estructura.

Figura 25

Curva de capacidad Pushover



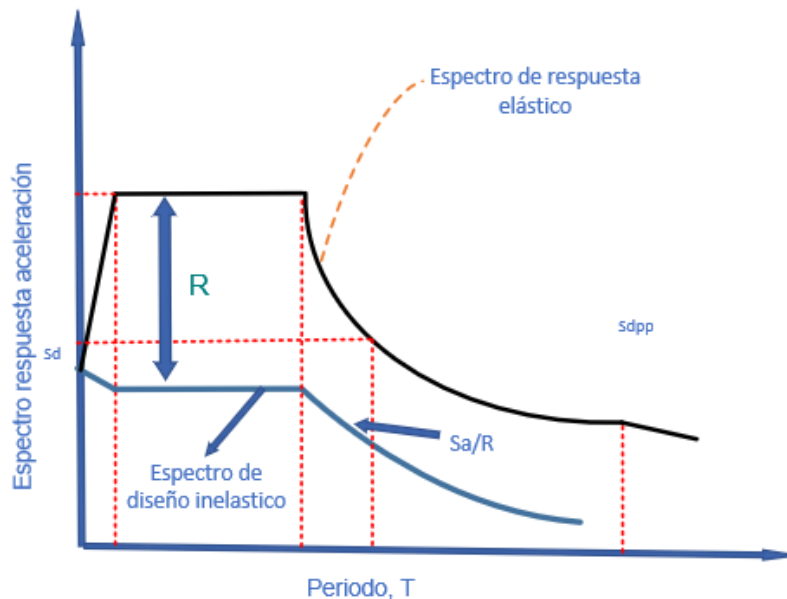
Nota. Tomado de: Quinto Quinto & Chaverra Moya (2022)

Como componente de la filosofía “Diseño por Capacidad”, las investigaciones que se llevaron a cabo con respecto a la curva de capacidad, que tiene como objetivo fundamental principal obtener valores estimados de la resistencia de la estructura lateral global, cálculo de la maleabilidad del desplazamiento y las fallas inducidas por un movimiento sísmico, deformaciones internas conforme el comportamiento estructural pasan de un comportamiento lineal a experimentar un comportamiento no linealidad bajo fuerzas incrementales (Najam, 2018).

La rigidez estructural y la capacidad de carga de una estructura vienen determinadas por la fuerza y la resistencia de sus distintos componentes para soportar la deformación, como los materiales de acero y concretos empleados. Esta curva se va construyendo a medida que la estructura recibe las cargas laterales cuando se realiza el AENL donde se identifican los puntos de fluencia de cada uno de los elementos o grupo de elementos. Después esta curva de capacidad hallada se pasa a ser un espectro de capacidad a través de fórmulas y cambios de variable, que el desplazamiento último de la estructura se transforma un desplazamiento espectral (S_d) y el cortante en la base o corte basal se convierte a una aceleración espectral (S_a).

Figura 26

Espectro según norma ASCE 7-10



Nota. Adaptado de Ramos Yachi (2021)

Por lo tanto, sobre la base de esta técnica AENL después de obtener la curva de capacidad representada bajo el grafico de un desplazamiento vs cortante basal, esto de acuerdo a las directrices de FEMA 440, esta curva de capacidad nos permite calcular la “rigidez lateral K_e , la resistencia cedente efectivo V_y , y la rigidez efectiva α_1 y α_2 ”, para de pues obtener la ductilidad del sistema realizado. (Ramos Yachi, 2021).

Fórmula para obtener la ductilidad:

$$\mu = \frac{\Delta d}{\Delta y}$$

donde:

μ =ductilidad

Δy =punto de cedencia

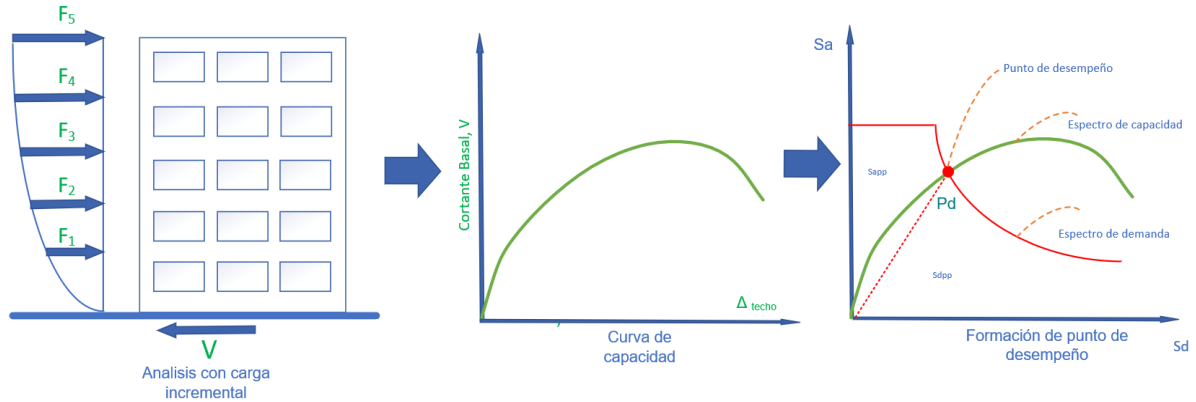
Δd =punto ultimo

1.7.11.2.4.1 Espectro de Capacidad

El proceso que se lleva a cabo a fin de establecer el espectro de capacidad se basa en identificar el punto de rendimiento mediante una comparación entre el “Espectro de la demanda (S_d) sísmica y el Espectro de capacidad (S_a) de la estructura”. En este proceso, se compara la capacidad y la demanda, dando como resultado la respuesta máxima o punto de desempeño (P_d) de la estructura o edificación, se empleará para determinar el nivel de rendimiento previsto de la estructura. (Llocle Helaccama, 2021).

Figura 27

Espectro de capacidad



Nota. Adaptado de Najam (2018).

Esta curva de capacidad hallada, nos da una representación de proporcionalidad que existe entre “el cortante basal (F) y el desplazamiento (δ) de la estructura”; esto nos da información crítica que se asocia a los daños estructurales durante un evento sísmico como resultado de la disminución del nivel de rigidez de las partes estructurales.

Al realizar la conversión de cortante a una aceleración espectral se convierte en un espectro en donde gráficamente cada punto (F, δ) en la curva nos representa un valor en la curva del espectro para esas mismas coordenadas según la siguiente fórmula:

$$SD = \frac{\delta}{PF_1} \quad ; \quad Sa = \frac{F}{Wa_1}$$

Donde,

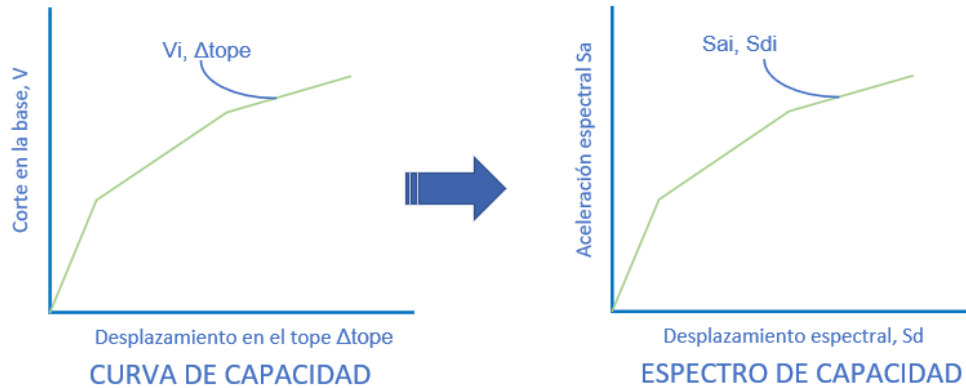
W = peso total de la estructura.

PF₁ = la participación modal.

α = Coeficiente modal. (FEMA, 2015)

Figura 28

Curva de capacidad a espectro de capacidad



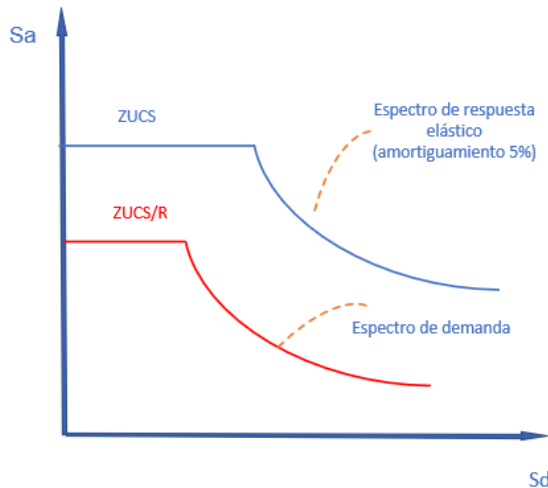
Nota. Adaptado de INESA TECH (2022)

1.7.11.2.4.2 Espectro de demanda

La respuesta sísmica de un terremoto puede representarse gráficamente en términos de aceleración, velocidad o desplazamiento. Todas estas representaciones son posibles. La duración de la vibración influye en esta representación, que cambia con el tiempo. Para crear esta representación, es necesario definir ciertos parámetros, como el límite elástico, el punto de agotamiento y el rendimiento del edificio. Además, es necesario conocer el amortiguamiento y el periodo T para obtener un espectro de respuesta elástica reducido. A continuación, este espectro puede convertirse en una curva de demanda, con un coeficiente de amortiguamiento viscoso equivalente del 5%.

Figura 29

Espectro de demanda y espectro reducido



Nota. Espectro de demanda según la norma E 0.30 (2018).

1.7.11.2.5 Método espectro capacidad

Este método gráfico, compara la capacidad estructural de soporte de presión lateral con la demanda del sismo para determinar la eficacia de la construcción. La demanda sísmica por su parte se representa mediante espectros de demanda reducidos, que se basan en el ATC - 40 y se mejoran aún más con el FEMA 356 (2005).

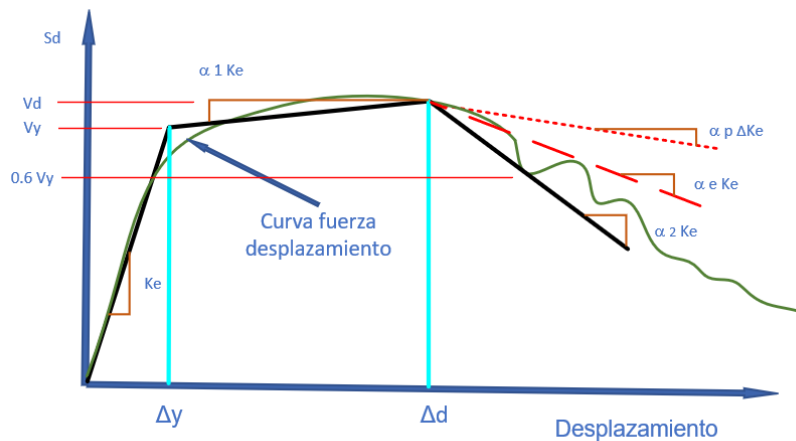
1.7.11.2.6 Método coeficientes

El método de coeficientes se basa principalmente la idealización de la curva desplazamiento-esfuerzo, se determina la rigidez lateral efectiva K_e (60% de V_y). El siguiente paso es calcular la línea de conexión que une los puntos de fluencia en L_y y

V_y, así como un punto final en la pendiente I_d, V_d. La línea final comienza en el extremo de esta pendiente (+) y termina en la unión con la línea del 60% de V_y.

Figura 30

Curva de capacidad idealizada.



Nota. Adaptado de ASCE-41-17 (2017)

En construcciones con diafragma rígido, el desplazamiento se calcula con la siguiente ecuación:

$$\delta = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

Donde:

- S_a = La aceleración del espectro de respuesta en el periodo efectivo fundamental del edificio en la dirección considerada.
- g = Aceleración de la gravedad.
- C₀ = Factor de modificación para relacionar el desplazamiento espectral de un SDOF al desplazamiento de un MDOF calculado con la tabla.

Figura 31

Valores del factor de modificación C_0

N° de pisos	Edificios de corte		Otro edificio
	Patrón triangular	Patrón uniforme	Otro patrón de carga
1	1	1	1
2	1.2	1.15	1.3
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

Nota. Adaptado de ASCE-41-17 (2017)

- C_1 = factor que modifica la relación de los desplazamientos inelásticos máximos esperados, para los desplazamientos calculados. No se puede tomar valores menores a $T=0.2$, para periodos mayores a 1, $C_1=1$

$$C_1 = 1 + \frac{\mu_{strength} - 1}{aT_e^2}$$

Donde:

- A = factor de clase de sitio, 130 para clase A o B, 90 para clase C, 60 para clase de sitio D, E, F.
- T_i =periodo elástico fundamental en la dirección en tomada.
- K_i = rigidez elástica lateral
- K_e =rigidez elástica eficaz
- V_y = Cortante de fluencia
- W =peso sísmico efectivo (muerta + porción de carga viva)
- C_m =factor de masa efectiva se considera 1 si el periodo fundamental T es mayor a 1 segundo.

Tabla 18

Valores para factores de masa efectiva

N° de pisos	Pórticos de concreto	Muros de corte de concreto	Pórticos de acero
1-2	1	1	1
3 o mas	0.9	0.8	0.9

Nota. Tomado de ASCE-41-17 (2017)

- C2 = Factor de modificación para representar el efecto de histéresis, degradación de rigidez cíclica y deterioro de la fuerza en el máximo desplazamiento calculado. Para periodos mayores que 0.7 segundos, se usa C2 = 1.

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{\mu_{strength} - 1}{T_e} \right)^2$$

Una vez determinados estos parámetros, podremos calcular nuestro punto de rendimiento y generar una bilinealización de la curva de capacidad. Utilizando esta información, calcularemos el desplazamiento del objetivo y construiremos una bilinealización con el fin de determinar un nivel de riesgo sísmico evaluado.

1.7.11.2.7 Punto de desempeño

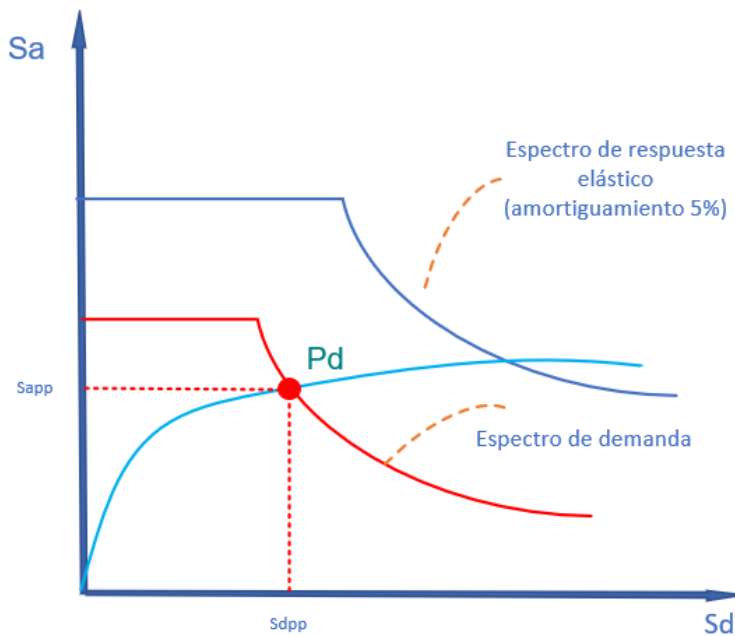
La obtención del punto de comportamiento es un objetivo que se refiere al comportamiento previsto de un edificio, que incluye la cantidad máxima de daños que se permite, que se denomina nivel de comportamiento, en respuesta a amenazas o movimientos sísmicos.

Se denomina punto de intersección al punto en el que se cruzan el espectro de capacidad y el espectro de demanda, que también suele denominarse punto de

desempeño, es el punto en el que la estructura experimenta la mayor cantidad de desplazamiento en caso de que se produzca un terremoto en la necesidad de la misma.

Figura 32

Espectros de capacidad, punto de desempeño y demanda.

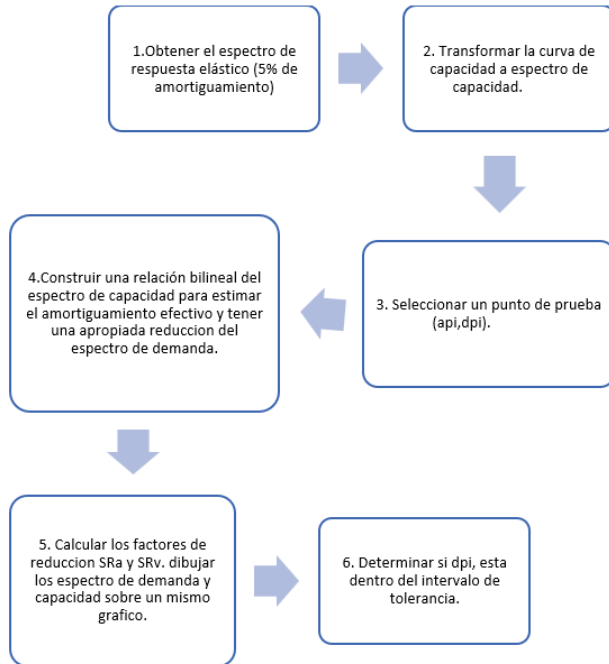


Nota. Adaptado de Dimovska (2023)

Se realiza un procedimiento iterativo entre el espectro de demanda y el espectro de capacidad para encontrar posteriormente el punto de intersección (PD). Según las directrices del ATC-40, a continuación, se indican las acciones que deben realizarse para calcular el espectro de demanda y, en consecuencia, el PD.

Figura 33

Pasos para la obtención del PD según el ATC-40.



Nota. Adaptado de INESA TECH (2022)

1.7.11.2.8 Nivel de desempeño

Para caracterizar una estructura se utiliza un estado límite de daños que es capaz de sufrir en caso de terremoto. Este estado límite viene definido por tres elementos clave, en primer lugar, hay daños físicos tanto en los componentes estructurales como en los no estructurales de la estructura. La segunda es que la destrucción supone un cierto nivel de riesgo para el bienestar de las personas que realmente viven allí y tercero el estado funcional de la estructura después de ser afectado por el sismo.

1.7.11.2.9 Niveles de desempeño

El ATC – 40 y VISION 2000, SEAOC, (1995) detallan los siguientes niveles de desempeño o también conocidos como estado de limite.

Tabla 19

Niveles de desempeño ATC -40 y VISION 2000

Según VISION 2000 – SEAOC	ATC -40
<p>Totalmente Operacional: La edificación luego del sismo no ha sufrido daños por lo que sus elementos estructurales y no estructurales permanecen estables y funcionales listos para su uso. No se requiere reparaciones</p>	<p>Operacional: Se relaciona con la funcionalidad. Los daños estructurales son casi nulos, los elementos no estructurales funcionan, las reparaciones no interrumpen las actividades y los servicios funcionan.</p>
<p>Control de daños u operacional: La edificación luego del sismo presenta daños ligeros no estructurales que podrían requerir algún tipo de reparación ligera. No se compromete a los usuarios de la edificación, el daño es limitado y los servicios permanecen activos.</p>	<p>Ocupación Inmediata: El sistema sostiene cargas verticales como horizontales prácticamente no ha sufrido cambios. Es posible que haya daños estructurales limitados, pero no son una amenaza. Se requieren reparaciones mínimas por lo que la edificación sigue operando en su capacidad total.</p>
<p>Seguridad de Vida/ Seguridad Estructural: Ocurren daños en la estructura, pero aún está en pie. Representa un peligro para los ocupantes dentro y fuera de la edificación es posible que algunas personas resulten afectadas. La edificación requiere reparaciones importantes por lo que los costos son significativamente altos.</p>	<p>Seguridad de vida: Nivel de desempeño que se espera según las normativas actuales. Presenta daños limitados en las estructuras, fallo de elementos no estructurales, posible fallo de servicios.</p>
<p>Representa un peligro para los ocupantes dentro y fuera de la edificación es posible que algunas personas resulten afectadas. La edificación requiere reparaciones importantes por lo que los costos son significativamente altos.</p>	<p>las estructuras, fallo de elementos no estructurales, posible fallo de servicios. Baja probabilidad de atentar contra la vida.</p>
<p>Prevención al Colapso: Ocurren daños severos a la estructura y a todos los elementos no estructurales. La rigidez se ve comprometida junto con la estabilidad de la estructura. La edificación es totalmente insegura para los ocupantes, la reparación probablemente no es factible técnica ni económicamente.</p>	<p>Estabilidad Estructural: La estructura está a punto de colapsar parcial o totalmente por replicas. Ha habido daños sustanciales por lo que no queda resistencia lateral del edificio solo se mantiene capacidad del sistema resistente a cargas verticales para mantener la estabilidad de la estructura. Existe un alto riesgo para quienes pasan cerca del edificio y se deberá evaluar la reparación o demolición total de la estructura.</p>

Nota. Adaptado de ATC-40 (1996) y SEAOC (1995).

- **Desempeño esperado**

Según el SEAOC (1995), esta respuesta de desempeño esperado depende de las condiciones finales de la edificación, así como el uso de la edificación, importancia, así como el costo necesario para las reparaciones de los elementos que la componen.

Este desempeño también está relacionado con los niveles de amenaza sísmica que se expresan de manera probabilística o determinística. En el enfoque probabilista está determinado por un nivel de los movimientos sísmicos asociados a una probabilidad de ocurrencia, mientras que para un enfoque determinístico con movimiento sísmicos severos para un evento con una magnitud determinada y con una fuente específica.

Propuesta de niveles de amenaza sísmica del ATC-40

Según las normas propuestas por el ATC – 40 (1996) se dividen en 3 niveles de sismo que se detallan como sigue:

Sismo de Servicio (SS); hace referencia a un sismo que no provoca daños significativos ni compromete la seguridad de sus ocupantes. A esta expresión corresponde un movimiento de muy leve a moderada que se produce con frecuencia asociado por lo general con un 50% de posibilidades de excedencia de 50 años, tiene un intervalo de recurrencia de unos 72 años, lo que significa que terremotos de esta magnitud pueden ocurrir varias veces a lo largo de la vida útil de un edificio (ATC-40, 1996).

Sismo de Diseño (SD); hace referencia a una ocurrencia de intensidad de un sismo moderado a un sismo severo, asociado por lo general con un 10% de posibilidades de excedencia de 50 años, con un periodo de retorno cerca a los 475

años. Dada la baja frecuencia de los seísmos, existe la posibilidad de que el edificio experimente al menos un terremoto a lo largo de su vida útil. (ATC-40, 1996)

Sismo Máximo (SM); hace referencia a los movimientos sísmicos que tienen una intensidad severo o muy severo, por lo general con un 5% de posibilidades de excedencia en 50 años, con un periodo de retorno cercano a los 975 años. Esto corresponde tradicionalmente a movimientos según códigos de diseños para edificaciones esenciales en el cual se considera de 1.25 a 1.5 veces el nivel de movimiento correspondiente a un sismo de diseño especificado en las normas, que en su mayoría asignan a edificaciones esenciales por ser sismos de ocurrencia muy rara menos frecuentes. (ATC-40, 1996)

Tabla 20

Niveles de peligro sísmico según ATC-40

Sismo	Periodo de retorno (años)	Probabilidad de excedencia en 50 años
De Servicio (SE)	75	50%
De diseño (DE)	500	10%
Máximo	1000	5%

Nota. Tomado Comentarios a la Norma E-030 de Muñoz Peláez (2020)

El sismo de diseño o sismo raro hace referencia al espectro de diseño de cada país debido a que varía según las características geológicas, geomorfológicas y geométricas de la región y el origen del sismo.

El ATC-40 nos da un criterio básico de desempeño esperado para edificaciones convencionales según la siguiente tabla:

Tabla 21

Nivel de desempeño esperado

Nivel del movimiento del sismo	Nivel de desempeño de la edificación			
	Operacional	Inmediata ocupación	Seguridad de Vida	Estabilidad Estructural
Servicio (SS)				
Diseño (SD)			X	
Máximo (SM)				X

Nota. Criterio de seguridad básico tomado de ATC-40 (1996)

Este criterio es utilizado para edificaciones convencionales en donde se espera respuestas de “Seguridad de vida (3-C) en caso de sismos de diseño y niveles de desempeño de estabilidad estructural (5-E)” para eventos sísmicos máximos.

Niveles de amenaza sísmica según VISION 2000

Según VISION 2000 - SEAOC (1995), es el nivel de movimiento del terreno vinculado a una frecuencia de ocurrencia en años de acuerdo a la zona sísmica, que se define de forma probabilística tenemos los niveles de sismo según la tabla siguiente:

Tabla 22

Niveles de peligro sísmico según VISION 2000

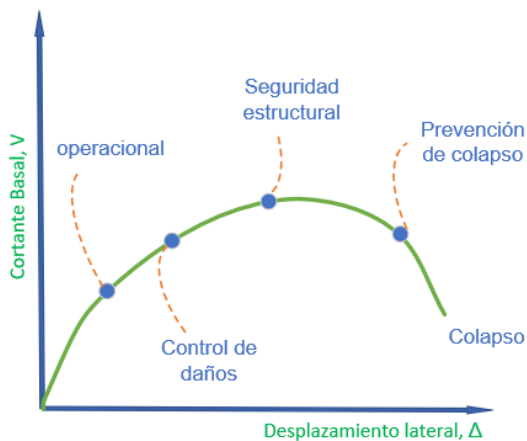
Sismo	Periodo de retorno (años)	Probabilidad de excedencia en 50 años
Sismo frecuente	45	67%
Ocasional	75	50%
Raro	475	10%
Muy Raro	970	5%

Nota. Tomado de Comentarios a la Norma E-030 de Muñoz Peláez (2020)

El resultado se define en rangos para la posibilidad de superar las cuatro normas de rendimiento que se han especificado en la “Propuesta del Comité VISION 2000”.

Figura 34

Niveles de desempeño según SEAOC



Nota. Adaptado de SEAOC (1995).

Tabla 23*Estado de daño según SEAOC*

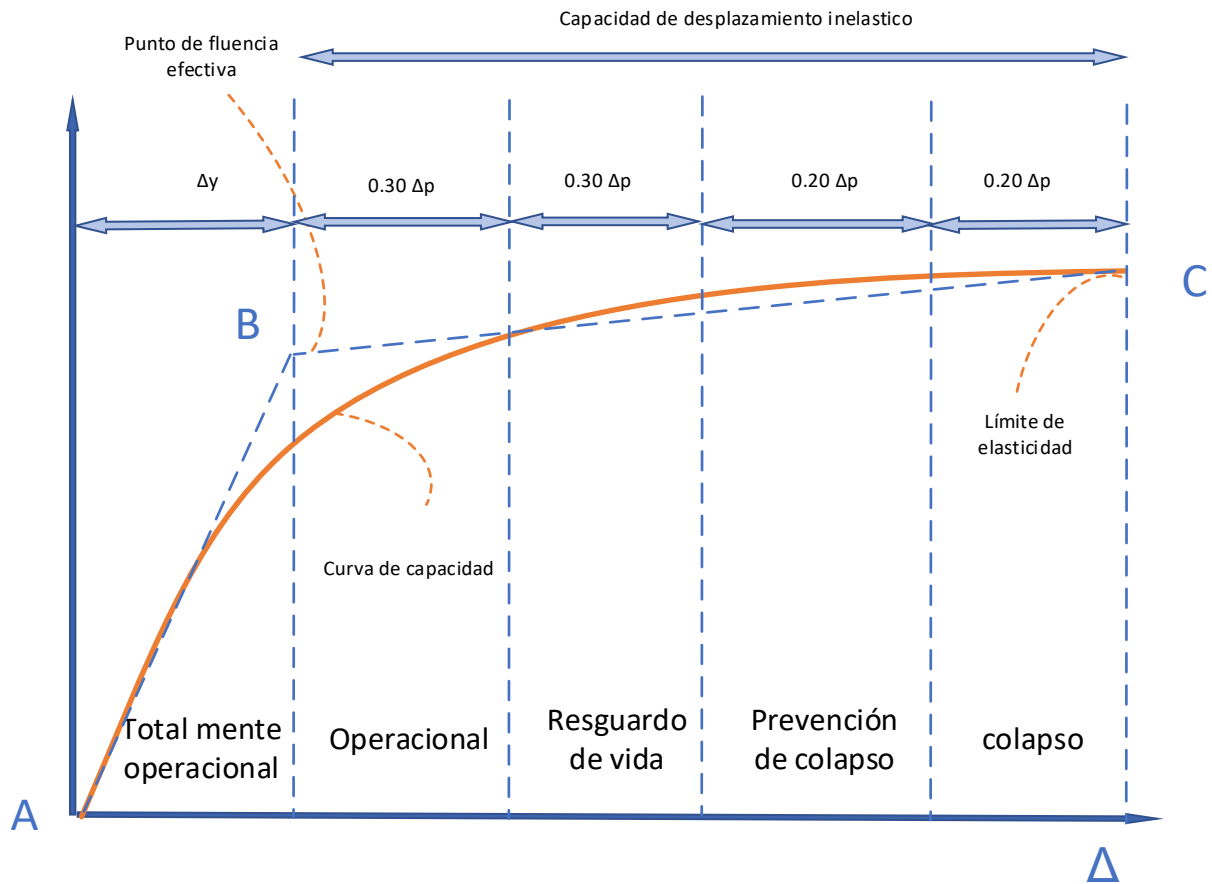
Estado de daño	Nivel de desempeño	Características
Despreciable	Totalmente operacional	<ul style="list-style-type: none"> - Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. - Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
Ligero	Operacional	<ul style="list-style-type: none"> - Daños ligeros. - Las Instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de reparación inmediata.
Moderado	Seguridad Estructural	<ul style="list-style-type: none"> - Daños moderados. - La estructura sufre daños, pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.
Severo	Pre – colapso	<ul style="list-style-type: none"> - Daño estructural severo, próximo a colapsar. - Falla de elementos no estructurales. - Edificación insegura para sus ocupantes.
Completo	Colapso	<ul style="list-style-type: none"> - La estructura ha colapsado.

Nota. Adaptado de SEAOC (1995)

El SEAOC – VISION 2000 Propone un método para dividir la curva de capacidad en sectores utilizando la bilinearización, que se ajusta al principio energético, luego sectoriza los desplazamientos plásticos (A_p) que secciones que van definidas por espacios proporcionales a “ $0.3\Delta_p$, $0.3\Delta_p$, $0.2\Delta_p$, $0.2\Delta_p$ ” que representan a estados de la estructura definidos dentro de; operacional, seguridad de vida, prevención de colapso y colapso. El primer tramo que se encuentra dentro de la zona con desplazamiento elástico (E) y definido como totalmente operacional.

Figura 35

Sectorización de la curva de capacidad según SEAOC



Nota. Adaptado de SEAOC (1995).

SEAOC clasifica los edificios en función de su importancia en 3 categorías distintas:

- Edificación común
- Edificación esencial
- Edificación de seguridad crítica

Tabla 24

Matriz de objetivo para edificaciones según SEAOC

Amenaza sísmica	Objetivo de nivel de desempeño			
	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad de vida	Pre-colapso
Frecuente	Edificación común	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
Ocasional	Edificación esencial	Edificación común	Inaceptable	Inaceptable
Sismo raro	Edificación de seguridad crítica	Edificación esencial	Edificación común	Inaceptable
Muy raro	Edificación de seguridad crítica	Edificación de seguridad crítica	Edificación esencial	Edificación común

Nota. Adaptado de Muñoz Peláez (2020)

1.7.12 Métodos de Reforzamiento Estructural

El reforzamiento de una estructura tiene como objeto incrementar la resistencia y rigidez, se realiza según el estado de la estructura y sus necesidades, por ejemplo: para edificaciones con problemas de piso blando será necesario rigidizar mediante la adición de muros o la colocación de arriostres. (Caceres Perez & Pichihua Alata, 2020)

Los principios fundamentales para reforzar una estructura según Sugano & Endo (1983) citado por Llanos Veliz & Mora Castañeda (2020)

- Incrementar la resistencia
- Incrementar la ductilidad
- Una combinación adecuada de las dos anteriores

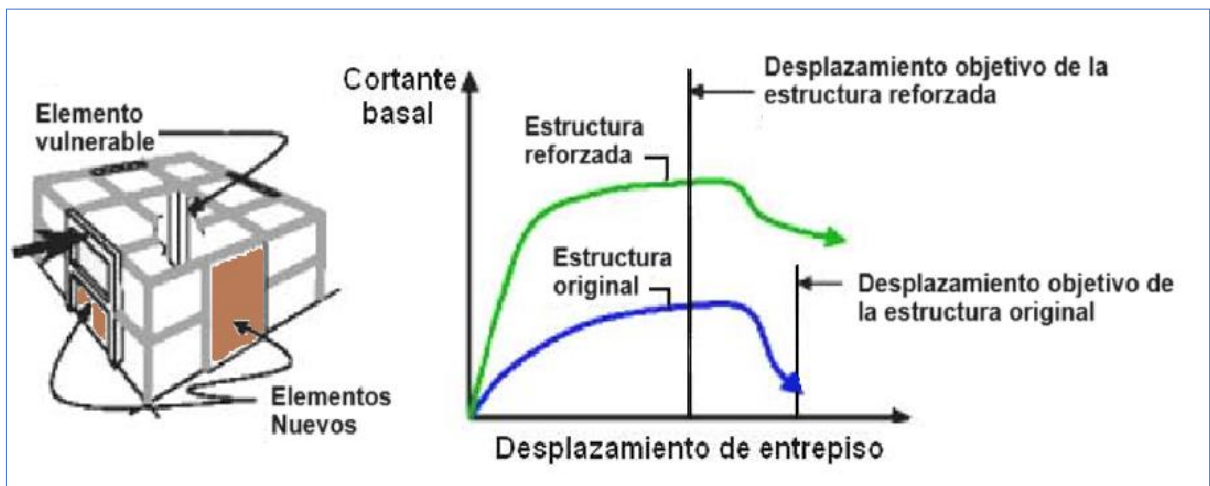
Emma Soto Barraza, en el ámbito del refuerzo estructural, existen dos tipos distintos que pueden utilizarse para una estructura:

1.7.12.1 Reforzamiento a nivel de estructura

Este reforzamiento tiene como objetivo mejorar toda la estructura de la edificación, por lo general se realiza mediante la adición de muros estructurales y contravientos de acero. En este tipo de reforzamiento se busca aumentar la ductilidad del sistema estructural para satisfacer sus estados de limite específicos.

Figura 36

Reforzamiento a nivel de estructura



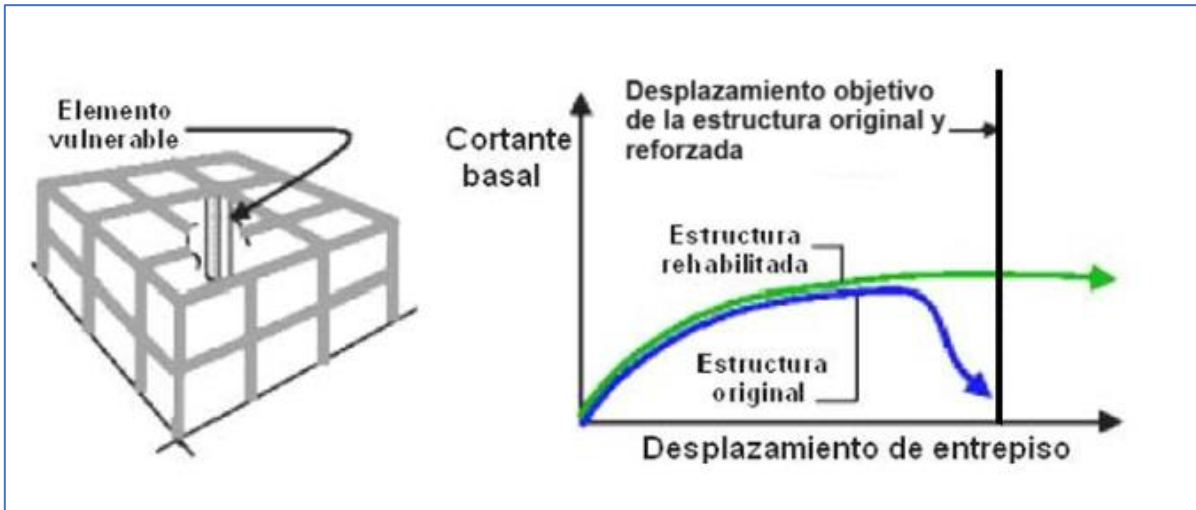
Nota. Tomado de Llanos Veliz & Mora Castañeda (2020)

1.7.12.2 Reforzamiento a nivel de elemento

Es una modificación a nivel de elemento estructural, con el fin de aumentar la resistencia del elemento mediante cizallamiento, compresión, flexión y otros medios. Se incluye métodos como encamisados de concreto, refuerzo con fibras.

Figura 37

Reforzamiento a nivel de elemento estructural



Nota. Tomado de Llanos Veliz & Mora Castañeda (2020)

Entre los reforzamientos utilizados a estructuras existentes tenemos:

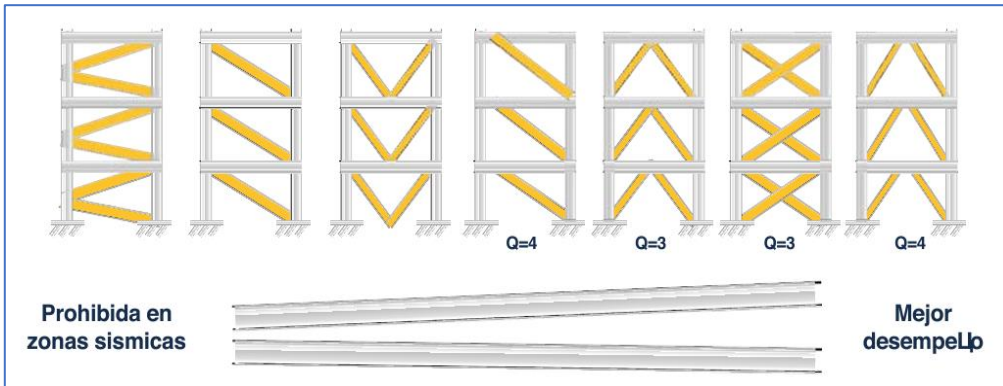
1.7.12.3 Contraventeo de Marcos o pórticos

Componente estructural empleado principalmente para mitigar los desplazamientos laterales resultantes de la actividad sísmica o de las fuerzas del viento. Los edificios de gran altura suelen emplear esta forma de refuerzo para garantizar su estabilidad.

Estos proporcionan rigidez a los marcos por medio de elementos diagonales que se suman a intersecciones de viga y columna o a secciones intermedias de los pórticos, se clasifican por su configuración en diagonal simple, doble y concéntrica ("X", "V", "K", "V" invertida) y por la manera en la que interactúan con la estructura de la edificación; discreta, relativa, continua y dependiente.

Figura 38

Tipos de configuración de contravientos



Nota. Las estructuras están ordenadas según a su desempeño sísmico. Tomado de GERDAU CORSA (2021).

Figura 39

Refuerzo estructural de edificio mediante adición de contravientos.



Nota. Tomado de Pineda (2023).

1.7.12.4 Encamisado en elementos de concreto armado

El método de refuerzo en cuestión es considerado como una solución más sostenible en comparación con la demolición debido a que conserva recursos como el tiempo, costo, componentes, reduciendo así la huella de carbono que deja el sector de la edificación y la construcción (Raza et al., 2019). Esta técnica puede ser utilizada para reforzar elementos que han sufrido deterioro y daños de diversas formas como, ataques de cloruro en zonas de marea, sismos, deterioro del hormigón y estructura, que requieran satisfacer la capacidad de servicio y resistencia máxima según las normas actuales (Sudha et al., 2022). El objetivo de realizar el encamisado de elementos estructurales es incrementar su resistencia y rigidez. Según a la accesibilidad de la ejecución se puede realizar mediante el vaciado de concreto in situ o mediante concreto lanzado.

Figura 40

Columna reforzada mediante encamisado

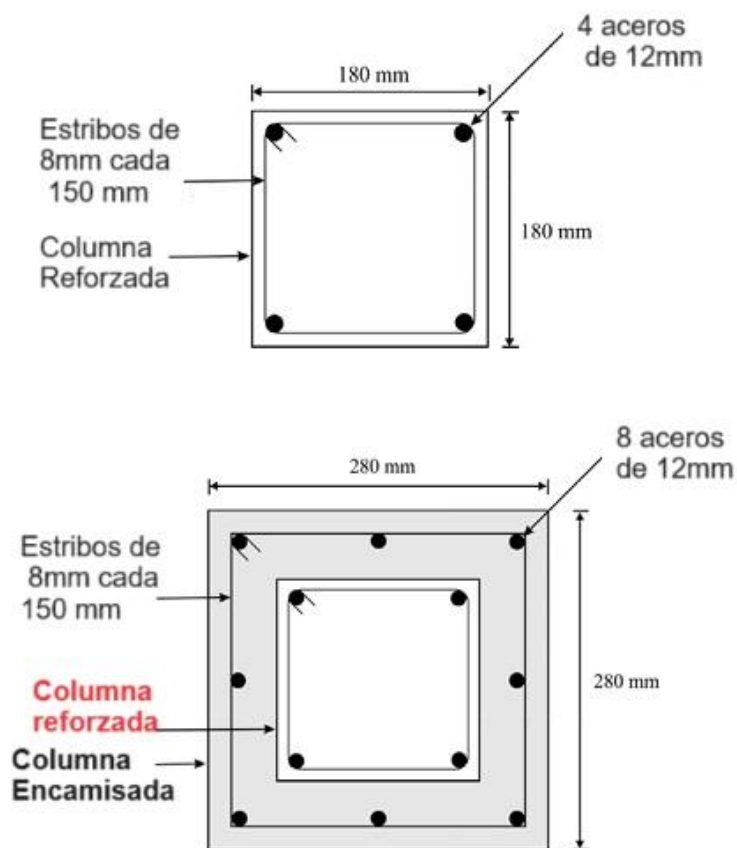


Nota. Tomado de Ospina Molina & Castrillón Arenas (2021)

Como resultado de este tipo de reforzamiento se tiene un acabado arquitectónico favorable ya que este reforzamiento no es visible, sino que aumenta la sección del elemento. Este método ayuda al núcleo de concreto en la absorción y distribución para las cargas que se están aplicando. (Ospina Molina & Castrillón Arenas, 2021)

Figura 41

Detalle de reforzamiento de columna



Nota. Adaptado de Sudha, Aakash K., Kannan Rajkumar, & Jegan (2022).

Guillermo & Silva (2019) recomienda las siguientes consideraciones para realizar el encamisado en columnas.

- A medida de los posible encamisar los cuatro lados.

- Diseñar considerando un comportamiento monolítico.
- Para concreto premezclado el espesor a encamisar debe ser de 10 cm y para concreto preparada in situ un espesor de 4cm.
- La resistencia del nuevo concreto debe ser mayor por 50 kg/cm².

En el caso de encamisado de vigas estas se refuerzan con el objetivo de aumentar su capacidad a flexión y cortante.

Según el ACI 369.1-22 (2023), si se desea solamente aumentar la resistencia del elemento para una flexión positiva se debe encamisar la cara inferior de la viga, cuando se encamisaran tres o cuatro caras de la viga esto proporciona un incremento tanto en los momentos positivos como negativos del elemento, también se incrementa la resistencia al esfuerzo cortante, este refuerzo adicional con encamisado debe ser continuo en toda la extensión del elemento que considere un nudo fuerte en el punto de unión viga-columna.

Figura 42

Reforzamiento de viga con concreto



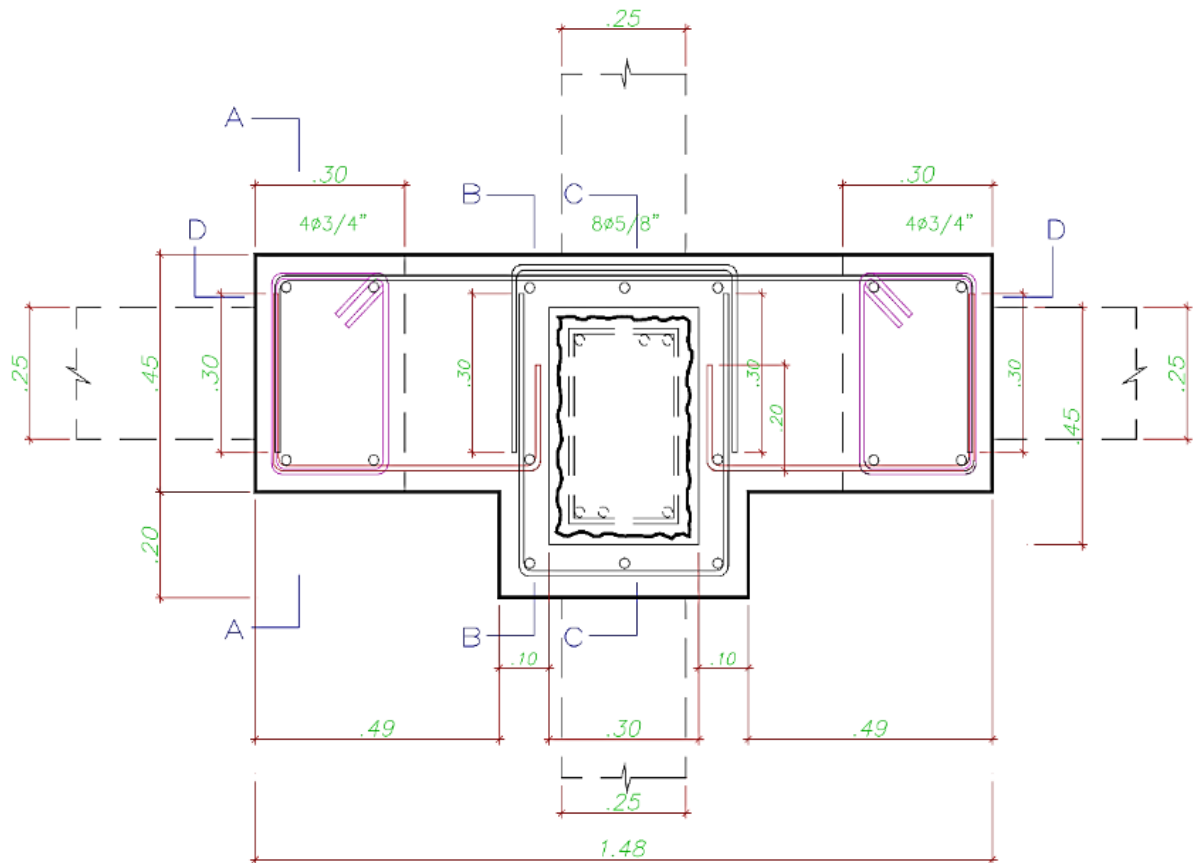
Nota. Tomado de Ospina Molina & Castrillón Arenas (2021).

1.7.12.5 Adición de muros laterales a columnas existentes

Esta técnica se utiliza para lograr un mayor nivel de la resistencia lateral de las columnas, mediante la adición de muros laterales o alas mediante procesos constructivos similares al encamisado de elementos estructurales.

Figura 43

Adición de muros laterales o alas a columnas existentes



Nota. Tomado de diapositivas de Reforzamiento Estructural de Moscoso Alcántara (2021).

Figura 44

Adición de muro lateral a columna existente



Nota. Tomado de SIKA (2017).

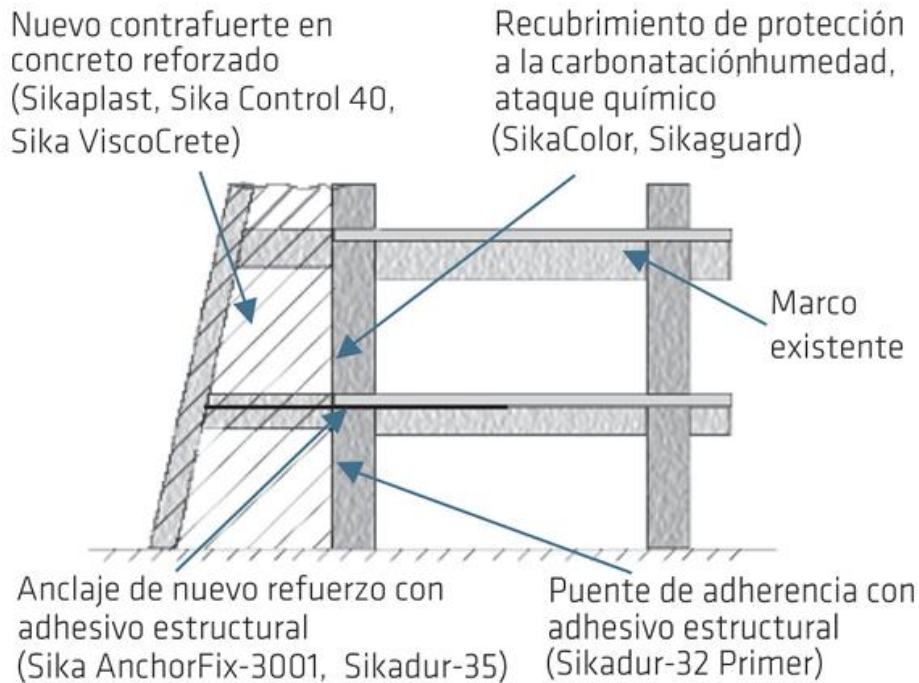
1.7.12.6 Contrafuertes

El contrafuerte llamado también estribo o botarel son elementos que, si bien en la antigüedad fueron considerados como elemento arquitectónico prismáticos ornamentales para crear un efecto visual de altura en las edificaciones, si bien este tipo de reforzamiento no afecta el espacio interior de la edificación se requiere utilizar el espacio libre que se encuentra fuera de esta.

La adición de estos elementos como reforzamiento tiene como finalidad incrementar la resistencia lateral ya que están diseñados para transmitir las cargas transversales directamente a los cimientos lo que garantiza que la estructura se comporte como un solo bloque.

Figura 45

Contrafuerte de concreto en estructura existente



Nota. Tomado de SIKA (2017).

1.7.12.7 Adición de Placas

Los refuerzos de este tipo se diseñan para que la estructura se comporte de forma dúctil cuando se somete a tensiones sísmicas. Esto se hace para garantizar que la estructura no se rompa de manera quebradiza cuando se somete a presiones de cizallamiento. Según el ACI 318 (2014) el muro cortante debe construirse de forma que pueda soportar las fuerzas cortantes, los momentos flectores y las fuerzas axiales que provocan los sismos.

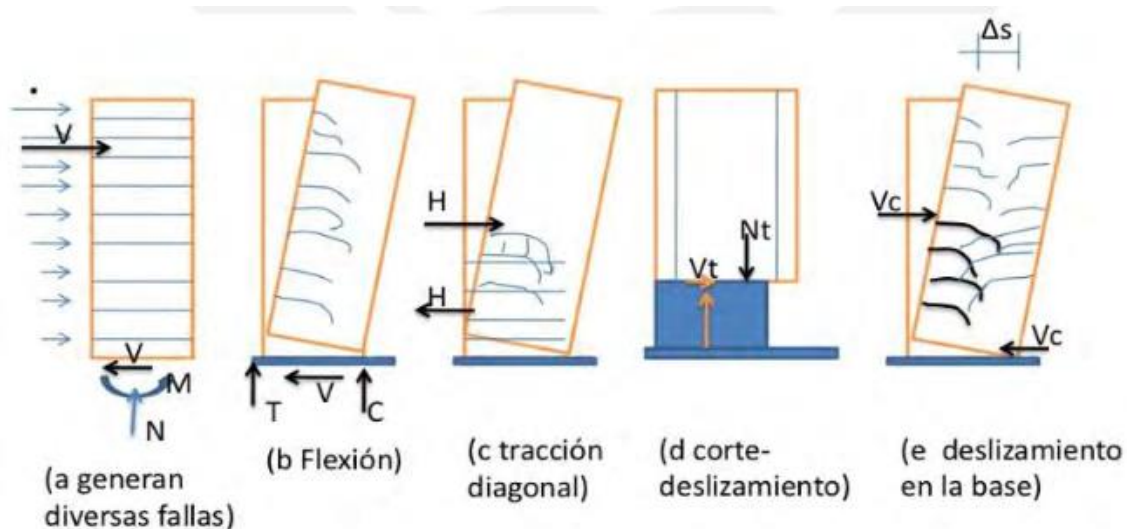
Es posible que los muros presenten respuestas tanto dúctiles como frágiles. Por otro lado, se supone que la flexión es algo que puede regular el fallo. Como consecuencia de que la rótula plástica se produce en la base, los flujos de acero

longitudinales disipan la energía que provoca la deformación plástica de los aceros longitudinales. Debido a esto, el confinamiento de los bordes es un componente esencial en la generación de ductilidad (Park & Paulay, 1983).

Frente a un sismo estos muros presentan un comportamiento que está directamente relacionado a la ubicación, diseño y esbeltez presentando diferentes tipos de fallas.

Figura 46

Tipos de fallas en muros o placas



Nota. Tomado de Villafuerte Olazábal & Arellano Herrera (2021).

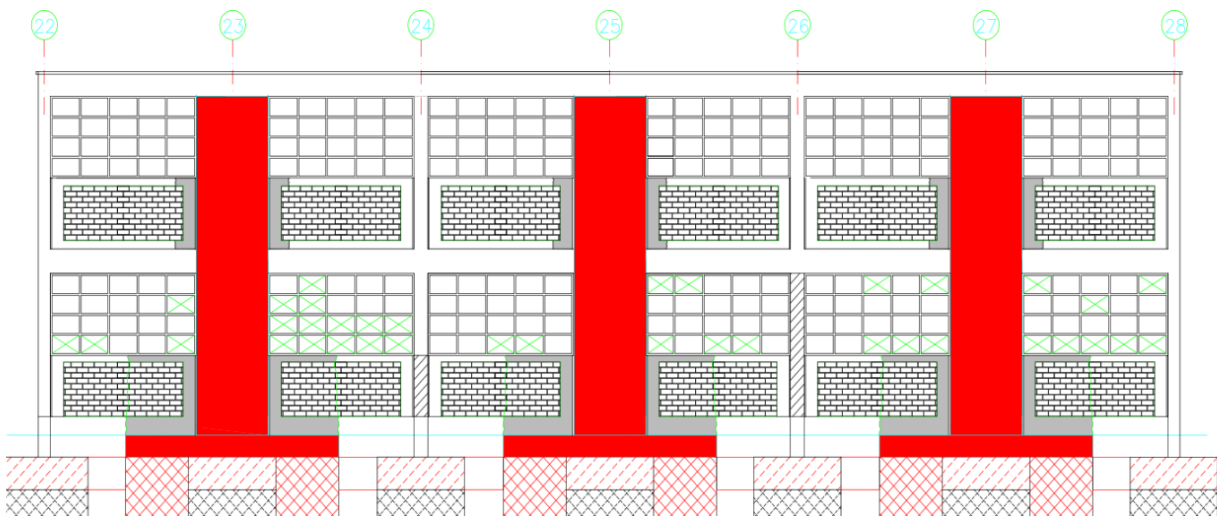
Estos muros se clasifican por su geometría como mencionan Villafuerte Olazábal & Arellano Herrera (2021):

- Muros Cortos o bajos: Los efectos de cizallamiento predominantes en este tipo de muros hacen que presenten un comportamiento de rotura frágil y una elevada rigidez a las cargas laterales. Estas características son el resultado de la composición del muro. La relación entre la altura y la longitud es $hw/lv \leq 2$.

- Muros Esbeltos: se distinguen por fallar a flexión por tratarse de muros dúctiles y, al ser delgados, cumplen la función de una viga en voladizo. La relación de la altura y longitud es superior a dos metros. Se recomienda confinar la armadura longitudinal mediante pilares en los extremos para evitar que el hormigón se pandee o aplaste en los extremos.

Figura 47

Reforzamiento mediante adición de placas



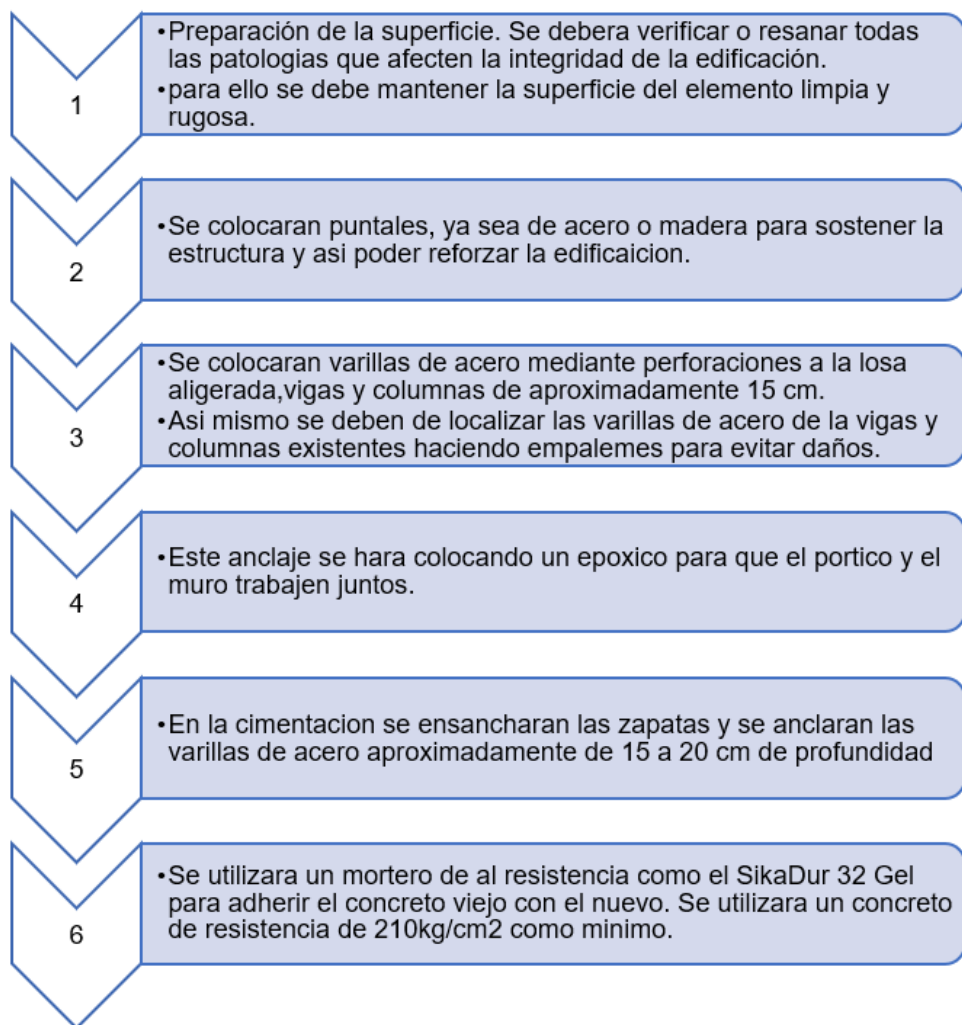
Nota. Tomado de Diapositivas de Reforzamiento Estructural de Moscoso Alcántara (2021).

1.7.12.7.1 Proceso Constructivo

A continuación, presentamos el proceso constructivo para la adición de placas o muros de corte.

Figura 48

Proceso Constructivo de adición de placas



Nota. Adaptado de Villafuerte Olazábal & Arellano Herrera (2021).

1.7.13 Sistemas de protección sísmica moderna

En los últimos años se realizaron investigaciones que lograron desarrollar sistemas de protección sísmica útiles y novedosos para proteger edificaciones frente a la ocurrencia de sismos.

Según Carranza (2015) citado por Ospina Molina & Castrillón Arenas (2021), señala que el sismo es el responsable de la transmisión de energía a la estructura, durante la cual la energía se transforma en “energía de deformación elástica y energía que se disipa”. La energía cinética y la energía no disipada o recuperable son los componentes que forman la energía elástica. En cambio, la energía de amortiguación y la energía histórica son los componentes de la energía disipada.

La utilización de una estructura suplementaria para absorber la energía que no se ha conseguido disipar incrementa la respuesta estructural durante los eventos sísmicos (Ospina Molina & Castrillón Arenas, 2021).

Existen dos clases de disipadores: los aisladores de base, diseñados para nuevas construcciones como “sistema de protección sísmica y los disipadores de energía” que se utilizan en construcciones nuevas como en edificaciones ya existentes como sistema de protección sísmica.

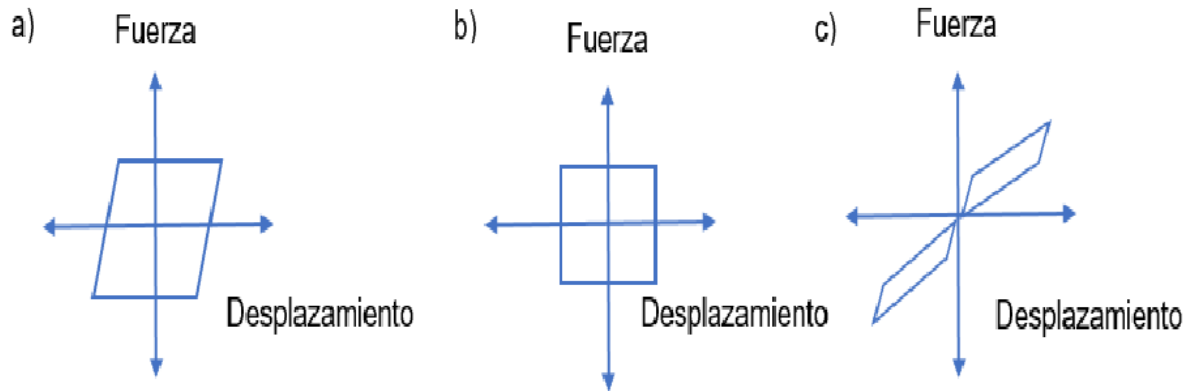
Tenemos tres tipos de dispositivos pasivos de disipación de energía: dependientes del desplazamiento, de la velocidad y de ambos.

1.7.13.1 Disipadores activados por desplazamientos

Son aquellos dispositivos que se activan por desplazamientos en los extremos del dispositivo durante un sismo. Mediante el proceso de deformación plástica de sus partes constituyentes, estos dispositivos son capaces de liberar energía. En esta categoría se encuentran los disipadores metálicos, disipadores friccionales y disipadores autocentrantes.

Figura 49

Ciclo fuerza - deformación disipadores



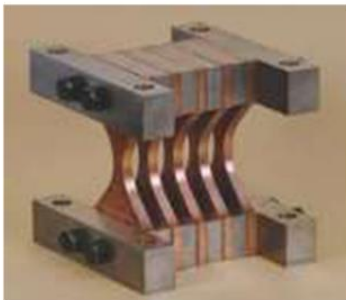
Nota. Tomado de Valencia Falcón (2022). Disipadores activados por desplazamiento

A. Metálico, B. Friccional y C. Autocentrante.

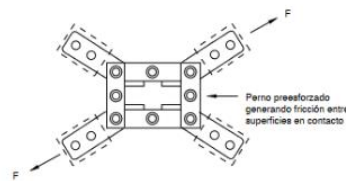
Figura 50

Disipadores Activados por desplazamientos

DISIPADORES ACTIVADOS POR DESPLAZAMIENTOS



Disipadores Metálicos



Disipadores Friccionales



Disipadores Autocentrantes

Nota. Adaptado de Valencia Falcón (2022)

1.7.13.2 Disipadores activados por velocidad

Los dispositivos actúan en caso de sismo debido a su velocidad en relación con los extremos. Para mantener el mismo periodo de la estructura, estos dispositivos proporcionan amortiguación sin provocar cambios en una estructura rígida.

En esta categoría están los disipadores fluido viscosos y muros viscosos.

Figura 51

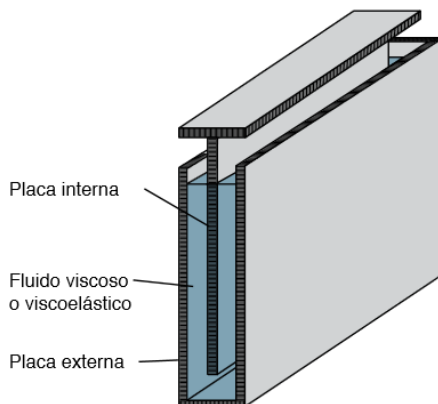
Disipador Fluido Viscoso



Nota. Tomado de Ospina Molina & Castrillón Arenas (2021).

Figura 52

Disipador muro viscoso



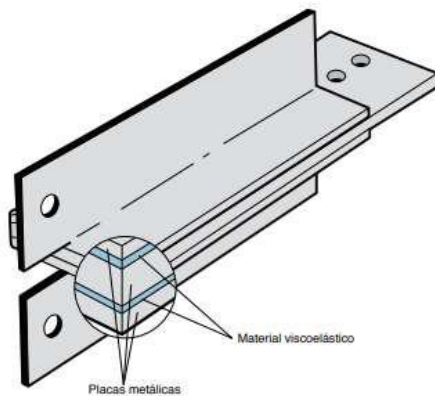
Nota. Tomado de Valencia Falcón (2022).

1.7.13.3 Disipadores dependientes de la velocidad y desplazamiento

Disipadores que se activan por la combinación de la velocidad en los extremos del dispositivo y los desplazamientos que ocurren durante un sismo. Estos dispositivos añaden amortiguamiento y rigidez a la estructura.

Figura 53

Disipador sólido viscoelástico



Nota. Tomado de Valencia Falcón (2022)

1.8 Definición de Términos Básicos

- Evaluación:

Es el proceso mediante el que se estudia de manera superficial o detallada una estructura. Comprende varias etapas que van desde una evaluación preliminar, inspección ocular, evaluación mediante metodologías cualitativas y cuantitativas hasta una evaluación integral de la seguridad estructural todas estas dependen de la anterior para continuar con el proceso de evaluación.

La evaluación sísmica estructural realizada a una edificación tiene como finalidad principal determinar el grado de rendimiento potencial de una construcción,

el tipo de materiales que lo componen, la presencia de daños si los tuviera y tipo de sistema estructural del mismo.

- **Estructura:**

Son elementos estructurales interconectados que trabajan juntos para soportar cargas y resistir fuerzas con el objetivo de mantener la forma y estabilidad del edificio. Entre los elementos estructurales que componen una edificación tenemos: losas, vigas, columnas, muros de carga, etc.

Es necesario que las estructuras sean capaces de soportar pesos, proteger secciones sensibles, mantener su forma y ser a la vez poco pesadas y resistentes. Para ser considerada estable, fuerte y rígida, cualquier construcción debe cumplir estos requisitos (Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, 2021)

- **Rehabilitación:**

La rehabilitación estructural es un proceso por medio del cual se encarga de mitigar afecciones en la estructura de la edificación tales como fisuras, grietas, deformaciones, desprendimientos, erosiones, madera seca, etc.

Estos cambios en la estructura son tratados para que la estructura cumpla de forma funcional, estructural, social y económicamente para los fines que fue diseñado, es decir es un proceso para reparar, reforzar, restituir o alterar una estructura y llevarlas a sus condiciones óptimas, una vez que se eliminan estas afecciones, la estructura se considera rehabilitada.

- **Reparación:**

Se denomina reparación al proceso de reemplazar o corregir los elementos que componen la edificación, elementos estructurales como no estructurales con la finalidad de restablecer las condiciones iniciales de la edificación.

Los elementos que son reparados no recuperan al 100% su rigidez original, por lo que se recomienda realizar un reforzamiento estructural cuando se presentan daños en más del 25% de los elementos que componen la estructura. (Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Chile, 2018)

- **Reforzamiento**

El termino reforzamiento se refiere a la acción y consecuencia de reforzar (fortificar, vigorizar, compensar, o subsanar algo) para brindar resistencia o solidez.

En términos estructurales se refiere a un conjunto de actividades para mejorar, modificar o remodelar el sistema de estructura de una edificación para incrementar la resistencia y rigidez de una edificación, todos estos trabajos se llevan a cabo en estructuras que sufrieron daños estructurales, error de diseño, error en mano de obra, remodelaciones o ampliaciones que modifiquen la geometría, también si los materiales han sufrido degradación o disminuido su resistencia con el tiempo.

Su finalidad es mejorar la capacidad de carga y la capacidad de servicio de la estructura, por lo que se lleva a cabo cuando la reparación o restauración es insuficiente. Además, se lleva a cabo de acuerdo con el diseño de la estructura. (Chiuyari Veramende & Olivas Inocente, 2018).

- **Factor de Zona Sísmica:**

Además de tener un factor de zona sísmica, Perú está separado geográficamente en cuatro zonas sísmicas (Z), esta zonificación está basada en la

sismicidad que se ha observado debido a los sismos ocurridos, las características de los sismos y la atenuación con la distancia epicentral así mismo también se considera información geotécnica.

El factor Z es la aceleración horizontal máxima en un suelo rígido que tiene una probabilidad (%) de ser superada. Se utiliza para indicar la aceleración horizontal máxima en función del tiempo (años) (Reglamento Nacional de Edificaciones - NTP E-030, 2018).

Índice de configuración estructural

Es el factor que mide los efectos de las deformaciones estructurales, así como la asignación de masa y rigidez en respuesta a la sismicidad (O.P.S, 2004).

- **Índice de deterioro:**

Es un factor que mide las consecuencias del envejecimiento de una edificación según a los eventos sísmicos ocurridos y demás incidentes a lo largo del tiempo de vida del edificio. Para calcular este índice se requieren datos de la inspección visual in situ y otros datos que deberán ser brindados por el propietario (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

- **Índice de vulnerabilidad sísmica (Is)**

Conocido también como índice de resistencia sísmica, este índice brinda la resistencia de la estructura tomando en cuenta el índice sísmico básico. La disposición estructural del edificio y el ritmo de deterioro (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

- **Índice de juicio estructural (Iso)**

Llamado también índice de resistencia de demanda, hace referencia a los índices de resistencia C y ductilidad (F); que condicionan el comportamiento estructural de una edificación ante un sismo (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

Capacidad

La capacidad sísmica de la estructura de una edificación se refiere a la capacidad global de la misma para resistir la demanda de un sismo, definida por la contribución de todos sus elementos estructurales.

Demanda

La demanda tiene que ver directamente con la acción sísmica frecuente dentro de la zona de investigación designada adyacente a la ubicación del edificio.

El desplazamiento de la demanda se refiere a la respuesta máxima estimada prevista del edificio cuando se ve sometido a un movimiento del terreno. Se realiza en el marco del análisis estructural y del terreno.

CAPÍTULO II

HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de Objetivos

2.1.1 Objetivo General

Realizar la evaluación sísmica para la propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores

2.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar el método Hiroswawa en la evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa.
- Realizar el análisis estático no lineal Pushover en la evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa.
- Realizar el diseño de reforzamiento con placas de concreto armado y encamisado de columnas para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis General

La evaluación sísmica determina el grado de vulnerabilidad y propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores.

2.2.2 Hipótesis Especificas

- El Método Hirosawa determina un comportamiento sísmico vulnerable con un índice de resistencia menor al índice de demanda en la estructura de la Institución Educativa.
- El análisis estático no lineal Pushover determina que el nivel de desempeño para un sismo raro es de seguridad de vida de la estructura de la Institución Educativa.
- Las placas de concreto armado y encamisado de columnas proporcionan un desempeño sísmico operacional en la estructura de la Institución Educativa.

2.3 Definición de Variables

2.3.1 Definición conceptual

La variable independiente de la presente investigación es la evaluación sísmica y la variable dependiente es el reforzamiento estructural que se definen conceptualmente como sigue:

Tabla 25

Definición conceptual de variables

Variables	Definición Operacional
VI: Evaluación Sísmica	Evaluación detallada a la edificación en estudio que comprende una inspección visual, evaluación de la vulnerabilidad mediante un método cualitativo (Hirosawa) y evaluación sísmica mediante un método cuantitativo (Pushover) que permitirá conocer el estado actual de la edificación.
VD: Reforzamiento Estructural	El reforzamiento estructural mediante la adición de placas de concreto permite que la edificación tenga un comportamiento dúctil frente a las solicitaciones sísmicas para lograr de esta manera que no se presenten fallas frágiles ante fuerzas de corte y estas se controlen por flexión

Nota. Elaborado por los autores (2023)

2.3.1 Definición Operacional

La variable independiente de la presente investigación es la evaluación sísmica y la variable dependiente es el reforzamiento estructural que se definen operacionalmente como sigue:

Tabla 26

Definición operacional de las variables

Variables	Definición Operacional
VI: Evaluación Sísmica	Resultados de la evaluación mediante el método cualitativo (Hirosawa) y resultados de la evaluación mediante el método cuantitativo (AENL - Pushover)
VD: Reforzamiento Estructural	Resultados del diseño de reforzamiento mediante placas de concreto.

Nota. Elaborado por los autores

2.3.1 Operacionalización de las variables

Las variables de este estudio se operacionalizan del siguiente modo.

Tabla 27

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicador
Variable Independiente		
VI: EVALUACIÓN SISMICA	Método Hirosawa	Índice de configuración estructural
	Análisis Estático lineal Pushover	Índice de juicio estructural Espectro de capacidad Espectro de Demanda Nivel de desempeño
Variable Dependiente		
VD: Reforzamiento Estructural	Placas de concreto armado	Factor de zona Perfil de suelo Parámetros de sitio Factor de Uso Elementos de borde Dimensiones de la placa Cuantía de acero Verificación por corte Verificación axial Verificación por flexión
	Encamisado de Columnas	Verificación por AENL Pushover Espesor de encamisado Cuantía de acero Resistencia del concreto Verificación mediante AENL Pushover

Nota. Elaboración los autores (2023)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño Metodológico

3.1.1 Enfoque de la Investigación

Según Hernández Sampieri (2014), las investigaciones pueden tener enfoques cuantitativo, cualitativo o mixto.

La presente investigación tiene un enfoque mixto, debido a que se analizaron los datos obtenidos en la zona de estudio de forma presencial como son la inspección visual, extracción de muestras de suelo, ensayos de esclerometría y demás para luego ser evaluadas mediante mediciones numéricas establecidas que nos permitirán conocer el estado actual de la edificación para así probar las hipótesis de la investigación

3.1.2 Tipo de Investigación

Hernández Sampieri (2014) destaca la necesidad de que el estudio cumpla dos objetivos principales: el primero es generar información y teorías (investigación básica), mientras que el segundo es encontrar soluciones a los problemas (investigación aplicada) en ambos casos una buena investigación implica la búsqueda de conocimiento o soluciones manteniendo la objetividad.

Así mismo, se considera de tipo aplicada porque el objetivo es optimizar el desempeño estructural de la edificación, mediante propuestas ingenieriles como son la adición de placas de concreto. Para ello se evalúa la edificación mediante metodologías internacionales como el “Método Hirosawa y el Análisis Estático No Lineal Pushover”.

3.1.3 Nivel de la Investigación

El nivel de desarrollo de un estudio puede ser Exploratorio (Cualitativo), Descriptivo (Cuantitativo) o explicativo (cuantitativo) (Vara Horna, 2018).

Es de nivel explicativo debido a que analiza la edificación en su estado real mediante la toma de muestras en campo y se hacen simulaciones para medir su comportamiento frente a solicitaciones sísmicas. Se evalúan los orígenes que llevan a determinar la falla de la estructura y se proponen soluciones para mejorar su desempeño. Cabe indicar que existe bibliografía e investigaciones como información previa que nos ayudaran a analizar el desempeño de la estructura.

Figura 54

Criteria elegidos para el diseño de la investigación.



Nota. Realizado por los autores (2023).

3.1.4 Diseño de la Investigación

Según Hernández Sampieri (2014) en el estudio mixto pueden utilizarse tanto métodos experimentales como no experimentales. Es no experimental porque está

basada en la observación e inspección de la edificación, toma de muestras in situ, para posteriormente procesar dichos datos mediante cálculos numéricos que nos permitirán el estado actual de la edificación. Tomando en consideración dichos resultados se propone un reforzamiento que mejora el desempeño de la edificación.

3.2 Población y Muestra

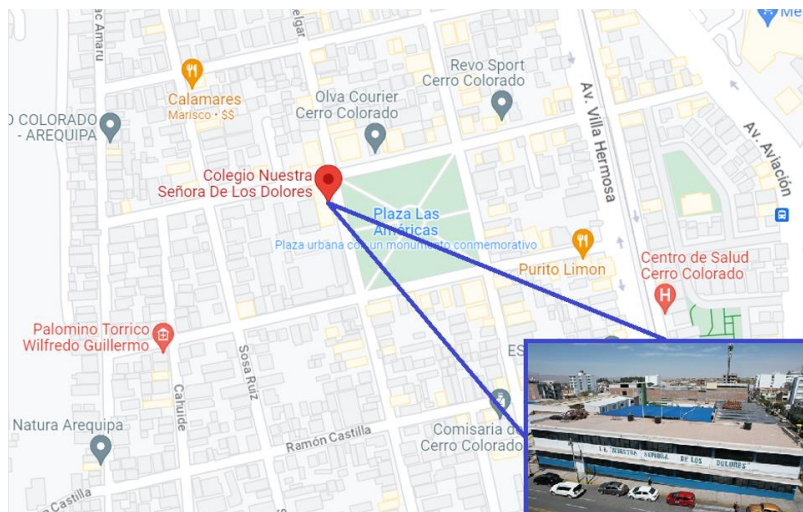
3.2.1 Población

Son tres los sectores que conforman la infraestructura educativa de la Institución, la cual se encuentra ubicada en la provincia de Arequipa dentro del distrito de Cerro Colorado. La población se relaciona con estos tres sectores.

La infraestructura educativa está compuesta por tres bloques con una antigüedad de construcción de 65,59 y 4 años respectivamente. Siendo los bloques 1 y 2 donde se encuentran las aulas, laboratorios y zona administrativa mientras que en el bloque 3 se ubica el atrio del colegio y psicología.

Figura 55

Mapa de Ubicación de la Institución Educativa



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 56

Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores (Vista aérea)



Nota. Realizado por los autores (2023).

3.2.2 Muestra

La población descrita, de acuerdo a la zonificación sísmica del Perú, según la Norma Técnica E-030 corresponde a la zona 3. Por encontrarse en esta zona tiene un factor de máxima aceleración de $Z=0.35$.

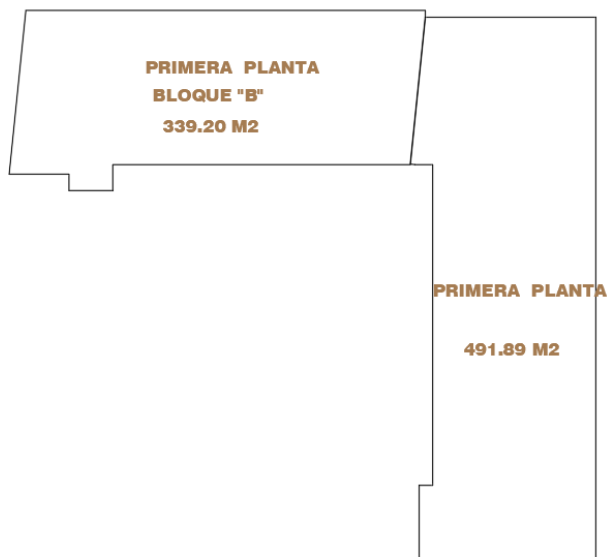
Se considera como muestra los bloques 1 y 2, considerando su año de construcción y uso en la actualidad.

Los bloques que componen la muestra tienen la siguiente área:

- Bloque 1: 491.89 m²
- Bloque 2: 339.20 m²

Figura 57

Bloques en estudio de la Institución Educativa



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 58

Fachada del bloque 1



Nota. Realizado propia de los autores (2023).

Figura 59

Fachada del Bloque 2



Nota. Elaborado propio de los autores (2023).

Los bloques 1 y 2 en estudio constan de 2 niveles de piso respectivamente. El bloque 2 posee una antigüedad de 65 años y el bloque 1 una antigüedad de 59 años, aproximadamente.

El bloque 1 tiene un área de 491.89 m², de dos niveles y cuenta con 8 ambientes en total.

El bloque 2 tiene un área de 339.20 m², de dos niveles y cuenta con 6 salones de clases.

Figura 60

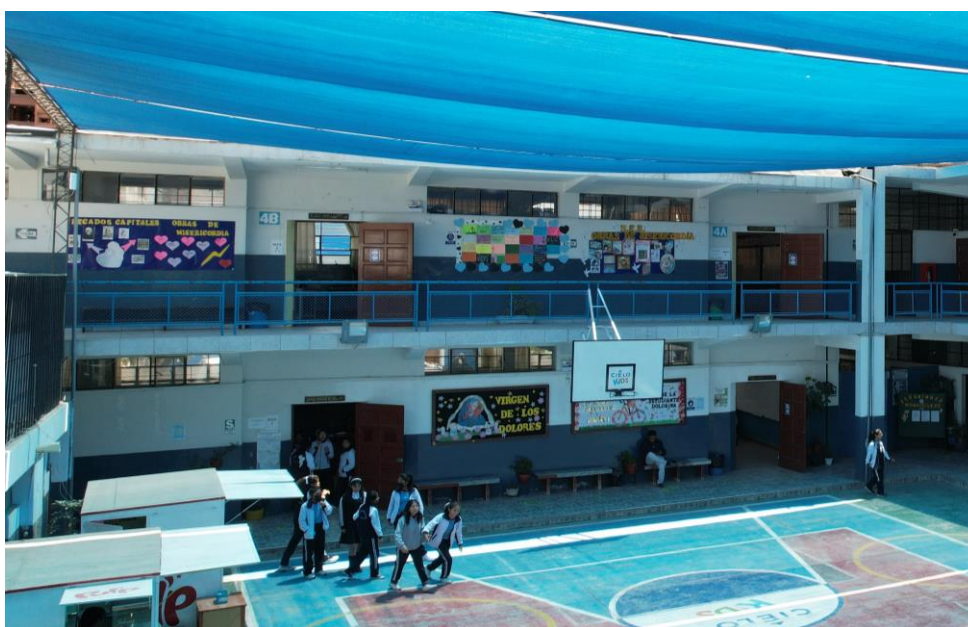
Fachada Interior del Bloque 1



Nota. Elaborado por los autores (2023).

Figura 61

Fachada Interior - Bloque 2



Nota. Elaborado por los autores (2023).

El bloque 1 está constituido por los siguientes ambientes:

Tabla 28

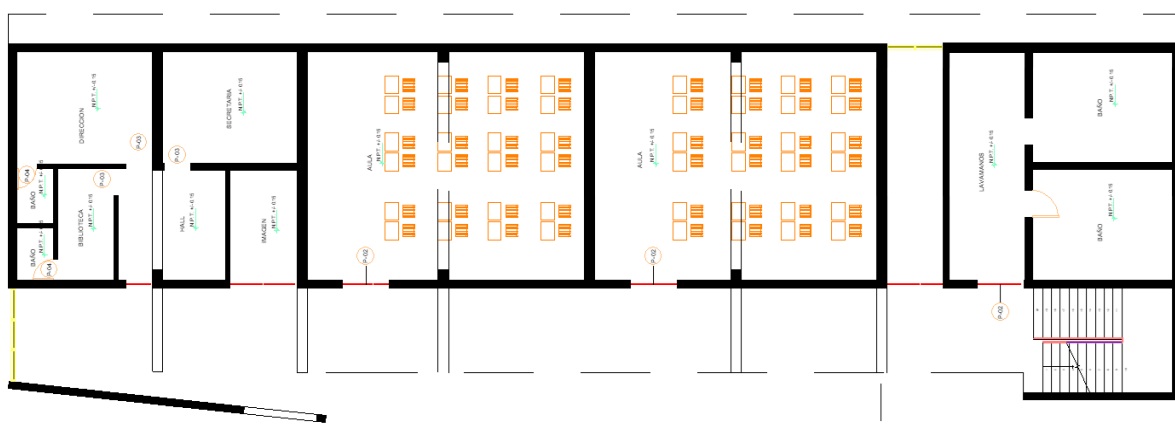
Distribución del Bloque 1

En el primer nivel	En el segundo nivel
Dirección y secretaria	Sala de docentes
Capilla	Sala de computo
Salón de clases 1	Salón de clases 3
Salón de clases 2	Salón de clases 4
Servicios Higiénicos	Laboratorio

Nota. Elaborado propio de los autores (2023).

Figura 62

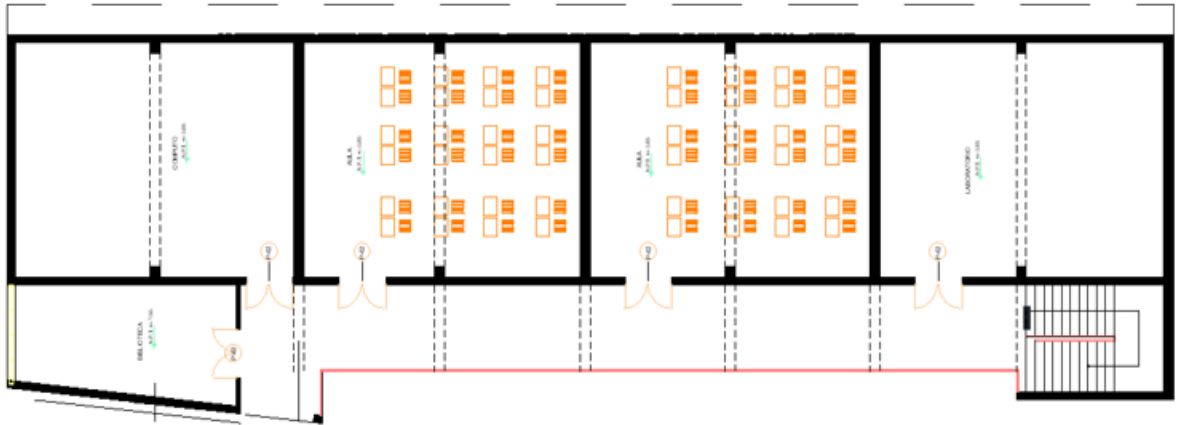
Plano planta del Bloque 1 - Primer Nivel



Nota. Elaborado propio de los autores (2023).

Figura 63

Plano planta del Bloque 1 – segundo nivel.



Nota. Elaborado propio de los autores (2023).

El bloque 2 está constituido por los siguientes ambientes:

Tabla 29

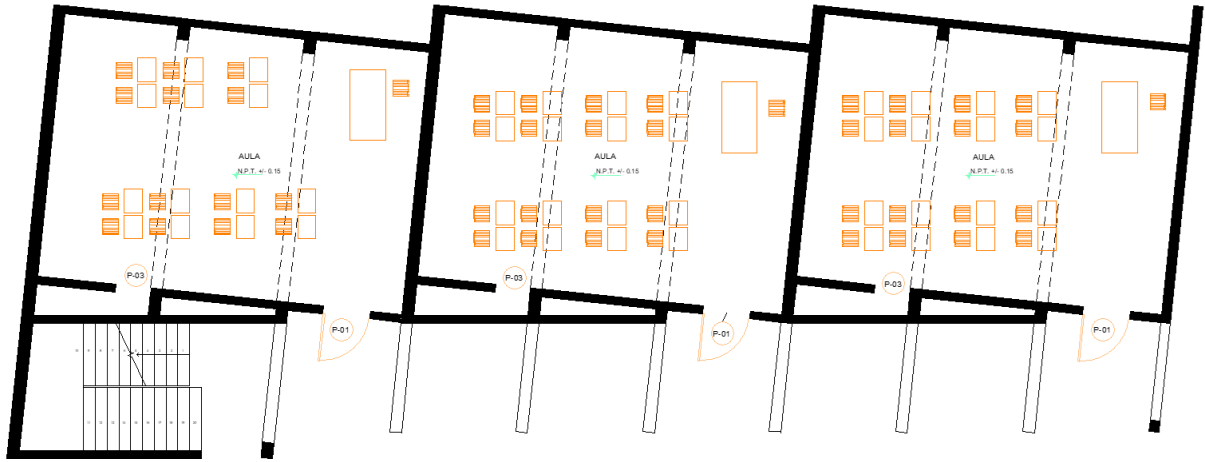
Distribución del Bloque 2

En el primer nivel	En el segundo nivel
Salón de clases 01	Salón de clases 04
Salón de clases 02	Salón de clases 05
Salón de clases 03	Salón de clases 060

Nota. Elaborado propio de los autores (2023).

Figura 64

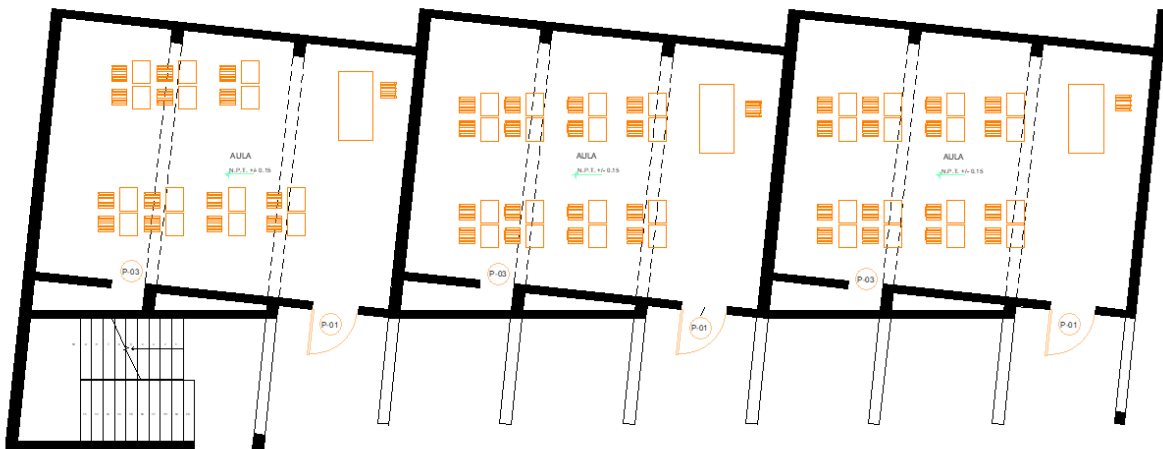
Plano en planta del Bloque 2 - Segundo Nivel



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 65

Plano en planta del Bloque 2 - Primer Nivel



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 66

Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores



Nota. Realizado por los autores (2023).

Los bloques 1 y 2 se encuentran distanciados con una junta sísmica de 5 cm. Cada bloque hay 4 y 6 salones de clase respectivamente que albergan alrededor de 30 alumnos por salón. El sistema estructural de ambas edificaciones Bloque 1 y Bloque 2 es aporticado en X-X y Y-Y. Las columnas, vigas, escaleras y losas en cada bloque están conservados. Los muros están contruidos con ladrillo macizo artesanal.

Figura 67

Interior de salones Bloque 1 – Piso 2



Nota. Elaboración propia (2023).

Figura 68

Interior de Salones Bloque 2



Nota. Realizado por los autores (2023).

3.3 Instrumentos

3.3.1 Recolección de datos

Se empleó la técnica de la observación de la estructura y se utilizó instrumentos para la recopilación de datos como flexómetro, cámara fotográfica, equipos de protección personal, libreta de apuntes además de instrumentos que se emplearon para el ensayo de esclerometría, drone para

las vistas aéreas, estudio de suelos y escaneo de los elementos estructurales como:

Tabla 30

Instrumentos utilizados

Detector de materiales, para determinar en los elementos estructurales una zona libre de aceros.



Detector de materiales marca BOSCH GMS 120 Professional

2. Amoladora circular con disco de corte para concreto, se utilizó para delimitar el área de donde se retirará el tarrajeo del elemento estructural a evaluar.



Amoladora de corte marca CROWN CT3022

Nota. Elaboración propia (2023)

Tabla 31

Instrumentos utilizados

Combo y cincel, para retirar el tarrajeo del elemento estructural a evaluar.



Combo y cincel

4. Esclerómetro análogo, usado para la toma de rebotes, de marca Hebei modelo N con número de serie SN568.



Esclerómetro análogo HEBEI N SN568.

Nota. Elaborado propia de los autores (2023)

Tabla 32

Instrumentos utilizados

5. Piedra pómez, utilizado para uniformizar y limpiar la zona de ensayo.



Piedra pómez

6. Escáner para aceros de refuerzo



Detector de materiales BOSCH
DTECT 200C SCANNER

Nota. Realizado por los autores (2023)

Tabla 33

Instrumentos utilizados

7. Medidor Laser



Medidor Laser BOSCH GLM 150-27C

Nota. Elaboración propia (2023).

Además de:

- Pico, pala y barreta, para la apertura de calicata
- Conos de seguridad para delimitar el área donde se apertura la calicata
- Instrumentos de laboratorio para los ensayos de suelo.

3.3.2 Procesamiento de datos

Se realizó la revisión documentaria de los métodos Hirosawa y Análisis Estático no Lineal Pushover, según sus normas como son ATC-40 y VISION 2000. Para el ensayo de esclerometría se consultó la norma ASTM C805, de donde se siguió los pasos para realizar dicho ensayo y posterior interpretación de resultados. Se realizó los ensayos de mecánica de suelos según las indicaciones contempladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

3.4 Procedimiento

El proceso realizado es el siguiente:

1. Visita de campo a la I.E Nuestra Señora de los Dolores



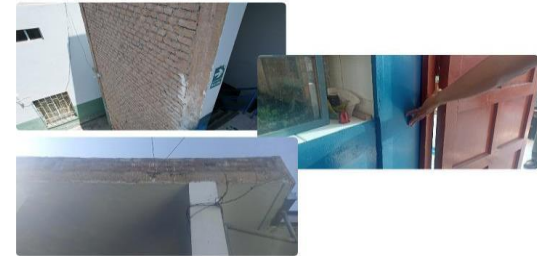
2. Toma de medidas de la edificación.

Dibujo de planos de arquitectura y estructuras.



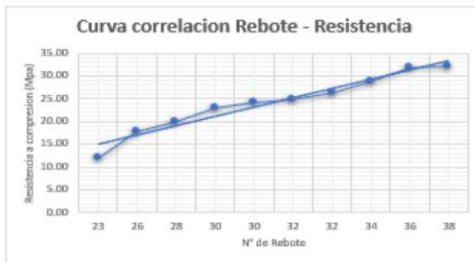
3. Levantamiento de daños.

Inspección visual dcon la finalidad de realizar un mapeo de fallas para ser incluidas en un informe.



4. Curva de correlación de esclerometro

Se utilizaron diez probetas de ensayo de diferentes resistencias para luego ser sometidas a rotura para así obtener la curva de resistencia rebote.



5. Ensayo de esclerometria

Para determinar la resistencia del concreto de los elementos estructurales.



6. Estudio de mecanica de suelos

Determinar las propiedades físicas del suelo.



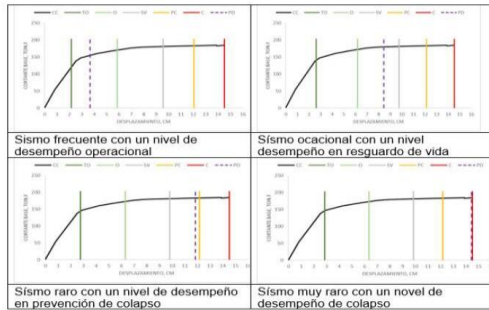
7. Escaneo de elementos estructurales

Determinar la cuantía de acero, cantidad y diámetro de los aceros longitudinales y distribución de estribos



TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C-1		C-2	
(Ø.300) 70m		(Ø.300) 70m	
TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C-3		C-4	
(Ø.300) 55m		(Ø.300) 70m	

12. obtención del punto de desempeño de la estructura para cada tipo de sismo.



Sismo frecuente con un nivel de desempeño operacional

Sismo ocasional con un nivel de desempeño en resguardo de vida

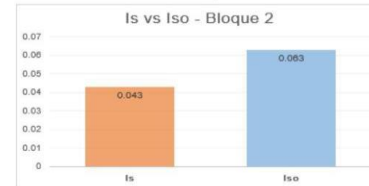
Sismo raro con un nivel de desempeño en prevención de colapso

Sismo muy raro con un nivel de desempeño de colapso

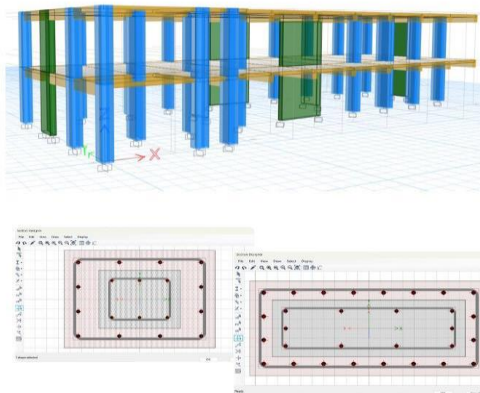
Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente	TO	O	SV	PC
Ocasional	TO	O	SV	PC
Raro	TO	O	SV	PC
Muy raro	TO	O	SV	PC

8. Cálculo del peso de cada bloque mediante metro de cargas.

9. Aplicación del Método Hirosawa y comparación de índices Is vs Iso.

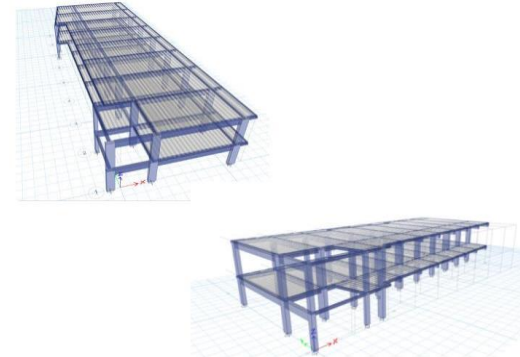


13. Propuesta de reforzamiento

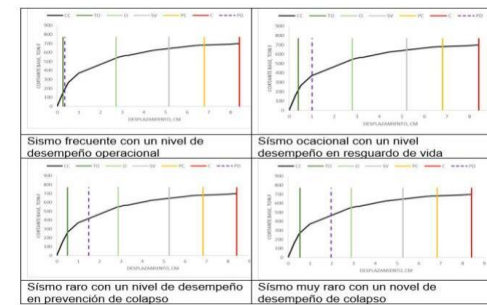


10. Analisis Estático No Lineal Pushover

11. Modelado de los bloques en el software ETABS.



14. Verificar el desempeño de la estructura reforzada



Sismo frecuente con un nivel de desempeño operacional

Sismo ocasional con un nivel de desempeño en resguardo de vida

Sismo raro con un nivel de desempeño en prevención de colapso

Sismo muy raro con un nivel de desempeño de colapso

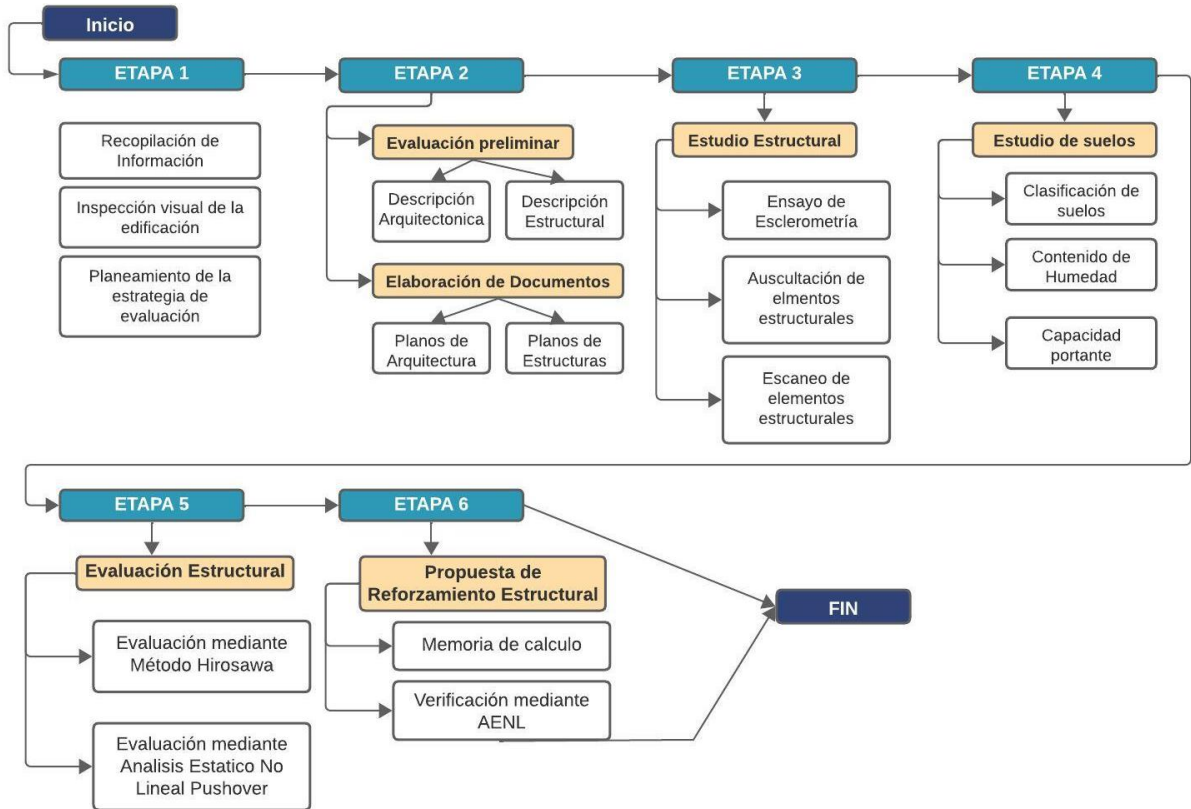
Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente	TO	O	SV	PC
Ocasional	TO	O	SV	PC
Raro	TO	O	SV	PC
Muy raro	TO	O	SV	PC

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 Mapa de procesos

Figura 69

Mapa de procesos de la investigación



Nota. Elaboración propia (2023)

4.2 Desarrollo de la Investigación

4.2.1 Análisis e interpretación de resultados

4.2.1.1 Evaluación preliminar

Para la evaluación sísmica de la edificación, es necesario obtener información básica para ser incluida en la evaluación como: planos de la edificación, estudio de

suelos, características de los materiales, inspección preliminar superficial de la edificación a evaluar. Toda esta información básica de la edificación nos permitirá realizar la evaluación de manera óptima para determinar el comportamiento de su estructura, a partir de ello plantear la mejor alternativa de reforzamiento como una solución óptima para lo cual es fundamental el análisis estático no lineal (Pushover).

4.2.1.2 Especificación Técnicas de la Institución Educativa Nuestra

Señora de los Dolores

4.2.1.2.1 Nombre del proyecto

“Evaluación Sísmica Y Propuesta De Diseño Para El Reforzamiento Estructural De La Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores Departamento De Arequipa”

4.2.1.2.2 Ubicación

La institución se ubica en la Calle Miguel Grau N° 301 en el distrito de Cerro Colorado, provincia y departamento de Arequipa.

Tabla 34

Ubicación de la muestra

Región	Arequipa
Departamento:	Arequipa
Provincia:	Arequipa
Distrito:	Cerro Colorado

Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.1.2.3 Clima y Altitud

El distrito de Cerro Colorado se encuentra a 2637 m.s.n.m.

El clima del distrito es predominantemente seco, en otoño presenta un clima templado, en época de invierno se presentan fuertes corrientes de viento. Se tiene el cielo despejado y soleado la mayoría del año, ligeras lloviznas y cielo nublado en los meses de enero a marzo.

4.2.1.3 Investigación de documentos

Debido a la antigüedad de la edificación, no se cuenta con planos por lo que estos han sido elaborados luego de la visita a campo y la respectiva realización de mediciones de la medida.

Figura 70

Toma de medidas a la edificación



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 71

Toma de medidas en pasadizos



Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.1.4 Planos de Arquitectura

Con las medidas tomadas en la visita a la edificación se procedió a procesar los planos de la especialidad de arquitectura en el software AutoCAD, se tienen los planos en planta, cortes y elevación de los Bloques 1 y Bloque 2.

4.2.1.5 Planos de Estructuras

De acuerdo a los las medidas tomadas en la visita se ha procesado la información para el desarrollo de los planos de la especialidad de estructuras de los Bloques 1 y Bloque 2. En la visita a campo realizada se pudo identificar que el sistema estructural del Bloque 1 y Bloque 2, en estudio presentan un sistema aporticado, así mismo se

identificó las medidas de columnas, vigas, losas, además de información sobre la cimentación compuesta por zapatas aisladas y cimientos corridos.

Se ha elaborado los planos de estructuras como cimentación, detalle de columnas, vigas y losas de ambos bloques.

4.2.2 Descripción Arquitectónica del proyecto

Los bloques 1 y 2 fueron construidos en 1958 y 1964 respectivamente, los ambientes que componen cada bloque se detallan en la posterior tabla 35.

Tabla 35

Descripción de Ambientes

Edificación	Nivel	Descripción de los Ambientes	Área (m2)
BLOQUE 1	1	Dirección	20.58
BLOQUE 1	1	Subdirección	10.54
BLOQUE 1	1	Secretaria	30.62
BLOQUE 1	1	Gruta	8.89
BLOQUE 1	1	Aula 1	72.70
BLOQUE 1	1	Aula 2	72.70
BLOQUE 1	1	Servicios Higiénicos	57.44
BLOQUE 1	2	Sala de docentes	26.57
BLOQUE 1	2	Sala de Computo	72.20
BLOQUE 1	2	Aula 3	71.70
BLOQUE 1	2	Aula 4	72.80
BLOQUE 1	2	Laboratorio	73.90
BLOQUE 2	1	Aula 1	63.45
BLOQUE 2	1	Aula 2	63.45
BLOQUE 2	1	Aula 3	63.45
BLOQUE 2	2	Aula 4	63.45
BLOQUE 2	2	Aula 5	63.45
BLOQUE 2	2	Aula 6	63.45

Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Los bloques 1 y 2, como se aprecia en la descripción, tienen dos niveles y cada uno tiene acceso por sus escaleras. Ambos bloques presentan estructura de tipo a

porticada, el bloque 1 presenta cuatro tipos de columnas de 70 x 35cm, 70x30cm,55x30cm y 35x30cm, vigas de 35x60cm, 30x60cm,25x20cm, 20x35cm y 20x20cm.El bloque 2 presenta cuatro tipos de columnas de 55x30cm, 85x30cm, 35x30cm y 20x20cm, vigas de 30x60cm, 25x40cm, 20x20cm y 20x30cm.

Los acabados de los muros en el bloque 1 son tarrajados con cemento, empastados y pintados, los pisos son de baldosas de concreto, las puertas son de madera y las ventas con marcos metálicos; mientras que los acabados de los muros del bloque 2 son tarrajados con yeso y pintados, puerta de madera, los pisos de baldosas y ventanas de vidrio con marcos metálicos algo desgastados. Los muros son contruidos en cabeza con ladrillo King Kong artesanal macizo.

Figura 72

Vista de fachada del Bloque 1



Nota. Realizado propia de los autores (2023)

Figura 73

Interior Bloque 1



Nota. Elaboración propia (2023)

Figura 74

Vista de la fachada del Bloque 2



Nota. Elaboración propia (2023)

Figura 75

Vista interior del Bloque 2



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 76

Se observa ladrillo artesanal en muros



Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.3 Descripción Estructural de la edificación

Los bloques 1 y 2 tienen un sistema a porticado en las direcciones XX y YY, como se observa en las fotografías de la descripción arquitectónica los muros están compuestos por tabiques en cabeza de ladrillo King Kong artesanal macizo sin confinar.

4.2.4 Inspección Visual

Se tienen fotografías de la inspección visual realizada en los bloques en estudio donde se observan:

Figura 77

Edificación vecina al Bloque 1



Nota. Realizado por autores (2023)

Figura 78

Edificación vecina al Bloque 2



Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Bloque 1:

Figura 79

Fachada del Bloque 1



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 80

Puerta metálica soldada al acero de columna



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 81

Estructura metálica ligeramente deformada



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 82

Fisura en encuentro de muro y columna



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 83

Fisura en el tarrajeo en alfeizar de ventana



Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Figura 84

Se presentan fisuras en los muros



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 85

Fisuras en columnas



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 86

Techo cubierto con baldosa



Nota. Realizado por los autores (2023)

Bloque 2:

Figura 87

Volado de 2.55m con cambio de sección de viga.



Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Figura 88

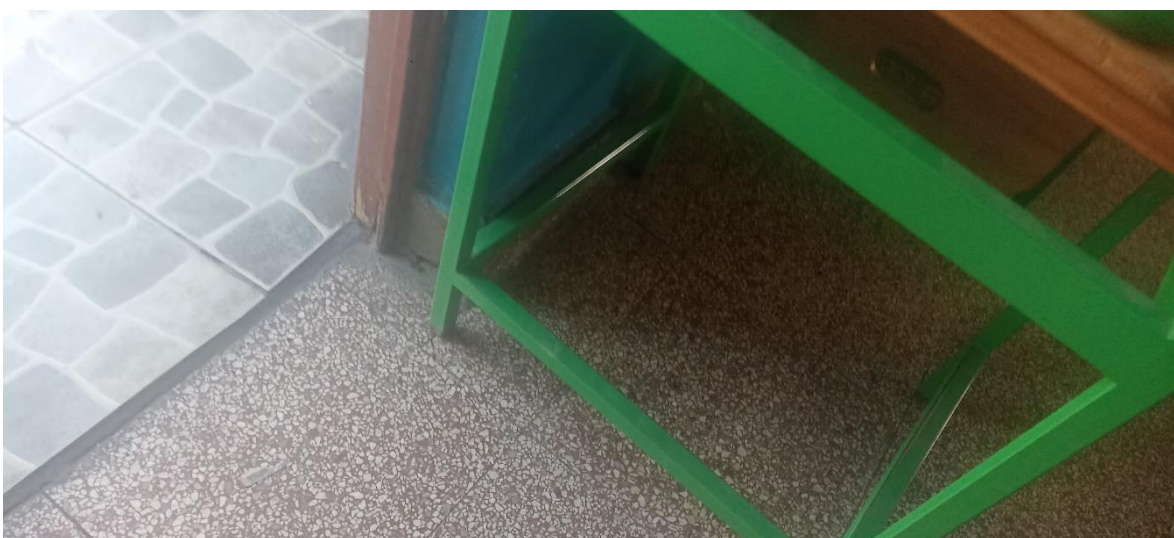
Fisuras en unión de ventana y columna



Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Figura 89

Desgaste de pisos



Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Figura 90

Fisuras en muros



Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Figura 91

No se tiene continuidad de columna



Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Figura 92

Techo cubierto con baldosa roja y cubierto con geotextil



Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Figura 93

Techo cubierto con geotextil para evitar filtraciones



Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

4.2.4.1 Cuantificación de daños

En la inspección visual se identificaron los siguientes daños en cada bloque:

Tabla 36

Levantamiento de daños Bloque 1

Bloque 1
Fisuras en muros
La puerta de ingreso principal esta soldada directamente a las columnas.
Pandeo de marcos de ventana en la fachada principal
Fisura de tarrajeo en la unión de alfeizar con ventana
Fisuras en columnas de laboratorio
En la azotea se encuentran algunos aceros expuestos.
Se identifica muros de tabiquería con ausencia de elementos de confinamiento en el eje X-X, que podrían producir efecto columna corta.

Nota. Elaboración propia de los autores (2023)

Tabla 37

Levantamiento de daños - Bloque 2

Bloque 2
Fisuras en muros
Volado de 2.55m para pasadizos.
Cambio de sección de viga
Fisuras en unión de columna con ventana
Fisuras en muros
Desgaste de pisos
Humedad en losas
Fisuras en losa y filtraciones
Tabiquería sin elementos de confinamiento, que podría producir efecto de columna corta.

Nota. Elaborado propia de los autores (2023)

El bloque 2, se observa que fue adaptado para el uso como colegio debido que anteriormente servía como residencia de las religiosas de la parroquia, por lo que su construcción no fue prevista para este tipo de uso.

En ambos bloques se identifica la ausencia de condiciones de accesibilidad que permitan a personas con discapacidad acceder a los niveles superiores de las edificaciones en estudio, condición para edificaciones de uso educativo actualmente.

Así mismo se observa la presencia de ventanas altas donde las columnas podrían fallar con el efecto de columna corta ante la ocurrencia de un sismo en interiores y exteriores de ambos bloques.

Debido a la antigüedad de la edificación y por la manera de construcción se continuará con la evaluación a detalle de los bloques en estudio.

4.2.5 Características de los Materiales de la edificación

4.2.5.1 Del Acero de refuerzo

Debido a la antigüedad de la edificación y por su proceso constructivo “autoconstrucción”, se tiene la ausencia de planos de la edificación por lo que se realizó un escaneo a cada elemento estructural que compone la edificación, este ensayo ferromagnético determina el recubrimiento, cantidad, calidad y diámetro de los aceros longitudinales y transversales de columnas, vigas y losa que componen los bloques 1 y 2 en estudio.

Figura 94

Escaneo de vigas en Bloque 2



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 95

Escaneo de Columna en Bloque 2.



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 96

Escaneo de Losa - Bloque 2



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 97

Escaneo de Vigas en Bloque 1



Nota. Realizado por los autores (2023)

El acero identificado en cada uno de los bloques se detalla a continuación:

En el bloque 1:

Figura 98

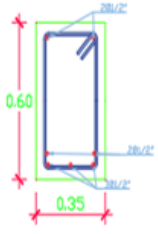
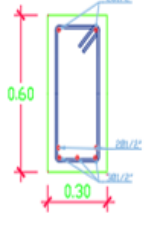
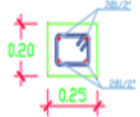
Detalle de Columnas Bloque 1

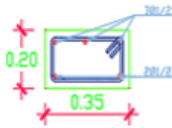
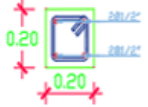
TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C - 1 (0.35X0.70)m		C - 2 (0.30X0.70)m	
	4 Ø 5/8" + 6 Ø 1/2"		4 Ø 5/8" + 6 Ø 1/2"
TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C - 3 (0.30X0.55)m		C - 4 (0.30X0.35)m	
	8 Ø 1/2"		6 Ø 1/2"

Nota. Realizado por los autores según Informe técnico DGA (2023)

Figura 99

Acero en vigas - Bloque 1

TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS
VP - 101 (0.35X0.60)m		VP - 102 (0.30X0.60)m		VCH - 101 (0.25X0.20)m	
	7 Ø 1/2"		7 Ø 1/2"		4 Ø 1/2"

TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS
VCH - 102 (0.25X0.20)m		VCH - 103 (0.20X0.20)m	
	5 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"

Nota. Elaborado por los autores según Informe Técnico DGA (2023)

El acero longitudinal que predomina en el Bloque 1 para columnas como para vigas es de 1/2" y 5/8".

También se confirmó que las columnas que ya están colocadas no cumplen los requisitos de número de acero (As) mínima requerida según la norma NTP E 0.60 (2009) como se detalla a continuación:

Tabla 38

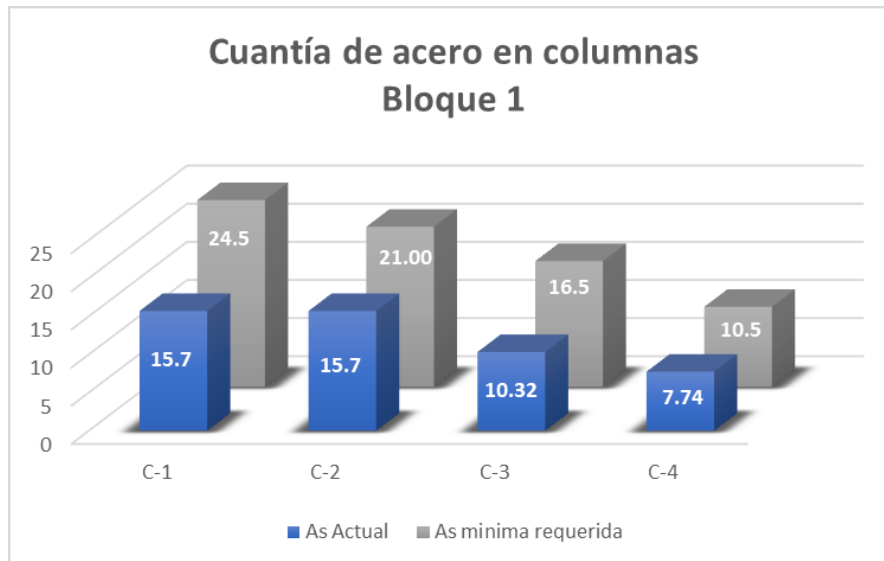
Cuantía de acero en columnas existentes-bloque 1

Edificació n	ELEMENT O	Larg o (cm)	Anch o (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-1		
						∅	Cant	Área cm ²
Bloque 1	C-1	70	35	2450	24.5	∅ 1/2	6	7.74
						∅ 5/8	4	7.96
						total (cm²)		15.7
Bloque 1	C-2	70	30	2100	21.0 0	∅ 1/2	6	7.74
						∅ 5/8	4	7.96
						total (cm²)		15.7
Bloque 1	C-3	55	30	1650	16.5	∅ 1/2	8	10.32
						total (cm²)		10.32
Bloque 1	C-4	30	35	1050	10.5	∅ 1/2	6	7.74
						total (cm²)		7.74

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 100

Cuantía existente vs cuantía min. requerida



Nota. Realizado por los autores (2023)

En el bloque 2:

Figura 101

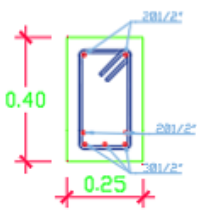
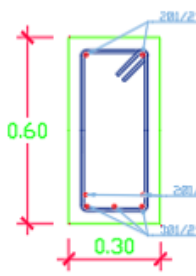
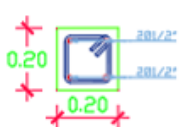
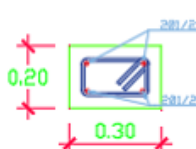
Acero en columnas - Bloque 2

TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C - 1 (0.30X0.55)m		C - 2 (0.30X0.85)m	
	4 Ø 3/4" + 6 Ø 5/8"		4 Ø 3/4" + 6 Ø 5/8"
TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C - 3 (0.30X0.25)m		C - 4 (0.40X0.20)m	
	6 Ø 1/2"		4 Ø 1/2"

Nota. Realizado por los autores según informe técnico DGA (2023)

Figura 102

Acero en vigas - Bloque 2

TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS
VP - 101 (0.20X0.60)m		VP - 102 (0.30X0.60)m	
	7 Ø 1/2"		7 Ø 1/2"
TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS
VCH - 101 (0.20X0.20)m		VCH - 102 (0.30X0.20)m	
	2 Ø 1/2"		4 Ø 1/2"

Nota. Realizado por los autores según Informe Técnico DGA (2023).

Se identificó acero longitudinal de 5/8" y 1/2" en las columnas como en vigas del Bloque 2.

Además, se confirmó que las columnas no cumplen con la cantidad mínima de acero que se necesita de acuerdo con la NTP - E-030 (2018), como explica la siguiente descripción:

Tabla 39

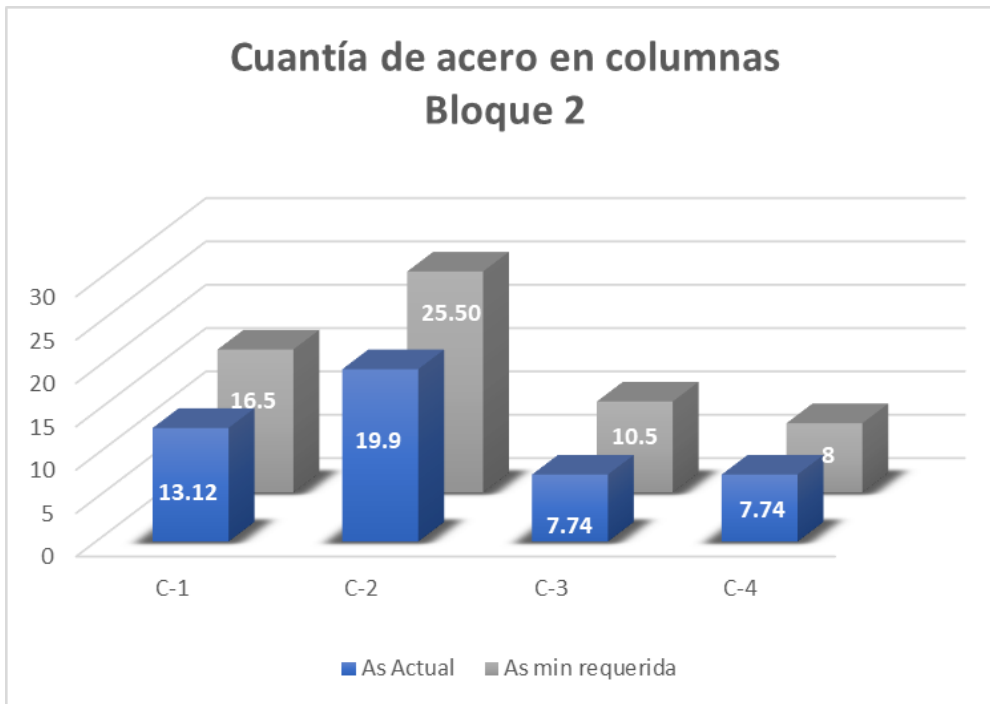
Cuantía de acero en columnas existentes-bloque 2

Edificación	Elemento	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-1		
						∅	Cant	Área cm ²
Bloque 2	C-1	55	30	1650	16.5	∅ 1/2	4	5.16
						∅ 5/8	4	7.96
						total (cm²)		13.12
Bloque 2	C-2	85	30	2550	25.50	∅ 5/8	10	19.9
						total (cm²)		19.9
						∅	Cant	Área cm²
Bloque 2	C-3	30	35	1050	10.5	∅ 1/2	6	7.74
						total (cm²)		7.74
						∅	Cant	Área cm²
Bloque 2	C-4	40	20	800	8	∅ 1/2	6	7.74
						total (cm²)		7.74
						∅	Cant	Área cm²

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 103

Cuantía inicial Vs cuantía min requerida



Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.5.2 Del Concreto

Para evaluar la edificación mediante métodos cualitativos y cuantitativos es necesario conocer “la resistencia a la compresión de los elementos estructurales” ($f'c$), al no hallar documentos o planos que indiquen la resistencia de los elementos fue necesario realizar un ensayo no destructivo - ensayo de esclerometría, este ensayo se aplicó tomando en cuenta la norma ASTM C805, para ello primeramente se construyó la curva de correlación rebote-resistencia como se detalla a continuación.

4.2.5.2.1 Curva de correlación rebote-resistencia

Con el fin a obtener el valor de la resistencia de los elementos mediante el uso del esclerómetro, no es suficiente una curva de correlación. Existe un gráfico que está incluido en las instrucciones del esclerómetro; sin embargo, para mejorar el tratamiento de los datos, se creará una curva de correlación.

Para ello, se midió la resistencia de diez probetas de hormigón con distintas resistencias de “175 kg/cm², 210 kg/cm², 280 kg/cm² y 315 kg/cm²”. Esta medida se tomó para generar variables iguales en los puntos de la curva de correlación que representaban la dispersión. Estas probetas cilíndricas tienen treinta centímetros de altura y quince centímetros de diámetro. A la hora de alcanzar su resistencia máxima, estas muestras fueron capaces de alcanzar la edad requerida según la norma.

Figura 104

Probetas de concreto



Nota. Elaboración los autores (2023)

Se realizó una prueba de esclerometría en cada espécimen y muestra para determinar el nivel de resistencia que presentaba. Se procedido colocando el esclerómetro en un ángulo de 0° , de forma perpendicular a la probeta y se realizó doce rebotes a cada muestra. Para ello la superficie de cada probeta debe estar libre de rigurosidades que podrían alterar los resultados.

Figura 105

Ensayo de esclerometría en muestra de concreto



Nota. Elaboración los autores (2023)

A continuación, se realizó una prueba de compresión en cada espécimen de concreto para determinar el nivel de su resistencia última. Esta prueba de compresión, aumentando gradualmente la intensidad de las cargas de compresión hasta alcanzar el punto de fallo. En los anexos encontrará información sobre cada espécimen de hormigón evaluado.

Figura 106

Ensayo de esclerometría a muestra de concreto



Nota. Realizado por los autores (2023)

Posteriormente los datos obtenidos fueron ingresados en una tabla donde se detalla los resultados del ensayo de esclerometría y de compresión del concreto.

Tabla 40*Resultados de ensayo de esclerometría*

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA (ASTM C805)																	
N° item	Diseño de mezcla	Numero de Rebotes (N/mm2)												Promedio	Rango de validez según norma ASTM C805		Promedio final
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Prom -6	Prom +6	
1	175	25	23	23	23	24	22	23	22	21	22	23	22	23	17	29	23
2	kg/cm2	22	25	24	25	26	24	32	33	27	24	26	24	26	20	32	26
1	210 kg/cm2	36	27	27	33	36	25	25	30	26	27	33	32	30	24	36	30
2		34	29	28	22	33	28	27	32	29	26	29	31	29	23	35	29
3		31	29	33	27	34	27	27	32	27	34	28	31	30	24	36	30
4		31	35	28	28	29	29	28	35	33	30	33	34	31	25	37	31
1	280 kg/cm2	33	33	35	33	28	25	30	37	34	29	33	29	32	26	38	32
2		34	37	33	30	34	32	37	39	33	36	36	32	34	28	40	34
1	315 kg/cm2	42	38	29	42	32	37	29	38	31	34	36	41	36	30	42	36
2		43	43	45	39	40	43	32	33	29	33	44	31	38	32	44	38

Nota. Realización propia (2023)

Tabla 41*Reporte de ensayos a compresión a las probetas de concreto*

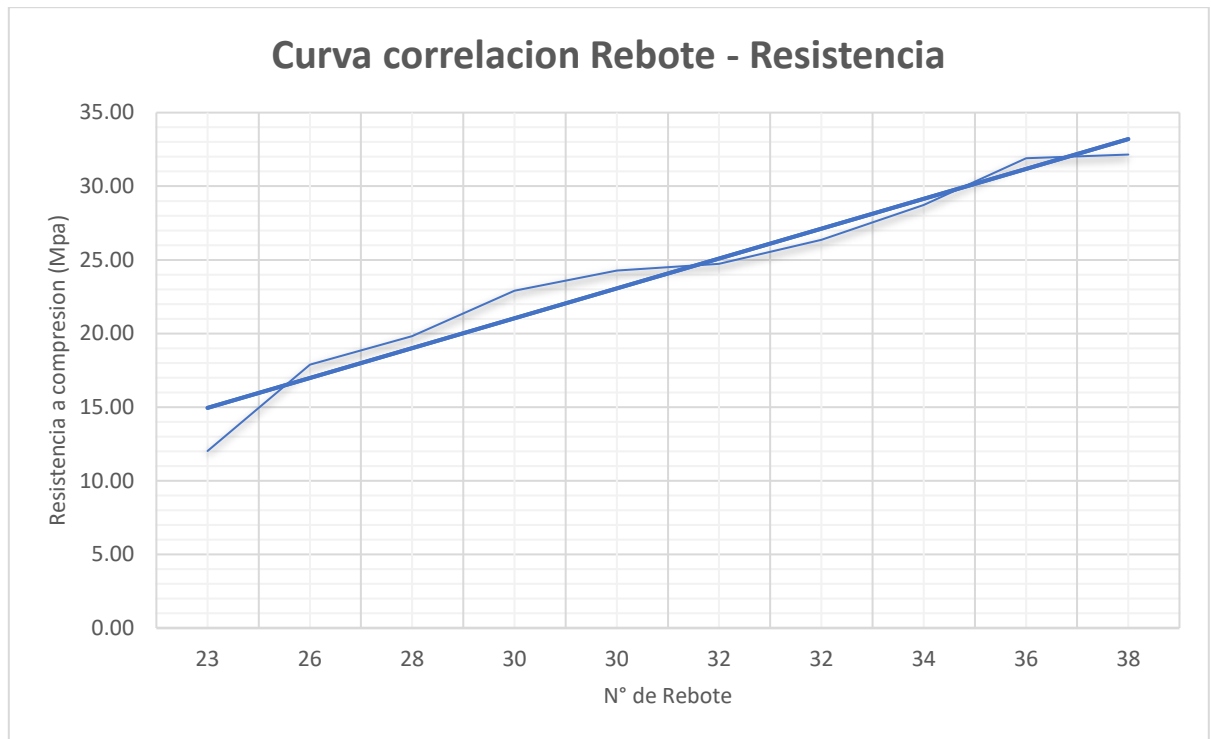
ENSAYO A COMPRESION DE LAS PROBETAS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39					
N° Item	Diseño	Resistencia		Resistencia real	Resistencia real (Mpa)
		Nominal (Mpa)	Nominal kg/cm2		
1	175	17.16	175	122.58	12.02
2	kg/cm2	17.16	175	182.35	17.88
1	210 kg/cm2	20.59	210	202.10	19.82
2		20.59	210	219.50	21.53
3		20.59	210	247.50	24.27
4		20.59	210	252.30	24.74
1	280 kg/cm2	27.46	280	268.70	26.35
2		27.46	280	292.87	28.72
1	315 kg/cm2	30.89	315	325.30	31.90
2		30.89	315	327.80	32.15

Nota. Realizado por los autores (2023)

La curva de correlación rebote-resistencia se elaboró a partir de los resultados del ensayo de compresión realizado en las probetas y del ensayo de esclerometría realizado en las probetas de cemento. Así mismo para el ensayo a los elementos estructurales se utilizará el mismo esclerómetro utilizado para realizar la presente curva.

Figura 107

Curva de correlación rebote-resistencia



Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.5.2.2 Ensayo de Esclerometría

Se realizó el ensayo a cada bloque en estudio, este ensayo nos permitió determinar la resistencia del concreto f'_c a partir del número de rebote obtenido en el esclerómetro. Cabe indicar que este valor es referencial debido a que toma en cuenta la dureza superficial del concreto.

Se ubicó una zona donde exista baja presencia de acero para ello se utilizó un detector de materiales. En un cuadrado de 0.20mx0.20m se delimitó la zona.

Figura 108

Ubicación en zona con baja densidad de acero



Nota. Elaborado por los autores (2023)

Se realizó un corte con la amoladora y disco de concreto, para posteriormente utilizar dos instrumentos (comba y cincel), estos instrumentos sirvieron para retirar el tarrajeo del elemento estructural. Con la piedra pómez se uniformizó la superficie a ser ensayada de manera que se tenga una zona sin rugosidad para proceder con el ensayo.

Figura 109

Retiro de tarrajeo

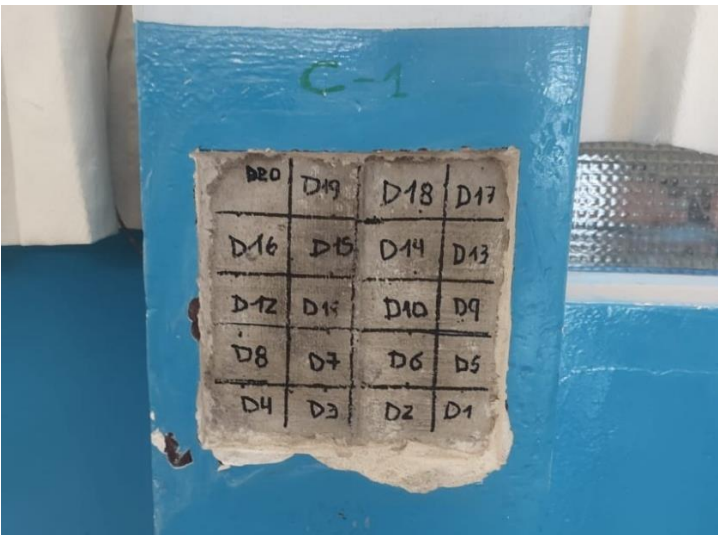


Nota. Elaborado por los autores (2023)

En cada elemento a evaluar se dibujó 20 cuadrículas de 5cm x 4cm que permitieron tener un espacio adecuado para cada toma de rebote con el esclerómetro.

Figura 110

Dibujo de cuadrículas



Nota. Elaborado por los autores (2023)

Inmediatamente después de dibujar las cuadrículas, se realizó la prueba del esclerómetro. Mientras se evaluaban las columnas, el instrumento se mantuvo a un

ángulo constante de 0 grados. A continuación, se empujó progresivamente el esclerómetro de forma que la barra hiciera contacto con la superficie, lo que dio lugar a la producción de un sonido. Inmediatamente después del golpe, se pulsó el botón situado en el lateral del esclerómetro para bloquear la barra retráctil y registrar el resultado. Para cada cuadrícula se repitió esta técnica, y se asignó un mínimo de doce valores a cada elemento estructural respectivamente.

Figura 111

Ensayo de Esclerometría a columnas



Nota. Realizado por los autores (2023)

Utilizando la curva de correlación que se había desarrollado anteriormente, se evaluó la resistencia del concreto utilizando los datos adquiridos de la prueba de esclerometría en cada miembro estructural de los Bloques 1 y 2. Los resultados de esta determinación fueron que f'_c para los Bloques 1 y 2 es de 288 kg/cm² y 237 kg/cm² respectivamente.

Tabla 42

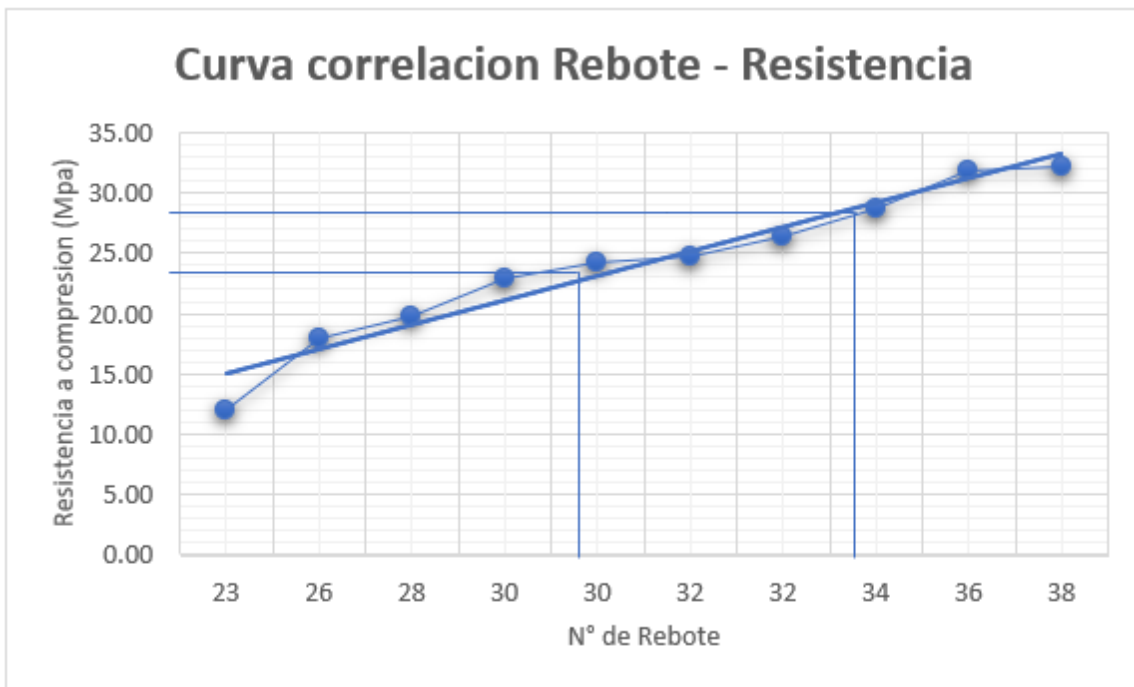
Resultados del ensayo de esclerometría

ENSAYO DE ESCLEROMETRIA (ASTM C805)																		
N° ítem	Diseño de mezcla	Numero de Rebotes (N/mm2)												Promedio	Rango de validez según norma ASTM C805		Promedio final	Promedio General
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		Prom -6	Prom +6		
C1	BLOQUE	32	35	25	28	27	33	37	41	36	32	37	29	33	27	39	33	33.5
C2	A	37	28	35	30	30	41	43	39	31	25	37	29	34	28	40	34	
C1	BLOQUE	28	31	32	29	29	28	35	27	35	25	27	33	30	24	36	30	30.5
C2	B	26	33	34	35	28	28	27	34	27	35	36	25	31	25	37	31	

Nota. Elaboración propia (2023)

Figura 112

Curva de resistencia - rebote



Nota. Elaboración propia (2023)

4.2.5.3 Capacidad Portante del Suelo

Con el fin de establecer la naturaleza del suelo sobre el que se construyó, se empleó un método de exploración de suelos. Este consistió en la excavación directa de una calicata de tres metros de profundidad. De esta calicata se tomaron muestras de suelo para determinar diversos aspectos del mismo, entre ellos su resistencia al corte, contenido de humedad y límites de atterberg. El objetivo principal de esta investigación era determinar la capacidad portante admisible del suelo y los parámetros de sismicidad.

Figura 113

Excavación de calicata



Nota. Elaborado por los autores (2023).

Se excavo una calicata rectangular de 1.70m de largo por 0.70 m de ancho y profundidad de 3.00m, se procedió a realizar el muestreo y la identificación del material mediante una descripción manual según la NTP 339.50, y los demás ensayos se realizaron en laboratorio. En los ensayos de laboratorio se determinó que el tipo de

suelo es SP – SM, “arena pobremente graduada con limo y grava”; no se encontró nivel freático a la profundidad de 3.0m. En las siguientes tablas se muestran un resumen de la carga admisible y asentamientos.

Tabla 43

Resumen capacidad portante - asentamiento

Tipo de Cimentación	Nivel de referencia para N.F.C	Desplante Df (m)	Ancho de la cimentación B(m)	q adm (kg/cm ²)	ST (cm)
Cimiento corrido	Desde el	1.80	0.60	1.70	0.39
	nivel de	2.00	0.60	1.87	0.38
	piso terminado	2.20	0.60	2.04	0.37
Zapata Cuadrada B=L	Desde el	1.80	1.80	2.00	0.69
	nivel de	2.00	1.80	2.17	0.67
	piso terminado	2.20	1.80	2.33	0.65

Nota. Adapta de informe técnico ORPA (2023)

Tabla 44

Cuadro Resumen Estudio de Suelos

Calicata C- 1			
Profundidad	0.00 -3.00m		
Densidad	1.87		
% Grava	33.20%	GG	13.90%
		GF	19.30%
		AG	10.10%
% Arena	57.40%	AM	26.50%
		AF	20.90%
% Finos	9.40%		
% Humedad	2.60%		
Limite Liquido	-		
Limite Plástico	NP		
Índice de plasticidad	NP		
Parámetro de Cohesión C	0.01		
Ángulo de Fricción Interna	36.90		
Ángulo de Fricción Residual	31.70		
Nomenclatura AASHTO	A-1-B (0)		
Nomenclatura SUCS	SP-SM		

Nota. Adaptado de Informe Técnico ORPA (2023)

4.2.5.4 Metrado del peso de la estructura

4.2.5.4.1 Bloque 1

Columnas

Tabla 45

Tipos de columna Bloque 1

Columnas	Sección	Número de columnas	Área (m2)
	0.70 x 0.35	14	0.25
	0.70 x 0.30	4	0.21
	0.55 x 0.30	2	0.17
	0.35 x 0.30	2	0.11

Nota. Elaboración propia (2023)

Tabla 46

Metrado de Columnas Piso 1 y 2 – Bloque 1

TIPO	LARGO (D)	ANCHO (L)	PIS O 1	PIS O 2	(KG/CM3)	# VECE S	PESO 1 (KG)	PESO 2 (KG)
C-1	0.70	0.35	3.7	3.7	2400	14	30458.40	30458.40
C-2	0.70	0.30	3.7	3.7	2400	4	7459.20	7459.20
C-3	0.55	0.30	3.7	3.7	2400	2	2930.40	2930.40
C-4	0.30	0.25	3.7	3.7	2400	2	1864.80	932.40
							42712.80	41780.40
							1er Piso	2do Piso

Nota. Elaborador por los autores (2023)

Vigas

Tabla 47

Tipos de viga Bloque 1

Vigas	Sección	Descripción	Área (m2)
	0.35 x 0.60	Viga VP 1	0.21
	0.30 x 0.60	Viga VP 2	0.18
	0.25 x 0.20	Viga VCH 1	0.05
	0.35 x 0.20	Viga VCH 2	0.07
	0.20 x 0.20	Viga VCH 3	0.04

Nota. Realizado por los autores (2023)

Tabla 48

Metrado de Vigas Piso 1 y 2

METRADO DE VIGAS						
TIPO	ANCHO (D)	ALTURA (M)	LARGO (M)	(KG/CM3)	# VECES	PESO 2 (KG)
VP 1	0.35	0.60	67.32	2400	1	33929.28
VP 2	0.30	0.60	16.51	2400	1	7133.18
VCH 1	0.25	0.20	75.00	2400	9	81002.16
VCH 2	0.35	0.20	9.00	2400	9	13608.00
VCH 3	0.20	0.20	32.782	2400	9	28323.65
					1er Piso	163996.27
					2do Piso	163996.27

Nota. Elaboración propia (2023)

Losa

Tabla 49

Metrado de losa en bloque 1

LOSA BLOQUE 1				
PISO	E Losa	(KG/CM2)	AREA	PESO 2 (KG)
1er Piso	0.20	300.00	403.92	24235.20
2do Piso	0.20	300.00	403.92	24235.20

Nota. Realizado por los autores (2023)

Acabados

Tabla 50

Metrado de acabado

METRADO DE ACABADO			
PISO	Área (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)
1er Piso	491.89	100.00	49189.00
2do Piso	491.89	100.00	49189.00

Nota. Realizado por los autores (2023)

Tabiquería

Se considero el peso para la tabiquería según el Anexo 01 de la Norma Técnica Peruana E-020 para albañilería de unidades de arcilla cocidas solidas 18 kgf/m3.

Tabla 51

Metrado de Tabiquería Bloque 1

METRADO DE TABIQUERIA			
PISO	VOLUMEN	(KG/CM3)	Peso (KG)
1er Piso	84.96	1800.00	152928.00
2do Piso	75.19	1800.00	135342.00

Nota. Realizado por los autores (2023)

Sobrecarga

Según la Tabla 01 de la NTP E – 020, para centros educativos para las aulas se considera 250 kgf/m2 y para pasadizos, corredores y escaleras 400 kgf/m2.

Tabla 52*Metrado de sobrecarga en aulas - Bloque 1*

PISO	SOBRECARGA EN AULAS		
	Área (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)
1er Piso	355.12	250.00	88780.00
2do Piso	355.12	250.00	88780.00

*Nota. Realizado por los autores (2023)***Tabla 53***Metrado de sobrecarga en pasadizos - Bloque 1*

PISO	SOBRECARGA EN PASADIZO		
	Área (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)
1er Piso	96.93	400.00	38772.00
2do Piso	96.93	400.00	38772.00

*Nota. Realizado por los autores (2023)**Peso del Bloque 1***Tabla 54***Resumen del Peso del Bloque 1*

Nivel de evaluación	Wj (Peso por nivel kg)					
	Peso de columna	Peso de vigas	Peso de techo/losa	Peso de Tabiquería	S/C Sobrecarga	Peso del piso (Wj)
1	42712.80	163996.27	24235.20	152928.00	127552.00	511424.27
2	41780.40	163996.27	24235.20	135342.00	127552.00	492905.87

Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.5.4.2 Bloque 2

Columnas

Tabla 55

Tipos de Columna - Bloque 2

Columnas	Sección	Número de columnas	Área (m2)
	0.55 x 0.30	18	0.1650
	0.85 x 0.30	3	0.2550
	0.35 x 0.30	1	0.1050

Nota. Realizado por los autores (2023)

Tabla 56

Metrado de Columnas Piso 1 y 2 - Bloque 2

METRADO DE COLUMNAS								
TIPO	LARGO (L)	ANCH (D)	PISO 1	PISO 2	(KG/CM3)	# VECES	PESO 1 (KG)	PESO 2 (KG)
C-1	0.55	0.30	3.7	3.7	2400	18	26373.60	26373.60
C-2	0.85	0.30	3.7	3.7	2400	3	6793.20	6793.20
C-3	0.25	0.30	3.7	3.7	2400	1	932.40	932.40
							34099.20	34099.20
							1er Piso	2do Piso

Nota. Realizado por los autores (2023)

Vigas

Tabla 57

Tipos de viga - Bloque 2

Vigas	Sección	Descripción	Área (m2)
	0.30 x 0.60	Viga VP 102	0.18
	0.25 x 0.40	Viga VS 101	0.10
	0.20 x 0.20	Viga VCH 101	0.04
	0.20 x 0.30	Viga VCH 102	0.06

Nota. Realizado por los autores (2023)

Tabla 58*Metrado de Vigas - Bloque 2*

METRADO DE VIGAS						
TIPO	ANCH O (D)	ALTUR A (M)	LARG O (M)	(KG/CM3)	# VECES	PESO 2 (KG)
VP 102	0.30	0.60	91.29	2400	1	39437.28
VS 101	0.25	0.40	52.38	2400	1	12571.20
VCH 101	0.20	0.20	46.72	2400	1	4485.12
VCH 102	0.30	0.20	8.06	2400	1	1160.64
					1er Piso	57654.24
					2do Piso	57654.24

Nota. Elaboración propia (2023)*Losa***Tabla 59***Metrado de Losa - Bloque 2*

METRADO DE LOSA				
PISO	E Losa	(KG/CM2)	AREA	PESO (KG)
1er Piso	0.20	300.00	273.24	16394.40
2do Piso	0.20	300.00	273.24	16394.40

Nota. Realizado por los autores (2023)*Acabados***Tabla 60***Metrado de Acabados - Bloque 2*

METRADO DE ACABADO			
PISO	Área (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)
1er Piso	339.20	100.00	33920.00
2do Piso	339.20	100.00	33920.00

Nota. Realizado por los autores (2023)

Tabiquería

Se considero el peso para la tabiquería según el Anexo 01 de la Norma Técnica Peruana E-020 para albañilería de unidades de arcilla cocidas solidas 18 kgf/m³.

Tabla 61

Metrado de Tabiquería - Bloque 2

METRADO DE TABIQUERIA			
PISO	VOLUMEN	(KG/CM3)	Peso (KG)
1er Piso	63.62	1800.00	114516.00
2do Piso	63.62	1800.00	114516.00

Nota. Realizado por los autores (2023)

Sobrecarga

Según la Tabla 01 de la NTP E – 020, para centros educativos para las aulas se considera 250 kgf/m² y para pasadizos, corredores y escaleras 400 kgf/m².

Tabla 62

Metrado de Sobrecarga en aulas - Bloque 2

SOBRECARGA EN AULAS			
PISO	Área (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)
1er Piso	235.06	250.00	58765.00
2do Piso	67.39	250.00	16847.50

Nota. Realizado por los autores (2023)

Tabla 63

Metrado de Sobrecarga en pasadizos - Bloque 2

SOBRECARGA EN PASADIZO			
Piso	Área (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)
1er Piso	67.39	400.00	26956.00
2do Piso	67.39	400.00	26956.00

Nota. Realizado por los autores (2023)

Peso del Bloque 2

Tabla 64

Resumen del Metrado de carga - Bloque 2

Wj (Peso por nivel kg)						
Nivel de evaluación	Peso de columna	Peso de vigas	Peso de techo/losa	Peso de Tabiquería	S/C Sobrecarga	Peso del piso (Wj) kg
1	34099.20	57654.24	16394.40	114516.00	85721.00	308118.44
2	34099.20	57654.24	16394.40	114516.00	43803.50	266200.94

Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.6 Aplicación de métodos de evaluación

4.2.6.1 Aplicación del Método Hirosawa

4.2.6.1.1 Bloque 1

- I. Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Estructural (Is)
 - *Comportamiento estructural (Eo)*

Para el comportamiento estructural de la edificación se analizaron las dimensiones y características. La inspección preliminar de la edificación se concluyó que el sistema estructural del bloque 1 es a porticado en sus direcciones XX y YY. Adicionalmente se consideró la cantidad de niveles existentes y se consideró características de columnas y vigas.

Para determinar los valores de E_o , se determinará el factor C_c .

Tabla 65*Factores de comportamiento estructural Bloque 1*

Factores	Valor
Cmar: Índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería	0
Csc: Índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de concreto armado	0
Ca: Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinado	0
Cma: Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada	0
Cw: Índice de resistencia proporcionada por los muros de concreto armado	0
Cc: Índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto armado	≠ 0 - calcular

Nota. Elaboración propia (2023)

Para calcular el Cc, se tomó la siguiente formula, posteriormente se calculan los factores Ac1 y Ac2 según corresponda.

$$C_c = \frac{f'c}{200} \times \frac{10x \sum A_{C1} + 7x \sum A_{C2}}{\sum_{j=i}^{np} W_j}$$

Tabla 66*Factores Ac1 y Ac2*

Nivel	Ac1 (cm2)	Ac2 (cm2)
1	0	7250.00
2	0	7250.00

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Se calculo el f'c para el Bloque 1 en el ensayo de esclerometría teniendo como resultado 288 kg/cm2, así mismo se calculó anteriormente el peso del Bloque 1, con estos datos calcula Cc.

Tabla 67*Cálculo del Cc para el Bloque 1*

Cc					
Nivel	f'c (kg/cm2)	Ac1 (cm2)	Ac2 (cm2)	Wj (Kg)	Cc
1	288	0	7250.00	511424.27	0.073
2	288	0	7250.00	492905.87	0.148

Nota. Realizado por los autores (2023)

De acuerdo a la Tabla 10 se determina el factor de ductilidad F y los coeficientes alfa según la Tabla 11, considerando los siguientes:

Tabla 68*Factor de ductilidad para el Bloque 1*

F (Índice de ductilidad asociado a los elementos verticales)	
F 1	Si Cmar, Ca y Csc son iguales a cero
F 0.8	Si Cmar, Ca y Csc son diferentes a cero

Nota. Realizado por los autores (2023)**Tabla 69***Coeficiente alfa para el Bloque 1*

Valores del coeficiente α				
Tipo	α1	α2	α3	Modo de falla
A	1	0.7	0.5	Columnas cortas y paredes portantes controlan la falla
B	0	1	0.7	Muro de concreto armado controlan la falla
C	0	0	1	Columnas de concreto armado controlan la falla

Nota. Realizado por los autores (2023)

Con los valores obtenidos se simplifica la fórmula de Eo quedando la siguiente:

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_3 * C_c) * F$$

Tabla 70*Eo para el Bloque 1*

Eo		
Eo piso	1	0.072764918
Eo piso	2	0.111197702

Nota. Realizado por los autores (2023)

- *Cálculo de Índice sísmico de configuración estructural (SD)*

A continuación, se detallan los valores para cada factor de configuración estructural.

Tabla 71*Valores de Gi y Ri para el Bloque 1*

	Ítem	Gi			Ri
		1	0.9	0.8	
1	Regularidad	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1
2	Relación largo - ancho	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0.5
3	Contracción de planta	$0.8 \leq C$	$0.5 \leq C \leq 0.8$	$C < 0.5$	0.5
4	Atrio o patio interior	$Rap = 0.1$	$0.1 < Rap \leq 0.3$	$0.3 < Rap$	0.5
5	Excentricidad de atrio o patio interior	$f1 = 0.4$ $f2 = 0.1$	$f1 \leq 0.4$ $0.1 < f2 \leq 0.3$	$0.4 < f1$ $0.3 < f2$	0.25
6	Subterráneo	$1 \leq Ras$	$0.5 \leq Ras < 1.0$	$Ras < 0.5$	1
7	Junta de dilatación	$0.01 \leq s$	$0.005 \leq s < 0.01$	$s < 0.005$	0.5
8	Uniformidad de altura de piso	$0.8 \leq Rh$	$0.7 \leq Rh < 0.8$	$Rh < 0.7$	0.5

Nota. Realizado por los autores (2023)

- Se considera el factor a_3 , Para definir el ítem 1, ya que la edificación es de forma irregular y el volado supera el treinta por ciento del área total de la planta por lo que el $G_i = 0.8$.

- Para definir el ítem 2 se considera la relación larga – ancho de la planta de la estructura que $B = 3.35$ por lo que el valor de $G_i = 0.9$.

Largo=39.94 ml

Ancho= 11.91 ml

$$B = \frac{34.94ml}{11.91ml} = 3.35$$

- Para definir el ítem 3 el valor de la contracción de planta se calcula el valor de C que es la división de $D_1 = 8.16$ ml entre $D_o = 11.91$ ml obteniendo un valor de $C = 0.69$ por lo que el $G_i = 0.9$. Como se detalla a continuación.

$$C = \frac{D_1}{D_o} = \frac{8.16ml}{11.91 ml} = 0.69$$

- Los ítems 4,5, y 6 no se consideran debido a que no se presentan en la estructura.

- El ítem 7 se define por la razón del espesor de la junta y la altura de la estructura. Obteniendo como resultado 0.007 por lo que $G_i = 0.9$.

$$s = \frac{0.05}{7.2} = 0.007$$

- El ítem 8 se define el factor R_h que esta dado por la altura de los niveles de la edificación. Siendo el primer nivel de 3.7 m y el segundo nivel por 3.5m, se obtiene como $R_h = 0.95$ por lo que el valor de $G_i = 1$.

$$R_h = \frac{3.7}{3.7} = 1$$

Por lo tanto, los valores de SD se muestran

Tabla 72

Valor de SD para el Bloque 1

Ítem	SD
1	0.80
2	0.95
3	0.95
7	0.95
8	1.00
SD B1 – piso 1	0.686
SD B1 – piso 2	0.686

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Cálculo del Índice de Deterioro de la Edificación (T)

Para este punto se considera de según las consideraciones del método. Para ello fue necesario realizar la inspección visual, así como la consulta respectiva con el personal administrativo de la institución.

A continuación, se detallan las consideraciones tomadas.

T1: La estructura del Bloque 1 no presenta signos de deformación.

T2: La estructura del Bloque 1 presenta grietas en los muros.

T3: La estructura del Bloque 1 no ha experimentado incendio.

T4: La estructura del Bloque 1 no almacena sustancias químicas.

T5: La estructura del Bloque 1 presenta daño estructural ligero.

Tabla 73*Valor de T para el Bloque 1*

Resultados (T)	
T1 – Bloque 1	1
T2 – Bloque 1	0.9
T3 – Bloque 1	1
T4 – Bloque 1	1
T5– Bloque 1	1
Valor representativo (T)	0.9

Nota. Realizado por los autores (2023)

Con los valores de Eo, SD y T procedemos a calcula el índice de vulnerabilidad Is este procedimiento se realizará para cada nivel de la estructura y se toma el valor más bajo como representativo de toda la estructura.

Tabla 74*Valor de Is para el Bloque 1*

Is (Índice de vulnerabilidad estructural)	
Bloque 1	
Is = E0 * SD * T	
Parámetro	Valor
Eo bloque 1 - piso 2	0.1112
Eo bloque 1 - piso 1	0.0728
SD bloque 1	0.69
T – bloque 1	0.90
Is piso 2 – bloque 1	0.069
Is piso 1 – bloque 1	0.045
Is bloque 1	0.045

Nota. Realizado por los autores (2023)

Cálculo de Índice de Juicio Estructural (Iso)

Para el cálculo de este índice se hace uso de la siguiente fórmula:

$$Iso = Eso * Z * G * U$$

Donde consideramos los valores según la norma E-030 del Reglamento de Edificaciones del Perú.

- *Factor de Zona Sísmica (Z)*

El distrito de Cerro Colorado de la provincia de Arequipa, región Arequipa donde se ubica la Institución Educativa, pertenece según la NTP E-030, a la Zona 3.

Tabla 75

Factor Z para el Bloque 1

ZONIFICACIÓN	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota. Elaborado por los autores (2023)

- *Resistencia Sísmica básica requerida (Eso)*

Para el cálculo de este factor se hace uso de los siguientes datos:

Parámetros de Sitio S, TP y TL Según la norma E-030, para una zona 3 y un tipo de suelos S2 consideramos:

Tabla 76

Parámetros de sitio para Zona 3

Parámetros de sitio para Z3	
Perfil tipo	S2
S	1.15
Tp (S)	0.6
Tl (S)	2.0

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Factor de Amplificación Sísmica (C)

Según la norma E-030, este factor se determina.

Si:

- $T < T_p$; $C = 2,5$
- $T_p < T < T_L$; $C = 2,5 * (\frac{T_p}{T})$
- $T > T_L$; $C = 2,5 * (\frac{T_p * T_L}{T^2})$

Se considera a T como el periodo fundamental de vibración y se estima con la siguiente ecuación:

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

Donde el valor de CT se determina según la estructura de la edificación.

CT = 35	para edificaciones que presentan pórticos de concreto armado con ausencia de muros de corte y pórticos dúctiles de acero.
CT=45	para edificaciones con pórticos de concreto con muros en escaleras y/o ascensores y pórticos arriostrados.
CT=60	para edificaciones de albañilería y edificaciones duales de muros estructurales y muros de ductilidad limitada

Según estas consideraciones se calculan todos los valores requeridos.

Tabla 77

Factor de amplificación sísmica para el Bloque 1

“C”	
Ct	35
hn	7.20
T	0.21
C	2.5

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Coefficiente de Reducción de fuerzas sísmicas R

Este coeficiente está determinado por el producto de los valores de R_o , I_a e I_p .

Según la tabla N° 7 de la NTP E-030 (2018), clasifica a los sistemas estructurales según materiales usados e indica su coeficiente básico de reducción (R_o).

El sistema estructural de concreto reforzado con pórticos, que tiene un coeficiente de reducción de 8, es el que determina el Bloque 1. A fin de identificar la irregularidad, se clasifica que es una edificación regular, ya que no existen irregularidades en el diseño ni en la altura del edificio. Esta clasificación se determinará teniendo en cuenta lo especificado en la normativa E-030.

Tabla 78*Coefficiente R para el Bloque 1*

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS		
Sistema estructural	Pórticos	
R0	8	
Irregularidad (No presenta irregularidades)	Ia	1
	Ip	1
R	8	

Nota. Realizado por los autores (2023)

De acuerdo con la siguiente ecuación, podemos determinar el valor del factor de resistencia básica necesario, utilizando los valores de las características del sitio, el factor de amplificación sísmica y el coeficiente de reducción de la fuerza sísmica.

$$Eso = \frac{Z * C}{R}$$

Tabla 79*Factor de resistencia básica requerida Eso para Bloque 1*

Resistencia sísmica “Eso”	
Eso	0.11

Nota. Elaborado por los autores (2023)

- *Factor de influencia por las condiciones topográficas y geotécnicas*

(G)

Se determina según las consideraciones del método.

Tabla 80

Factor G para Bloque 1

FACTOR TOPOGRÁFICO “G”	
Con pendiente	1.1
sin pendiente	1

Nota. Elaborado por los autores (2023)

- *Factor de importancia del edificio por su uso (U)*

Este factor de uso se determinó según la tabla N°5 de la NTP E-030 (2018), que incluye a las instituciones educativas en la categoría A – Edificaciones Esenciales asignándoles un factor de uso de 1,5.

Se calcula el “índice de juicio estructural (Iso)”, con todos los valores mencionado que se detalla a continuación:

Tabla 81

Índice de juicio estructura Iso para el Bloque 1

CÁLCULO DEL “Iso” – Bloque 1	
Iso = Eso*Z*G*U	
Parámetro	Valor
Eso	0.11
Z	0.35
G	1.1
U	1.5
Iso	0.063

Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.6.1.2 Bloque 2:

I. Cálculo del Índice de Vulnerabilidad Estructural (Is)

- *Comportamiento estructural (Eo)*

Se analizaron las dimensiones y características de la inspección preliminar de la edificación; se concluyó que el sistema estructural del bloque 2 es a porticado en sus dos direcciones XX y YY.

Para determinar los valores de Eo, se determinará el factor Cc.

Tabla 82

Factores de comportamiento estructural - Bloque 2

Factores	Valor
Cmar: Índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería	0
Csc: Índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de concreto armado	0
Ca: Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinado	0
Cma: Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada	0
Cw: Índice de resistencia proporcionada por los muros de concreto armado	0
Cc: Índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto armado	≠ 0 - calcular

Nota. Elaboración propia (2023)

Para calcular el Cc, se tomó la siguiente formula, posteriormente se calculan los factores Ac1 y Ac2 según corresponda.

$$C_c = \frac{f'_c}{200} \times \frac{10x \sum A_{C1} + 7x \sum A_{C2}}{\sum_{j=i}^{np} W_j}$$

Tabla 83*Factores Ac1 y Ac2 – Bloque 2*

Nivel	Ac1 (cm2)	Ac2 (cm2)
1	0	5250.00
2	0	5250.00

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Se calculó el $f'c$ para el Bloque 2 en el ensayo de esclerometría teniendo como resultado 237 kg/cm², así mismo se calculó anteriormente el peso del Bloque 2, con estos datos calcula Cc.

Tabla 84*Cálculo del Cc para el Bloque 2*

Cc					
Nivel	$f'c$ (kg/cm ²)	Ac1 (cm ²)	Ac2 (cm ²)	Wj (Kg)	Cc
1	237	0	5250.00	308384.84	0.076
2	237	0	5250.00	266467.34	0.163

Nota. Realizado por los autores

De acuerdo a la Tabla 10 se determina el factor de ductilidad F y los coeficientes alfa según la Tabla 11, considerando los siguientes:

Tabla 85*Factor de ductilidad para el Bloque 2*

F (Índice de ductilidad asociado a los elementos verticales)	
F 1	Si Cmar, Ca y Csc son iguales a cero
F 0.8	Si Cmar, Ca y Csc son diferentes a cero

Nota. Realizado por los autores (2023)

Tabla 86*Coeficiente alfa para el Bloque 2*

Valores del coeficiente α				
Tipo	α_1	α_2	α_3	Modo de falla
A	1	0.7	0.5	Columnas cortas y paredes portantes controlan la falla
B	0	1	0.7	Muro de concreto armado controlan la falla
C	0	0	1	Columnas de concreto armado controlan la falla

Nota. Realizado por los autores (2023)

Con los valores obtenidos se simplifica la fórmula de E_0 quedando la siguiente:

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_3 * C_c) * F$$

Tabla 87*E₀ para el Bloque 2*

Índice Sísmico Básico de Comportamiento Estructural (E ₀)		
Número de piso		
E ₀ piso	1	0.075756432
E ₀ piso	2	0.122572479

Nota. Realizado por los autores (2023)

Cálculo de Índice sísmico de configuración estructural (SD)

A continuación, se detallan los valores para cada factor de configuración estructural teniendo en cuenta las consideraciones del método.

Tabla 88*Valores de Gi y Ri para el Bloque 2*

	Ítem	Gi			Ri
		1	0.9	0.8	
1	Regularidad	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1
2	Relación largo - ancho	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0.5
3	Contracción de planta	$0.8 \leq C$	$0.5 \leq C \leq 0.8$	$C < 0.5$	0.5
4	Atrio o patio interior	$Rap = 0.1$	$0.1 < Rap \leq 0.3$	$0.3 < Rap$	0.5
5	Excentricidad de atrio o patio interior	$f1 = 0.4$ $f2 = 0.1$	$f1 \leq 0.4$ $0.1 < f2 \leq 0.3$	$0.4 < f1$ $0.3 < f2$	0.25
6	Subterráneo	$1 \leq Ras$	$0.5 \leq Ras < 1.0$	$Ras < 0.5$	1
7	Junta de dilatación	$0.01 \leq s$	$0.005 \leq s < 0.01$	$s < 0.005$	0.5
8	Uniformidad de altura de piso	$0.8 \leq Rh$	$0.7 \leq Rh < 0.8$	$Rh < 0.7$	0.5

Nota. Elaborado por los autores (2023)

- Se considera el factor a3, para definir el ítem 1, ya que la edificación es de forma irregular y el volado supera el treinta por ciento del área total de la planta por lo que el $G_i = 0.8$.

El área del volado en el Bloque 2 es de 88.27 m² que representa el 39.75% del área de la planta que es 222.09 m².

- Para definir el ítem 2 se considera la relación larga – ancho de la planta de la estructura donde $B = 2.57$ por lo que el valor de $G_i = 0.9$.

Largo=29.24 ml

Ancho= 11.38 ml

$$B = \frac{29.24ml}{11.38ml} = 2.57$$

- Para definir el ítem 3 el valor de la contracción de planta se calcula el valor de C que es la división de $D1 = 8.09 \text{ ml}$ entre $Do = 11.58 \text{ ml}$ obteniendo un valor de $C = 0.70$ por lo que el $Gi = 0.9$. Como se detalla a continuación.

$$C = \frac{D1}{Do} = \frac{8.09 \text{ ml}}{11.58 \text{ ml}} = 0.70$$

- Los ítems 4,5, y 6 no se consideran debido a que no se presentan en la estructura.

- El ítem 7 se define por la razón del espesor de la junta y la altura de la estructura. Obteniendo como resultado 0.007 por lo que $Gi = 0.9$.

$$s = \frac{0.05}{7.2} = 0.007$$

- El ítem 8 se define el factor Rh que esta dado por la altura de los niveles de la edificación. Siendo el primer nivel de 3.7 m y el segundo nivel por 3.7m, se obtiene como $Rh = 0.95$ por lo que el valor de $Gi = 1$.

$$Rh = \frac{3.7}{3.7} = 1$$

Por lo tanto, los valores de SD se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 89

Valor de SD para el Bloque 2

Ítem	SD
1	0.80
2	0.95
3	0.95
7	0.95
8	1.00
SD B2- Piso 1	0.69
SD B2- Piso 2	0.69

Nota. Elaborado por los autores (2023)

- *Cálculo del Índice de Deterioro de la Edificación (T)*

El índice de deterioro de la edificación se realiza según las recomendaciones de Hirosawa, para determinar los índices de deterioro se realizó la inspección visual de la edificación así mismo se consultó al personal administrativo.

Bajo esas consideraciones se tienen las siguientes consideraciones tomadas.

T1: La estructura del Bloque 2 no presenta signos de deformación.

T2. La estructura del Bloque 2 presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras.

T3: La estructura del Bloque 2 no ha experimentado incendio.

T4: La estructura del Bloque 2 no almacena sustancias químicas.

T5: La estructura del Bloque 2 presenta daño estructural ligero.

Tabla 90

Valor de T para el Bloque 2

Resultados (T)	
T1 – Bloque 2	1
T2 – Bloque 2	0.9
T3 – Bloque 2	1
T4 – Bloque 2	1
T5 – Bloque 2	1
Valor (T) Bloque 2	0.9

Nota. Realizado por los autores (2023)

Con los valores de E_o , SD y T procedemos a calcular el índice de vulnerabilidad I_s , este cálculo se hizo para cada nivel de la estructura y se toma el valor más bajo como representativo de toda la estructura.

Tabla 91

Valor de I_s para el Bloque 2

Is – Índice de vulnerabilidad estructural Bloque 2	
$I_s = E_0 * S_d * T$	
Parámetro	Valor
Eo Bloque 2 - piso 2	0.1226
Eo Bloque 2 - piso 1	0.0758
SD Bloque 2	0.69
T Bloque 2	0.90
Is bloque 2 - piso 2	0.076
Is bloque 2- piso 1	0.047
Is bloque 2	0.047

Nota. Realizado por los autores (2023)

Cálculo de Índice de Juicio Estructural (I_{so})

Para el cálculo de este índice se hace uso de la siguiente formula:

$$I_{so} = E_{so} * Z * G * U$$

Donde consideramos los valores según la norma E-030 del (Reglamento de Edificaciones del Perú, 2018).

- *Factor de Zona Sísmica (Z)*

El distrito de Cerro Colorado de la provincia de Arequipa, región Arequipa donde se ubica la Institución Educativa pertenece según la NTP E-030 (2018) a la Zona 3.

Tabla 92

Factor Z para el Bloque 2

ZONIFICACIÓN	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota. Elaborado por los autores (2023)

- *Resistencia Sísmica básica requerida (E_{so})*

Para el cálculo de este factor se hace uso de los siguientes datos:

Parámetros de Sitio S, TP y TL

Según la norma E-030, para una zona 3 y un tipo de suelos S2 consideramos:

Tabla 93

Parámetros de sitio para Zona 3

Parámetros de sitio para Z3	
Perfil tipo	S2
S	1.15
Tp (S)	0.6
TI (S)	2.0

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Factor de Amplificación Sísmica C

Según la norma E-030 (2018), este factor se determina.

Si:

- $T < T_p$; $C = 2,5$
- $T_p < T < T_L$; $C = 2,5 * (\frac{T_p}{T})$
- $T > T_L$; $C = 2,5 * (\frac{T_p * T_L}{T^2})$

Se considera a T como el periodo fundamental de vibración y se estima con la siguiente ecuación:

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

Donde el valor de CT se determina según la estructura.

CT = 35	para edificaciones que presentan pórticos de concreto armado con ausencia de muros de corte y pórticos dúctiles de acero.
CT=45	para edificaciones con pórticos de concreto con muros en escaleras y/o ascensores y pórticos arriostrados.
CT=60	para edificaciones de albañilería y edificaciones duales de muros estructurales y muros de ductilidad limitada

Según estas consideraciones se calculan todos los valores requeridos.

Tabla 94

Factor de amplificación sísmica para el Bloque 2

"C"	
Ct	35
hn	7.20
T	0.21
C	2.5

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Coefficiente de Reducción de fuerzas sísmicas R

Este coeficiente está determinado por el producto de los valores de R_o , I_a e I_p .

Según la tabla N° 7 de la NTP E-030 (2018), clasifica a los sistemas estructurales según materiales usados y su coeficiente básico de reducción (R_o).

A la hora de determinarlo para el bloque 2 se tiene en cuenta el sistema estructural de concreto reforzado con pórticos, que tiene un coeficiente de reducción de 8, para determinar la irregularidad se clasifica como edificación regular debido a la ausencia de irregularidades en planta, altura.

Tabla 95*Coefficiente R para el Bloque 2*

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS	
Sistema estructural	Pórticos
R0	8
Irregularidad (No presenta irregularidades)	la 1
	lp 1
R	8

Nota. Realizado por los autores (2023)

De acuerdo con la siguiente ecuación, podemos determinar el valor del factor de resistencia básica necesario utilizando los valores de las características del emplazamiento, el factor de amplificación sísmica y el coeficiente de reducción de la fuerza sísmica.

$$Eso = \frac{Z * C}{R}$$

Tabla 96*Factor de resistencia básica requerida Eso para Bloque 1*

Resistencia sísmica “Eso”	
Eso	0.109

Nota. Elaborado por los autores (2023)

- *Factor de influencia por las condiciones topográficas y geotécnicas (G)*

Se determina según las consideraciones del método.

Tabla 97

Factor G para Bloque 2

FACTOR TOPOGRÁFICO “G”	
Con pendiente	1.1
sin pendiente	1

Nota. Elaborado por los autores (2023)

- *Factor de importancia del edificio por su uso (U)*

Este factor de uso se determinó según la tabla N°5 de la NTP E-030 (2018), que incluye a las instituciones educativas en la categoría A – Edificaciones Esenciales asignándoles un factor de uso de 1,5.

Con todos los valores mencionado se procede a calcular el índice de juicio estructural (Iso) que se detalla a continuación:

Tabla 98

Índice de juicio estructura Iso para el Bloque 2

CÁLCULO DEL “Iso” Bloque 2	
Iso = Eso*Z*G*U	
Parámetro	Valor
Eso	0.109
Z	0.35
G	1.1
U	1.5
Iso	0.063

Nota. Elaborado por los autores (2023)

4.2.6.2 Aplicación del Método – Análisis Estático no lineal – Pushover

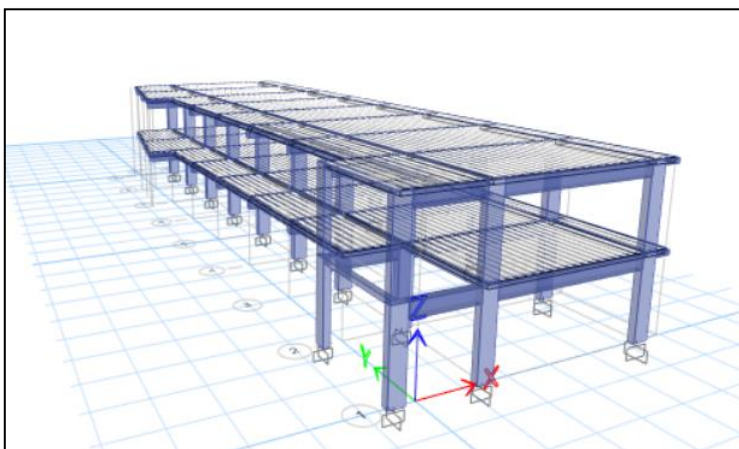
Según el método, para los dos ejes del bloque “1” y “2”, se utilizó como técnica el modelamiento inelástico, en donde se distribuye la plasticidad en todo el largo de los elementos estructurales, así mismo se considera el sistema estructural de ambos bloques que se determinó en la inspección visual considerando los ejes X-X y Y-Y con un sistema aporticado, se tomaron consideraciones estándares para el modelado como designar el comportamiento de los pisos como diafragmas rigidez, el empotramiento de toda la base, además de considerar la tabiquería y carga muerta adicional a las vigas.

4.2.6.2.1 Bloque 1.

A continuación, se describen las características de ingeniería de los pilares y vigas, además de los componentes estructurales.

Figura 114

Modelo Bloque “1”



Nota. Realizado por los autores (2023)

Características de los materiales:

Después de realizar el ensayo de esclerometría se tuvo como resultados que el concreto de los elementos estructurales para vigas como columnas en el bloque 1 es de “f’c es de 288 kg/cm² y un f’y de 4200 kg/cm²” para el acero de refuerzo.

Figura 115

Características del concreto en vigas y columnas

E Material Property Data

General Data

Material Name: Fc=288 kg/cm2 (A)

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Grey] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.0024 kgf/cm³

Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 254558.441227156 kgf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 109129.57 kgf/cm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

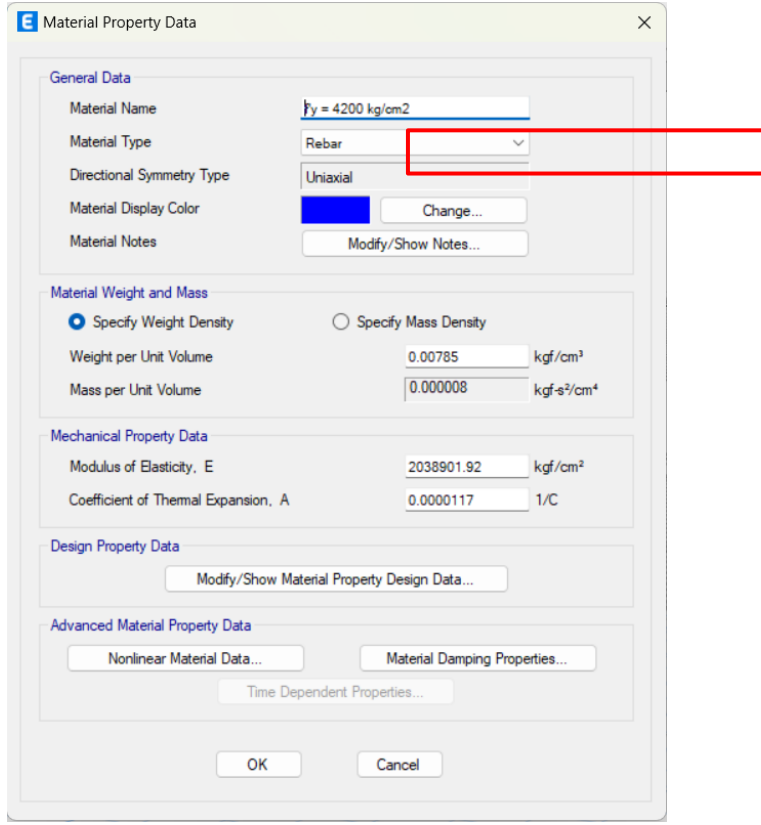
Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) User Specified

OK Cancel

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 116

Características del acero.



Nota. Realizado por los autores (2023).

Dimensiones de los componentes estructurales del Bloque 1

Según la inspección visual y la toma de medidas de los elementos estructurales del Bloque 1, estos se modelan respetando sus dimensiones en el software ETABS 21.1.

Columnas

Columna tipo C-1

Los resultados del escaneo de columnas del bloque 1 determinaron los aceros transversales y longitudinales predominando aceros de 5/8" y 1/2" .

Tabla 99

Características de columna C-1

Edificación	Elemento	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-1		
						∅	Cantidad	Área cm ²
Bloque 1	C-1	70	35	2450	24.5	∅ 1/2	6	7.74
						∅ 5/8	4	7.96
						total (cm²)		15.7

Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 117

Dimensiones de la columna C-1



Nota. La columna C-1 tiene las dimensiones de 0.35mx0.70m y una resistencia $f'c=288$ kg/cm². Elaborado por los autores (2023)

Columna tipo C-2

Los resultados del escaneo de columnas del bloque 1 determinaron los aceros transversales y longitudinales predominando aceros de 5/8" y 1/2" .

Como se pudo observar en la etapa de auscultación un recubrimiento de 3 cm de espesor y 2 cm de tarrajeo tanto para el primer piso como para el segundo piso.

Tabla 100

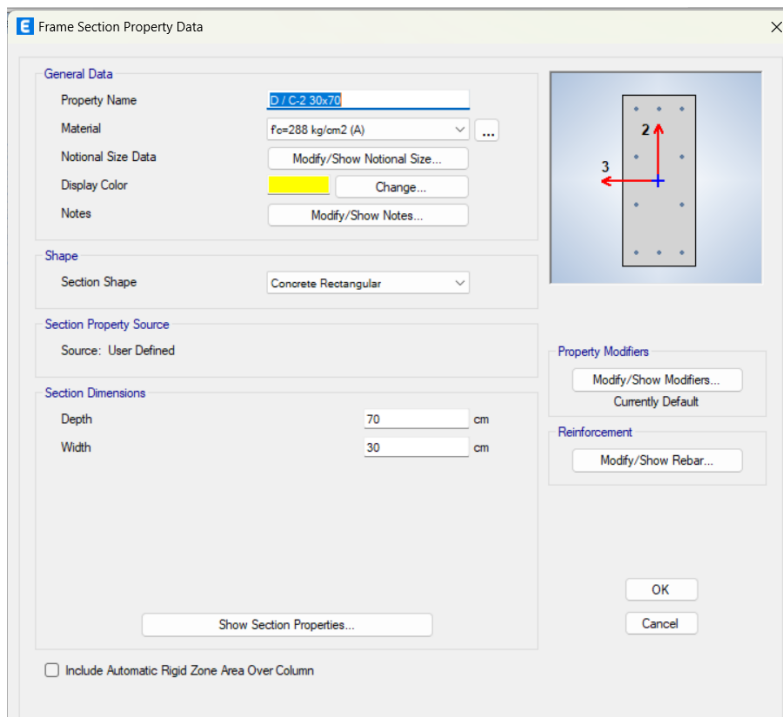
Características de la columna C-2

Edificación	Elemento	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-2		
						∅	Cantidad	Área cm ²
Bloque 1	C-2	70	30	2100	21.00	∅ 1/2	6	7.74
						∅ 5/8	4	7.96
						total (cm²)		15.7

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 118

Dimensiones de la columna C-2



Nota. La columna C-2 tiene las dimensiones de 0.30mx0.70m y una resistencia $f'_c = 288 \text{ kg/cm}^2$. Elaborado por los autores (2023)

Columna tipo C-3

Los resultados del escaneo de columnas del bloque 1 determinaron los aceros transversales y longitudinales predominando aceros de ½” .

Tabla 101

Características de la columna C-3

Edificación	Elemento	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-3		
						Ø	Cantidad	Área cm ²
Bloque 1	C-3	55	30	1650	16.5	Ø 1/2	8	10.32
							total (cm²)	10.32

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 119

Dimensiones de la columna C-3



Nota. La columna C-3 tiene las dimensiones de 0.30mx0.55m y una resistencia $f'_c=288$ kg/cm². Elaborado por los autores (2023)

Columna tipo C-4

Los resultados del escaneo de columnas del bloque 1 donde se determinaron los aceros transversales y longitudinales en los que predominan los aceros de ½”.

Tabla 102

Características de la columna tipo C-4

Edificación	Elemento	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-4		
						∅	Cantidad	Área cm ²
Bloque 1	C-4	30	35	1050	10.5	∅ 1/2	6	7.74
							total (cm²)	7.74

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 120

Dimensiones de la columna C-4



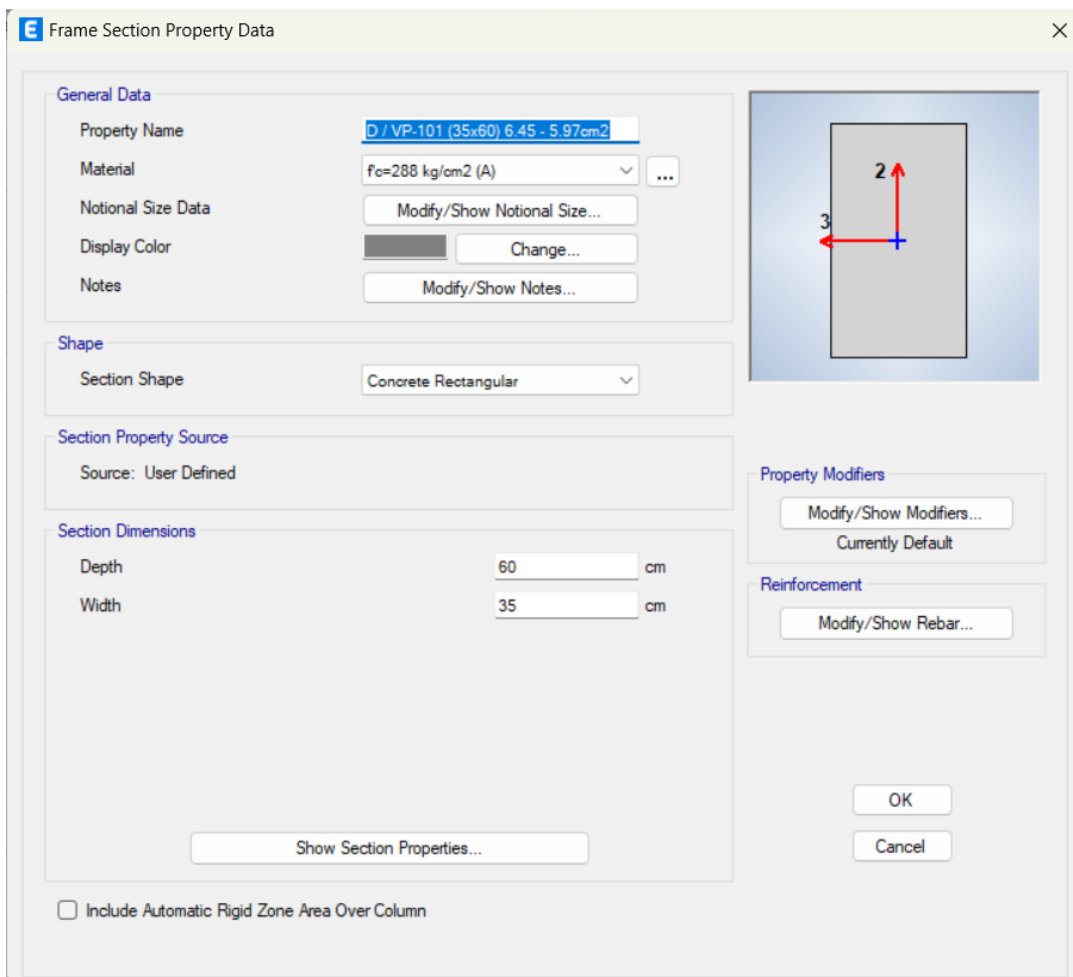
Nota. La columna C-4 tiene las dimensiones de 0.30mx0.35m y una resistencia $f'c=288 \text{ kg/cm}^2$. Elaborado por los autores (2023)

Vigas

En los resultados del escaneo de vigas del bloque 1 donde se determinaron aceros transversales y longitudinales donde predominan aceros de ½” además se pudo observar un recubrimiento de 3 cm y 2 cm de tarrajeo en el primer piso y segundo piso.

Figura 121

Dimensiones de la viga VP-101



Nota. La viga VP-101 tiene las dimensiones de 0.35mx0.60m y una resistencia $f'_c=288$ kg/cm². Elaborado por los autores (2023).

Figura 122

Dimensiones de la viga VP-101

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: D / VP-101 (35x60) INCLINADO 6.45 -

Material: f_c=288 kg/cm² (A) ...

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 60 cm

Width: 35 cm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...

Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK

Cancel

Nota. La viga VP-101 tiene las dimensiones de 0.35mx0.60m y una resistencia $f'_c=288$ kg/cm². Elaborado por los autores (2023).

Figura 123

Dimensiones de la viga VP-102

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: D / VP-102 (35x60) 2.58 - 6.45cm²

Material: $f_c=288$ kg/cm² (A)

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 60 cm

Width: 35 cm

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK
Cancel

Nota. La viga VP-102 tiene las dimensiones de 0.35m x 0.60m y una resistencia $f'_c=288$ kg/cm². Elaborado por los autores (2023).

Figura 124

Dimensiones de la viga VCH-101

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box. The 'General Data' section includes: Property Name: D / VCH 101 (25x20) 2.58 - 2.58cm²; Material: f_c=288 kg/cm² (A); Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...; Display Color: Red; Notes: Modify/Show Notes... The 'Shape' section shows Section Shape: Concrete Rectangular. The 'Section Property Source' section shows Source: User Defined. The 'Section Dimensions' section shows Depth: 20 cm and Width: 25 cm. The 'Property Modifiers' section has a button: Modify/Show Modifiers... Currently Default. The 'Reinforcement' section has a button: Modify/Show Rebar... The 'Include Automatic Rigid Zone Area Over Column' checkbox is unchecked. A diagram on the right shows a rectangular cross-section with coordinate axes 2 (vertical) and 3 (horizontal).

Nota. La viga VCH-101 tiene las dimensiones de 0.25mx0.20m y una resistencia $f'c=288$ kg/cm². Elaborado por los autores (2023).

Figura 125

Dimensiones de la viga VCH-102

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: D / VCH 102 (35x20) 3.87 - 2.58cm2

Material: f_c=288 kg/cm2 (A)

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 20 cm

Width: 35 cm

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

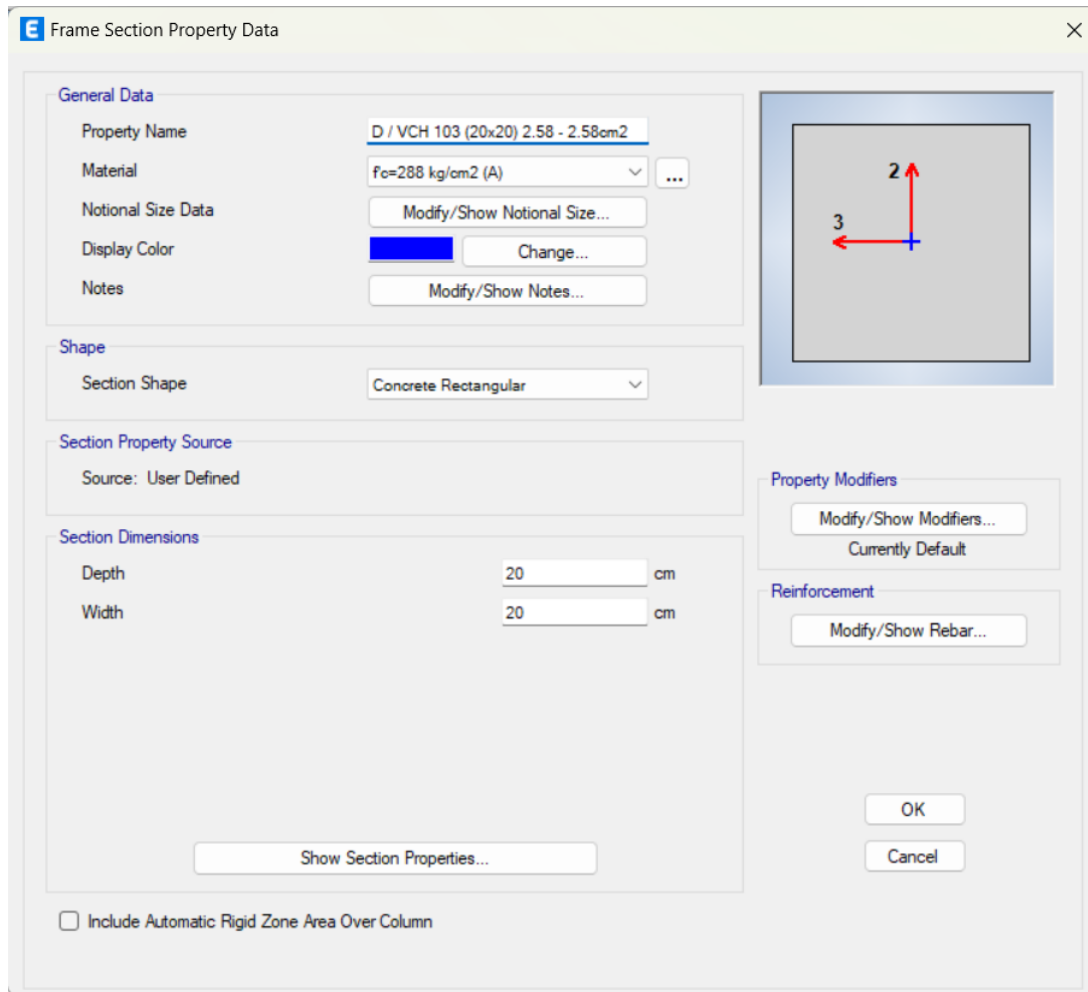
OK

Cancel

Nota. La viga VCH-102 tiene las dimensiones de 0.35mx0.20m y una resistencia $f'_c=288$ kg/cm². Elaborado por los autores (2023).

Figura 126

Dimensiones de la viga VCH-103



Nota. La viga VCH-103 tiene las dimensiones de 0.20mx0.20m y una resistencia $f'c=288$ kg/cm². Elaborado por los autores (2023).

Revisión de elementos estructurales

Se realizó el escaneo de elementos estructurales del Bloque 1, donde se determinó el diámetro, cantidad y estado de deterioro de los aceros longitudinales y transversales. En el modelado en el software ETABS 21, se considera según al diámetro comercial del acero sin tomar en cuenta el desgaste que presentan los aceros según los siguientes detalles.

Figura 127

Detalle de columnas – Bloque 1

TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C - 1 (0.35X0.70)m	<p>4 Ø 5/8"+6 Ø 1/2"</p>	C - 2 (0.30X0.70)m	<p>4 Ø 5/8"+6 Ø 1/2"</p>
C - 3 (0.30X0.55)m	<p>8 Ø 1/2"</p>	C - 4 (0.30X0.35)m	<p>6 Ø 1/2"</p>

Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 128

Detalle de vigas – Bloque 1

TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS
VP - 101 (0.35X0.60)m		VP - 102 (0.30X0.60)m		VCH - 101 (0.25X0.20)m	
	7 Ø 1/2"		7 Ø 1/2"		4 Ø 1/2"
TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS		
VCH - 102 (0.25X0.20)m		VCH - 103 (0.20X0.20)m			
	5 Ø 1/2"		2 Ø 1/2"		

Nota. Realizado por los autores (2023).

Cargas consideradas en el modelo

Las cargas que se consideran en el modelado de la edificación, se tomaron de la norma E-020 que nos brinda las cargas a ser consideradas en edificaciones que pertenecen a infraestructura educativa como se detalla a continuación.

Tabla 103

Carga viva según norma E.020 Cargas

Descripción	Carga
Aulas	250 kg/cm ²
Corredores y escaleras	400 kg/cm ²
Carga viva de techo	100 kg/cm ²

Nota. Adecuado de NTP E.020 (2006)

Tabla 104

Pesos unitarios según norma E.020 Cargas

Descripción	Carga
Unidades de arcilla cocida solidas	1800 kg/cm ³
Concreto armado	2400 kg/cm ³
Acero	7850 kg/cm ³

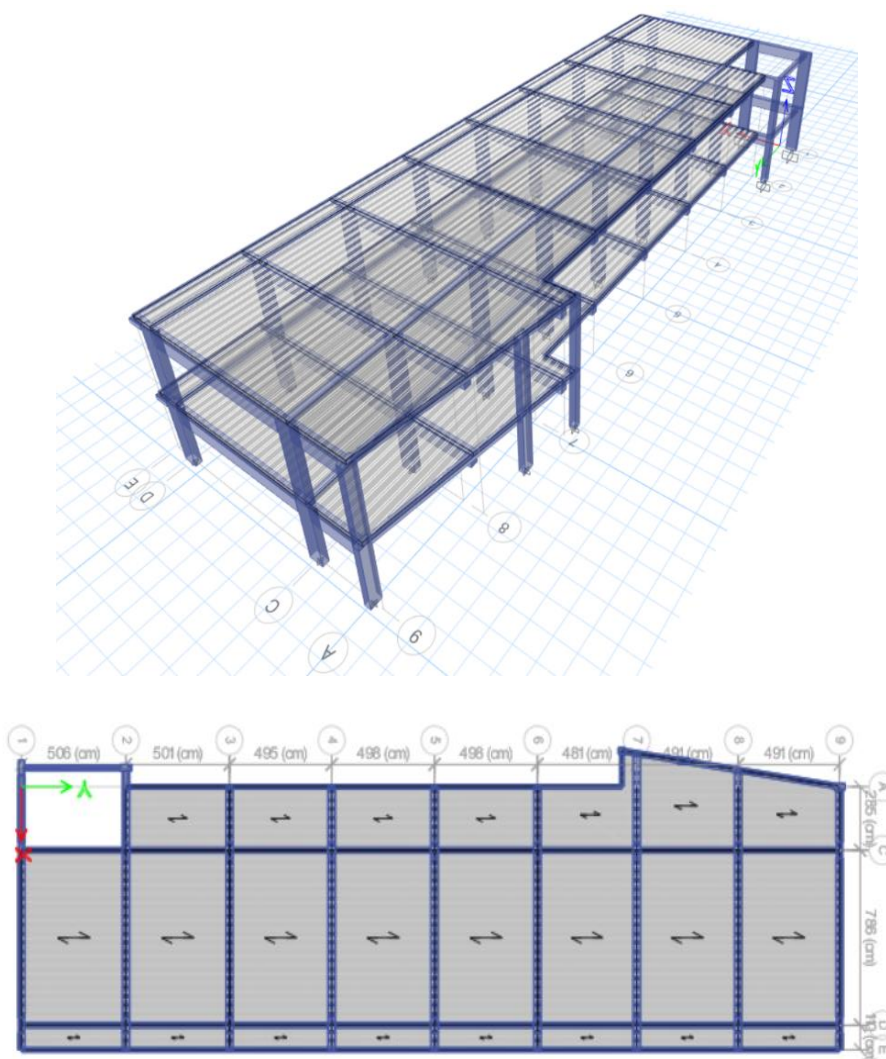
Nota. Adaptado de NTP E.020 (2006).

Modelamiento estructural

Para el modelamiento inicialmente se definió los elementos estructurales, luego se procede a colocar las cargas vivas (CV), cargas muertas (CM), cargas de entre piso y las cargas distribuidas, de donde se obtienen los siguientes resultados.

Figura 124

Modelamiento del bloque "1"



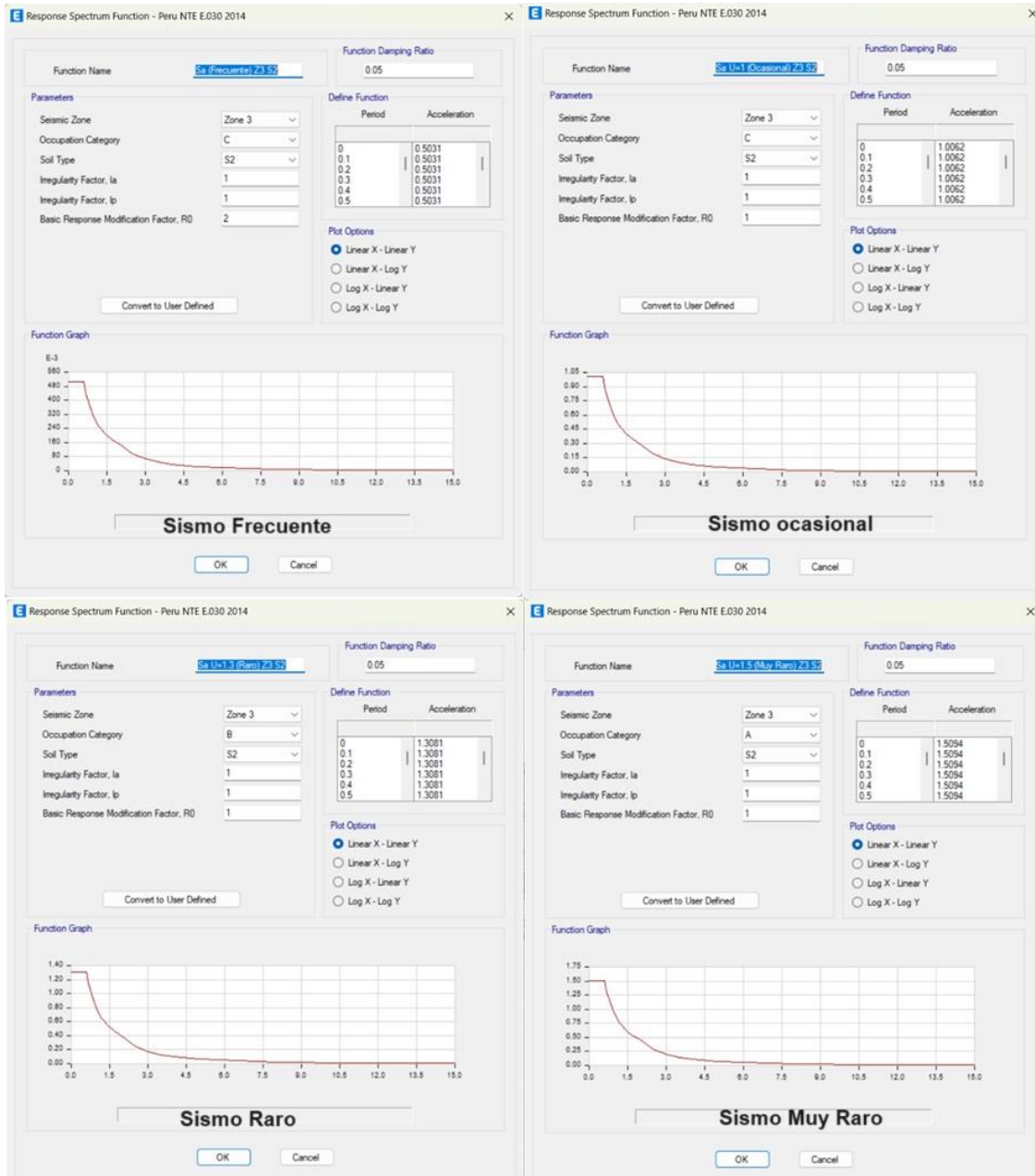
Nota. Vista en 3D y en planta del modelo del Bloque 1. Elaborado por los autores (2023).

Asignación de los espectros de respuesta que se realizó para cada dirección.

Se asignan los espectro para un Sismo Frecuente (SF), Sismo Ocasional (SO), Sismo Raro (SR) y Sismo muy raro (SMR).

Figura 129

Espectros de diseño



Nota. Realizado por los autores (2023).

Creación de la Masa (Mass Source)

De acuerdo con la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 (2018) actualmente en vigor, el cálculo del peso propio (P) de la estructura tiene en cuenta los siguientes factores para un edificio categoría A: con 100% correspondiente a la carga muerta, 50% correspondiente a la carga viva y 25% correspondiente a la cantidad de sobrecarga permanente.

Figura 130

Data de Mass Source.

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box. It includes the following sections:

- Mass Source Name:** A text field containing 'MsSrc1'.
- Mass Source:** A section with three checkboxes: 'Element Self Mass' (unchecked), 'Additional Mass' (unchecked), and 'Specified Load Patterns' (checked). Below this is an unchecked checkbox 'Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:' followed by two empty text input fields labeled 'This Ratio of Diaphragm Width in X Direction' and 'This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction'.
- Mass Multipliers for Load Patterns:** A table with two columns: 'Load Pattern' and 'Multiplier'. The table contains three rows: 'Dead' with multiplier '1', 'Live' with multiplier '0.5', and 'Live roof' with multiplier '0.25'. To the right of the table are 'Add', 'Modify', and 'Delete' buttons.
- Mass Options:** A section with three checkboxes: 'Include Lateral Mass' (checked), 'Include Vertical Mass' (unchecked), and 'Lump Lateral Mass at Story Levels' (checked).

At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Nota. Elaborado por los autores (2023).

Figura 131

Asignación de carga gravitacional.

Load Case Data

General

Load Case Name: CGNL [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: MsSrc1

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.5
Load Pattern	Live roof	0.25

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

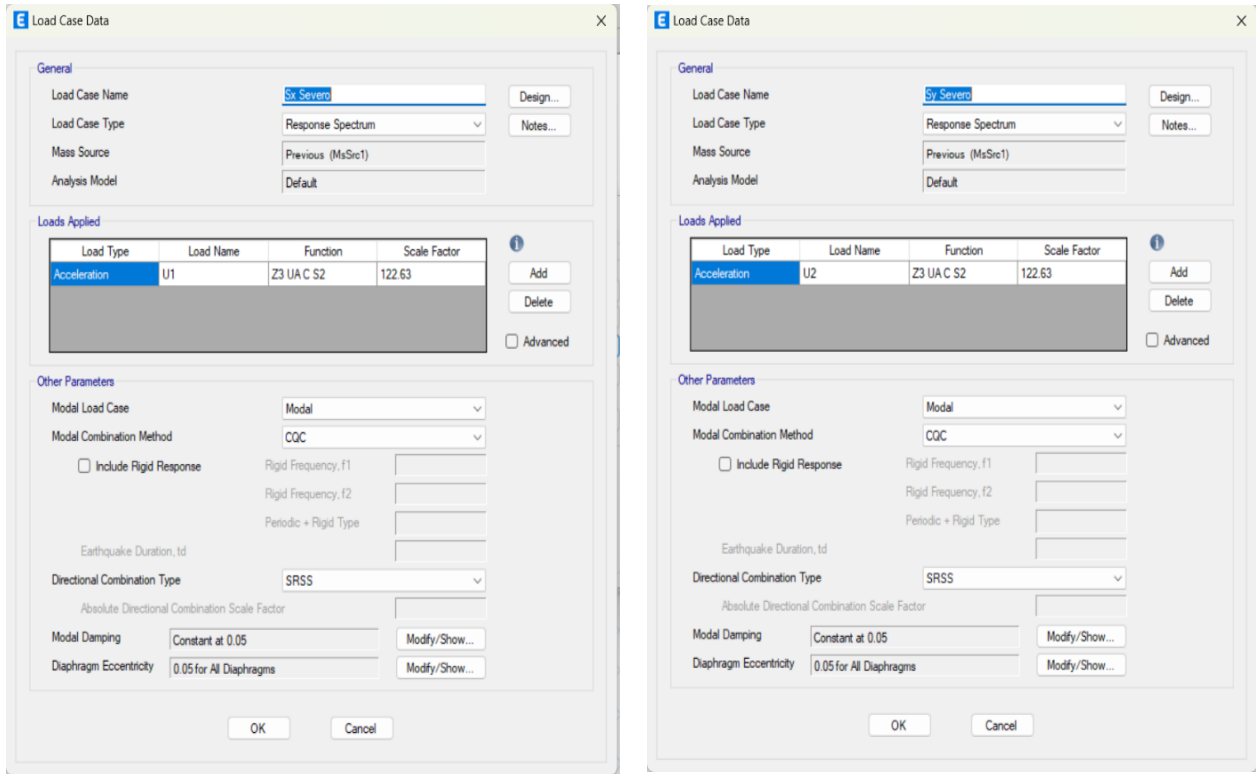
Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 132

Asignación de cargas: espectro de diseño en X-X e Y-Y.



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 133

Asignación de modos.

Load Case Data

General

Load Case Name: Modal [Design...]

Load Case Type/Subtype: Modal Eigen [Notes...]

Mass Source: MASA

Analysis Model: Default

P-Delta/Nonlinear Stiffness

Use Preset P-Delta Settings: None [Modify/Show...]

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Target Mass Par. Ratio, %	Static Correction
Acceleration	UX	99	No
Acceleration	UY	99	No

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 6

Minimum Number of Modes: 1

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

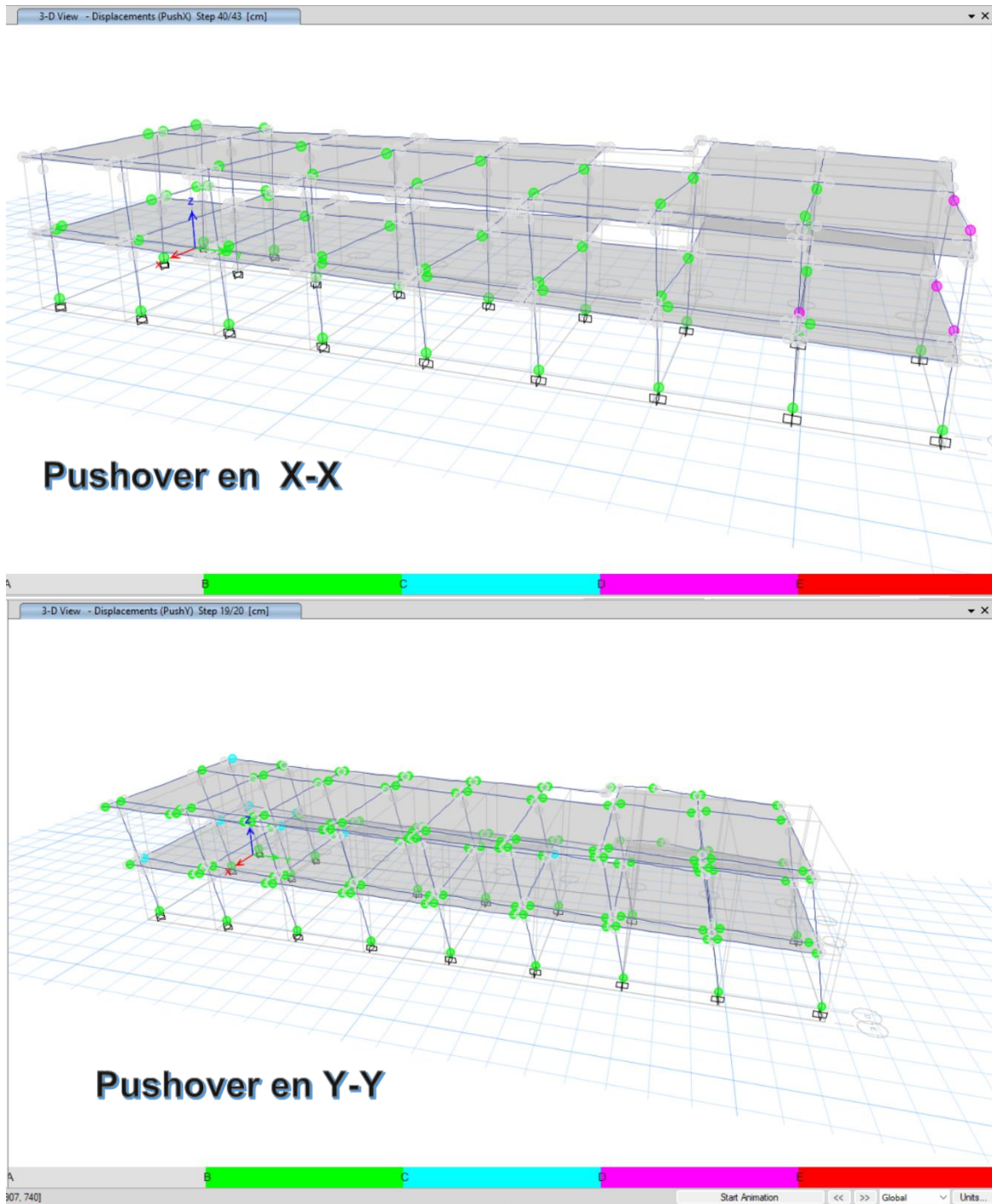
Allow Auto Frequency Shifting

[OK] [Cancel]

Nota. Elaborado por los autores (2023).

Figura 136

Pushover del bloque 1 en X-X y Y-Y



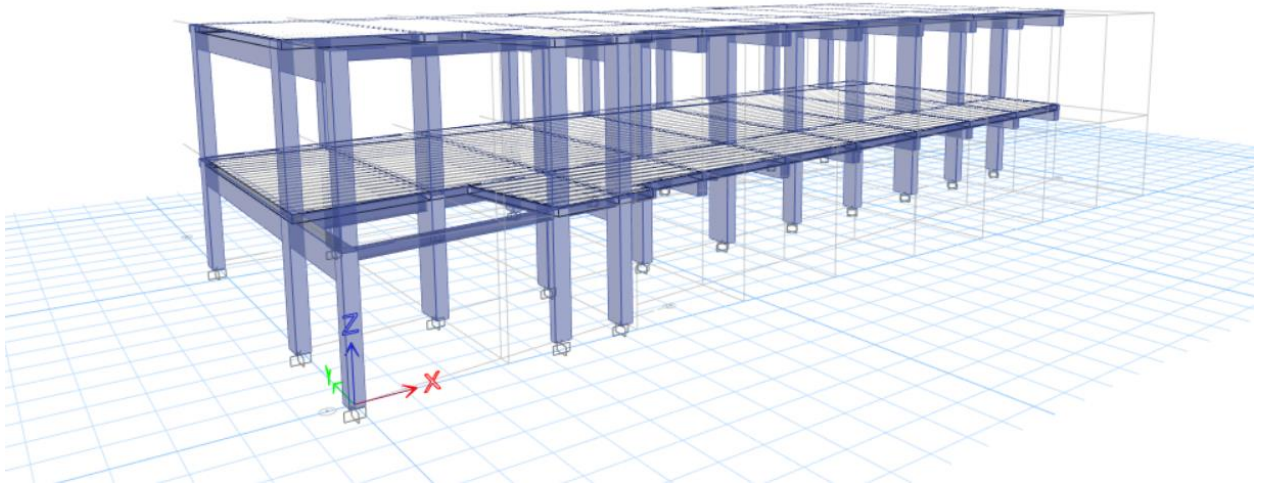
Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.6.2.2 Bloque 2.

Para el modelado del bloque 2, se considera un sistema estructural aporticado, así mismo se introduce la información obtenida de los ensayos realizados y planos.

Figura 137

Modelo Bloque “2”



Nota. Realizado por los autores (2023).

Características de los materiales:

La resistencia del concreto para el bloque 2 es de 237 kg/cm² según el ensayo de esclerometría realizado y el límite de fluencia del acero f_y de 4200 kg/cm².

Figura 138

Características del concreto en vigas y columnas

E Material Property Data

General Data

Material Name: **fc=237 kg/cm2**

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Box] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.000002 tonf/cm³

Mass per Unit Volume: 0 tonf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 254.558 tonf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 110.678 tonf/cm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) User Specified

OK Cancel

Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 139

Características del acero.

Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: kgf/cm³

Mass per Unit Volume: kgf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: kgf/cm²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Nota. Realizado por los autores (2023)

Definición de secciones de elementos estructurales en el bloque “B”

Dimensiones de los componentes estructurales

De acuerdo a la toma de medidas de los elementos del bloque 2, se introducen al software ETABS 21.

Columna tipo C-1

Los resultados del escaneo de columnas del bloque 2 determinaron aceros transversales y longitudinales de 5/8” y 1/2” como se detalla en la tabla para la columna C-1 del Bloque 2.

Tabla 105

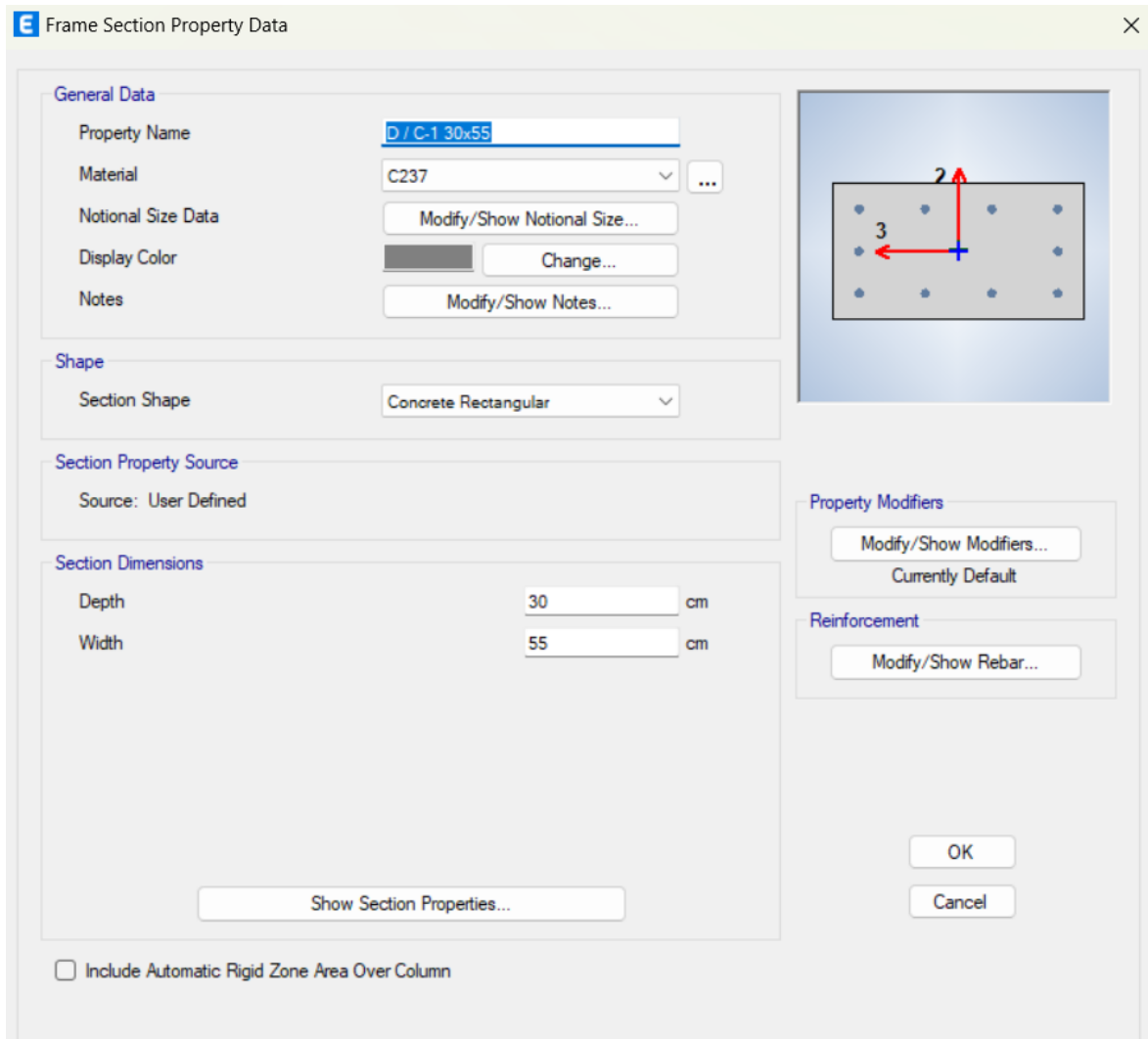
Características de columna C-1

Edificación	Elemento	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-1		
						∅	Cantidad	Área cm ²
Bloque 2	C-1	55	30	1650	16.5	∅ 1/2	4	5.16
						∅ 5/8	4	7.96
<hr/>								
total (cm²)						13.12		

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 140

Dimensiones de la columna C-1



Nota. Realizado por los autores (2023).

Columna tipo C-2

Los resultados del escaneo de columnas del bloque 2 determinaron aceros transversales y longitudinales de 5/8" como se detalla en la tabla para la columna C-2 del Bloque 2.

Tabla 106

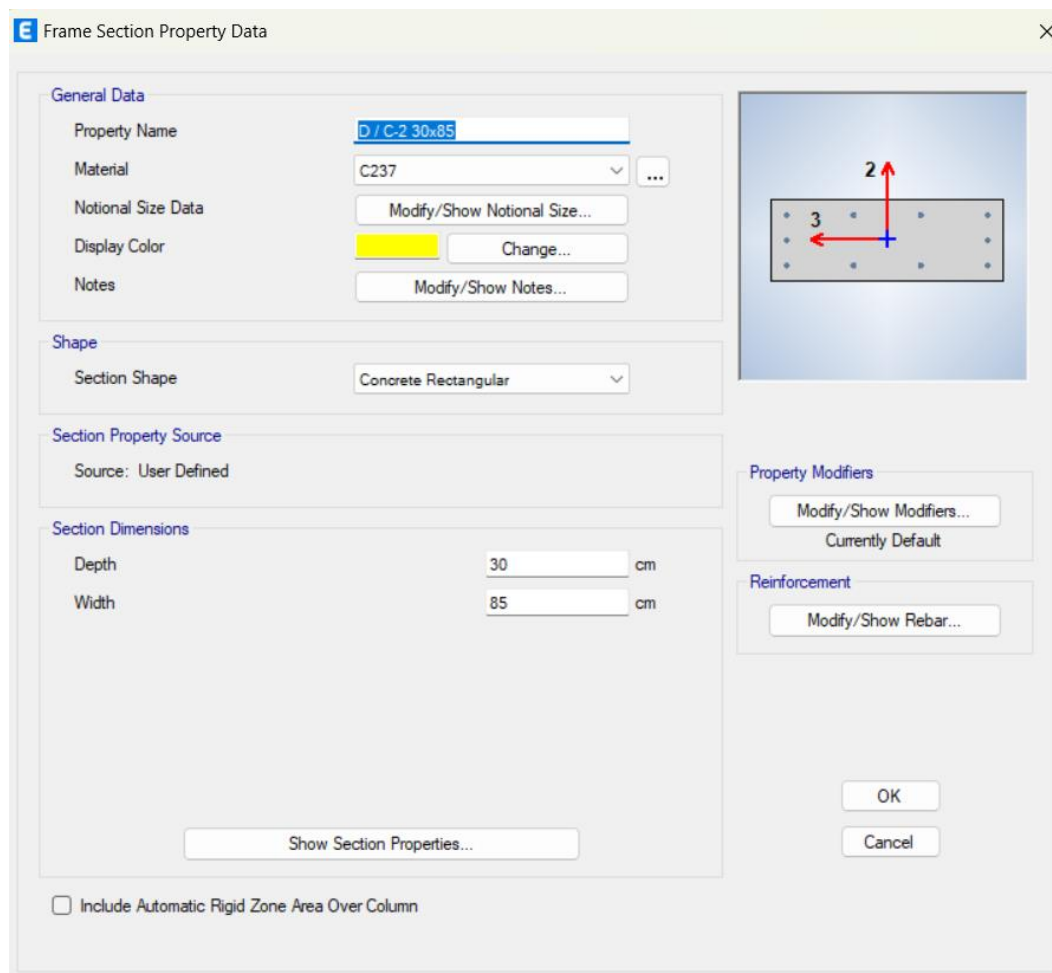
Características de columna C-2

Edificación	Elemento	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-2		
						∅	Cantidad	Área cm ²
Bloque 2	C-2	85	30	2550	25.50	∅ 5/8	10	19.9
total (cm²)								19.9

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Figura 141

Dimensiones de la columna C-2



Nota. Elaborado por los autores (2023).

Columna tipo C-3

Los resultados del escaneo de columnas del bloque 2 determinaron aceros transversales y longitudinales $\frac{1}{2}$ " como se detalla en la tabla para la columna C-3 del Bloque 2.

Tabla 107

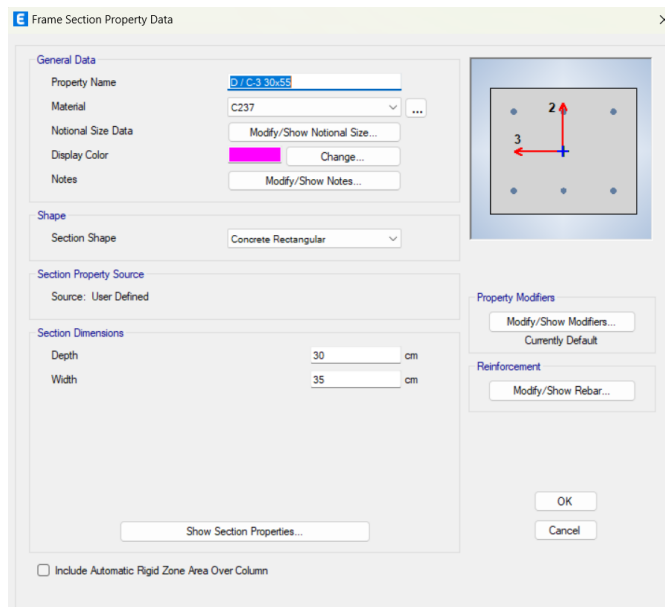
Características de la columna C-3

Edificación	Elemento	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-3		
						∅	Cantidad	Área cm ²
Bloque 2	C-3	30	35	1050	10.5	∅ 1/2	6	7.74
							total (cm²)	7.74

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 142

Dimensiones de la columna C-3



Nota. Realizado por los autores (2023).

Columna tipo C-4

Los resultados del escaneo de columnas del bloque 2 determinaron aceros transversales y longitudinales de ½” como se detalla en la tabla para la columna C-4 del Bloque 2.

Tabla 108

Características de la columna C-4

Edificación	Elemento	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-4		
						∅	Cantidad	Área cm ²
Bloque 2	C-4	40	20	800	8	∅ 1/2	6	7.74
							total (cm²)	7.74

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 143

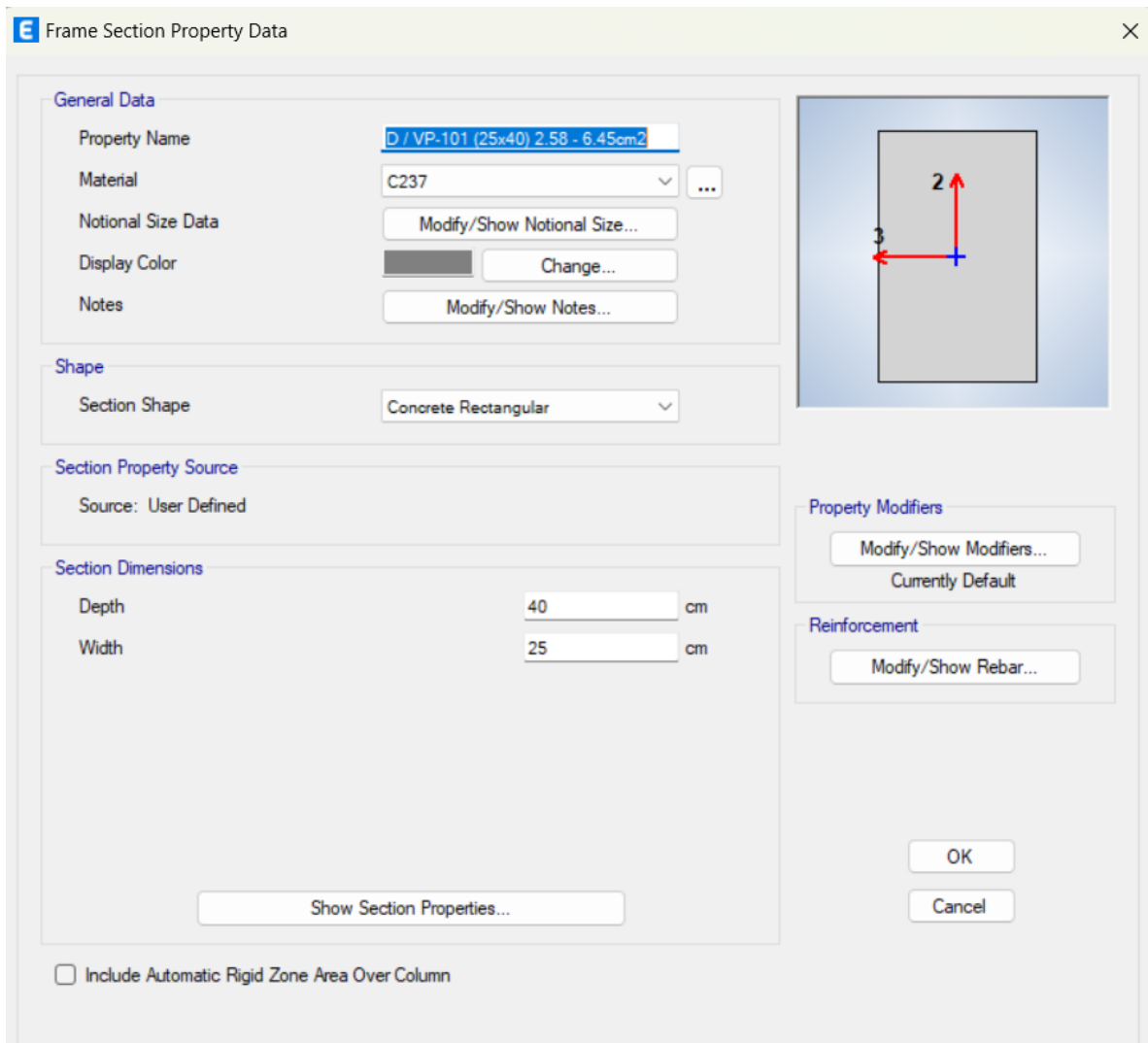
Dimensiones de la columna C-4



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 144

Dimensiones de la viga VP-101



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 145

Dimensiones de la viga VP-102

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: D / VP-102 (30x60) 6.45 - 5.97cm²

Material: C237

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 60 cm

Width: 30 cm

Property Modifiers: Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement: Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK
Cancel

Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 146

Dimensiones de la viga VP-102 inclinada

Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 147

Dimensiones de la viga VCH-101

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: D / VCH 101 (20x20) 2.58 - 2.58cm²

Material: C237

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 20 cm

Width: 20 cm

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

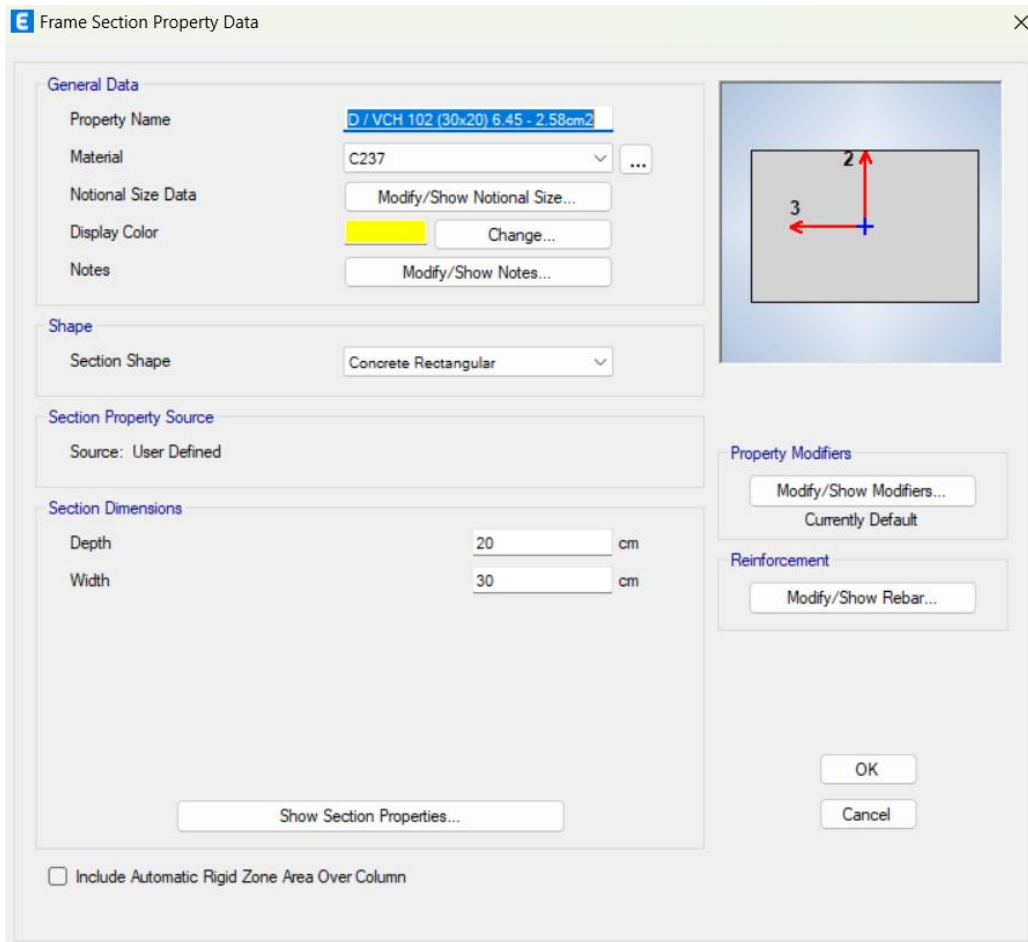
OK

Cancel

Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 148

Dimensiones de la viga VCH-102



Nota. Realizado por los autores (2023).

Revisión de elementos estructurales

La cuantía de los aceros que se consideró en vigas y columnas se obtuvieron del ensayo electromagnético que se realizó a los elementos estructurales, donde se obtuvieron los diámetros y el número de varillas, como se muestra a continuación.

Figura 149

Cuantía y dimensiones de aceros en columnas

TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C - 1 (0.30X0.55)m		C - 2 (0.30X0.85)m	
	4 Ø 3/4"+6 Ø 5/8"		4 Ø 3/4"+6 Ø 5/8"
TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C - 3 (0.30X0.25)m		C - 4 (0.40X0.20)m	
	6 Ø 1/2"		4 Ø 1/2"

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 150

Cuantía y dimensiones de aceros en vigas

TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS
VP - 101 (0.20X0.60)m		VP - 102 (0.30X0.60)m	
	7 Ø 1/2"		7 Ø 1/2"
TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS
VCH - 101 (0.20X0.20)m		VCH - 102 (0.30X0.20)m	
	2 Ø 1/2"		4 Ø 1/2"

Nota. Elaborado por los autores (2023).

Con respecto a las cargas que se introducen, según lo estipula la norma E.0.20 (cargas), se consideró lo siguiente:

Tabla 109

Carga viva según norma E.020 Cargas

Descripción	Carga
Aulas	250 kg/cm ²
Corredores y escaleras	400 kg/cm ²
Carga viva de techo	100 kg/cm ²

Nota. Adecuado de NTP E-020 (2006)

Tabla 110

Pesos unitarios según norma E.020 Cargas

Descripción	Carga
Unidades de arcilla cocida solidas	1800 kg/cm ³
Concreto armado	2400 kg/cm ³
Acero	7850 kg/cm ³

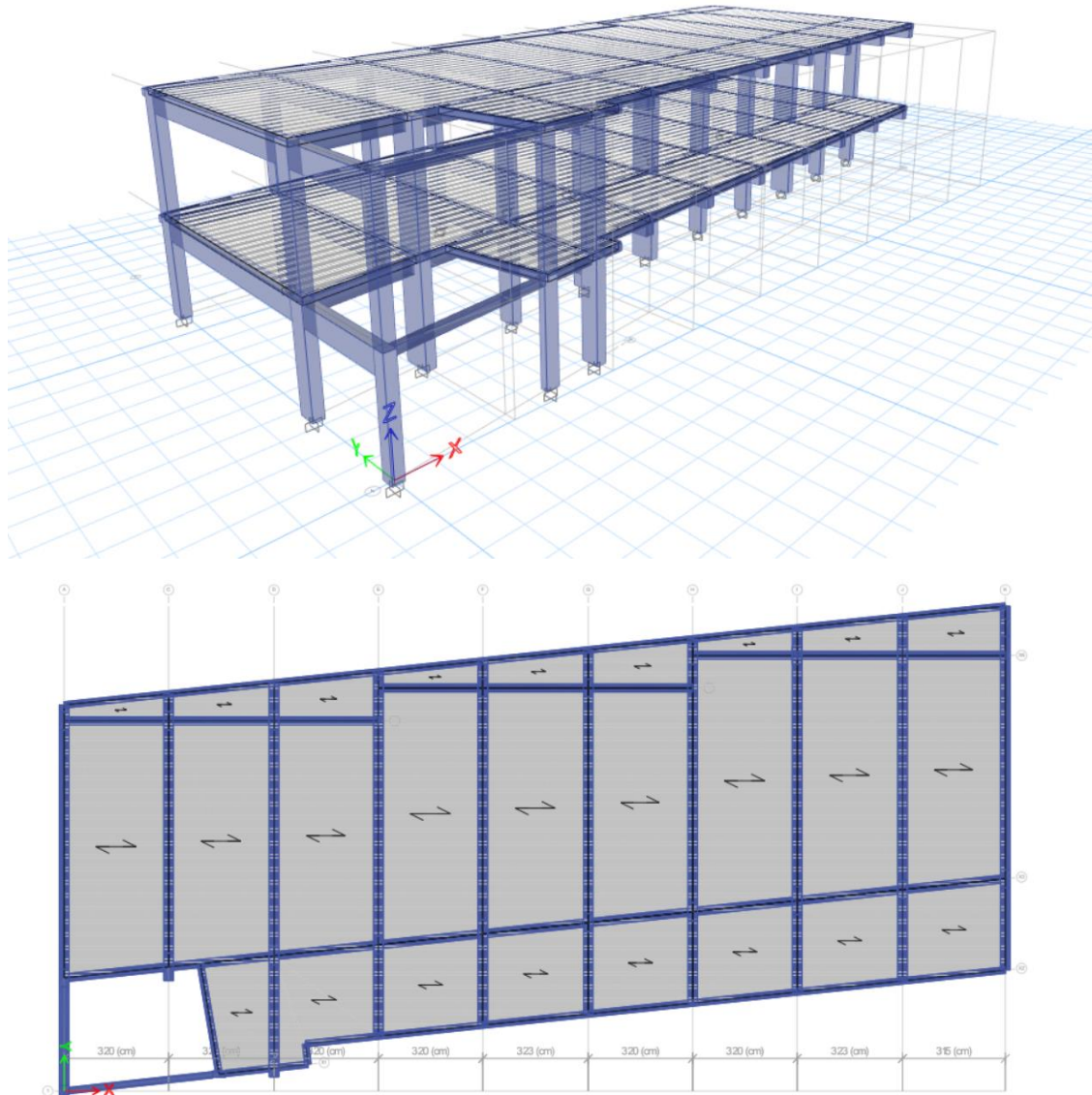
Nota. Adaptado de NTP E-020 (2006)

Modelamiento estructural

Para el modelamiento se definió los elementos estructurales posteriormente se asignan las “cargas vivas (CV), cargas muertas (CM), cargas de entre piso y las cargas distribuidas” y se tiene el siguiente modelado de la edificación.

Figura 151

Modelamiento del bloque "B"



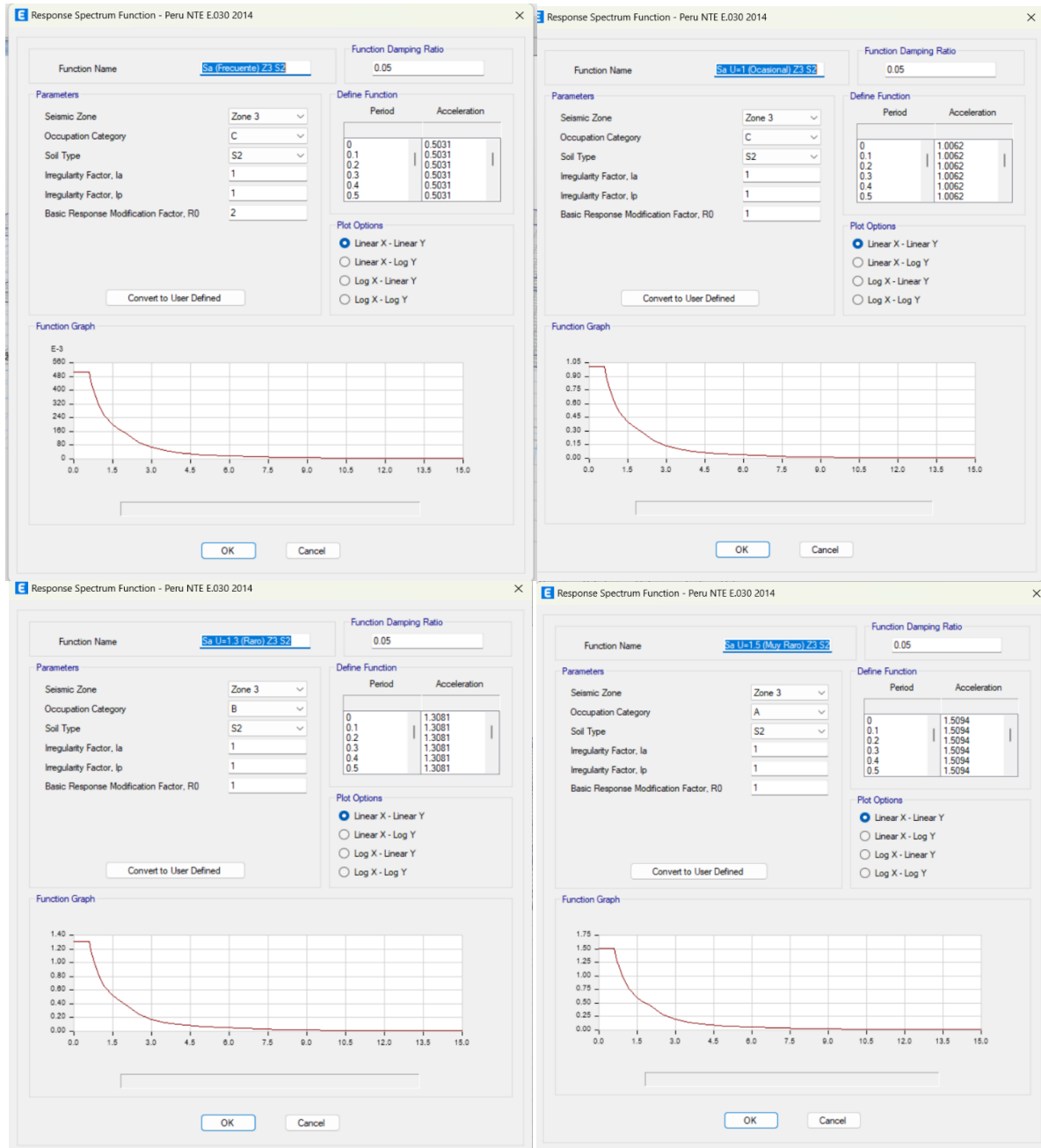
Nota. Elaborado por los autores (2023).

Asignación de los espectros de respuesta para cada dirección

Se asignaron los espectros para los sismos: SF, SO,SR y SMR.

Figura 152

Espectros de diseño



Nota. Elaborado por los autores (2023).

Creación de la Masa (Mass Source)

Es el cálculo del peso propio (P) de la estructura, es según la norma sismorresistente, “100% de la carga muerta (CM), 50 % de la carga viva (CV) y 25% de la sobrecarga permanente”.

Figura 153

Data de Mass Source.

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box with the following data:

Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	fe=237 kg/cm2	
	Material Type	Concrete	
	Directional Symmetry Type	Isotropic	
	Material Display Color		
	Material Notes		
Material Weight and Mass	Weight per Unit Volume	0.000002	tonf/cm ³
	Mass per Unit Volume	0	tonf-s ² /cm ⁴
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	254.558	tonf/cm ²
	Poisson's Ratio, U	0.15	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099	1/C
	Shear Modulus, G	110.678	tonf/cm ²
Design Property Data	Modify/Show Material Property Design Data...		
Advanced Material Property Data	Nonlinear Material Data...		
	Material Damping Properties...		
	Time Dependent Properties...		
Modulus of Rupture for Cracked Deflections	Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)		
	User Specified		

Nota. Elaborado por los autores (2023).

Figura 154

Asignación de carga gravitacional no lineal.

Load Case Data

General

Load Case Name: CGNL [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: MsSrc1

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	Live	0.5
Load Pattern	Live roof	0.25

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

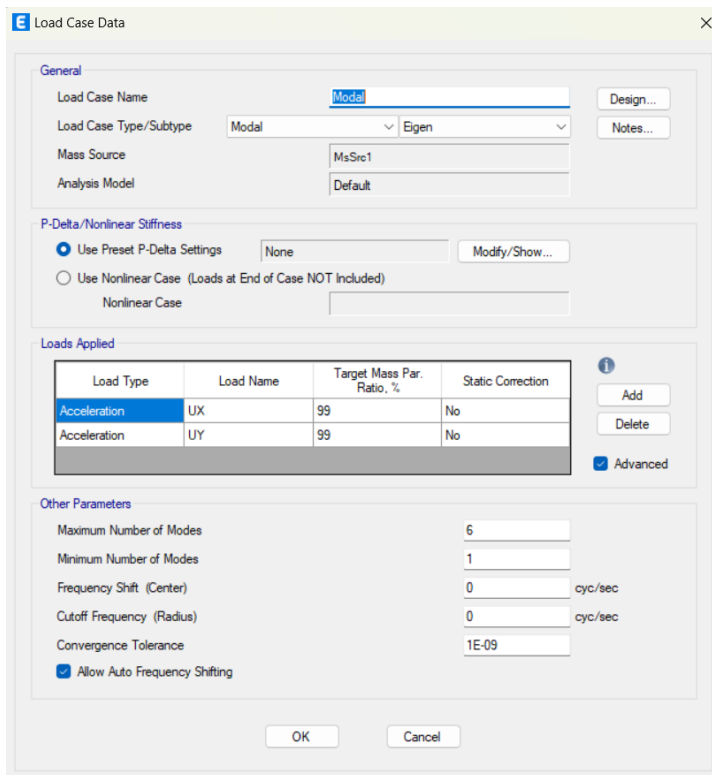
Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Nota. Elaborado por los autores (2023).

Figura 155

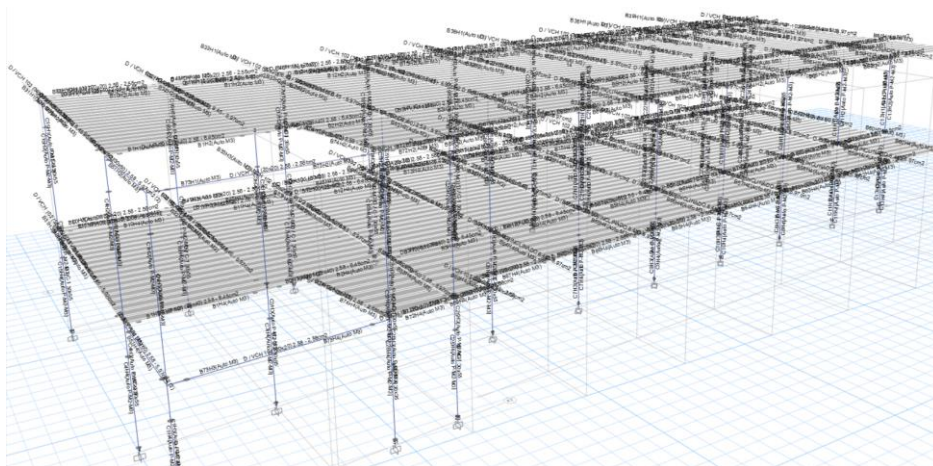
Asignación de modos.



Nota. Elaboración propia (2023).

Figura 156

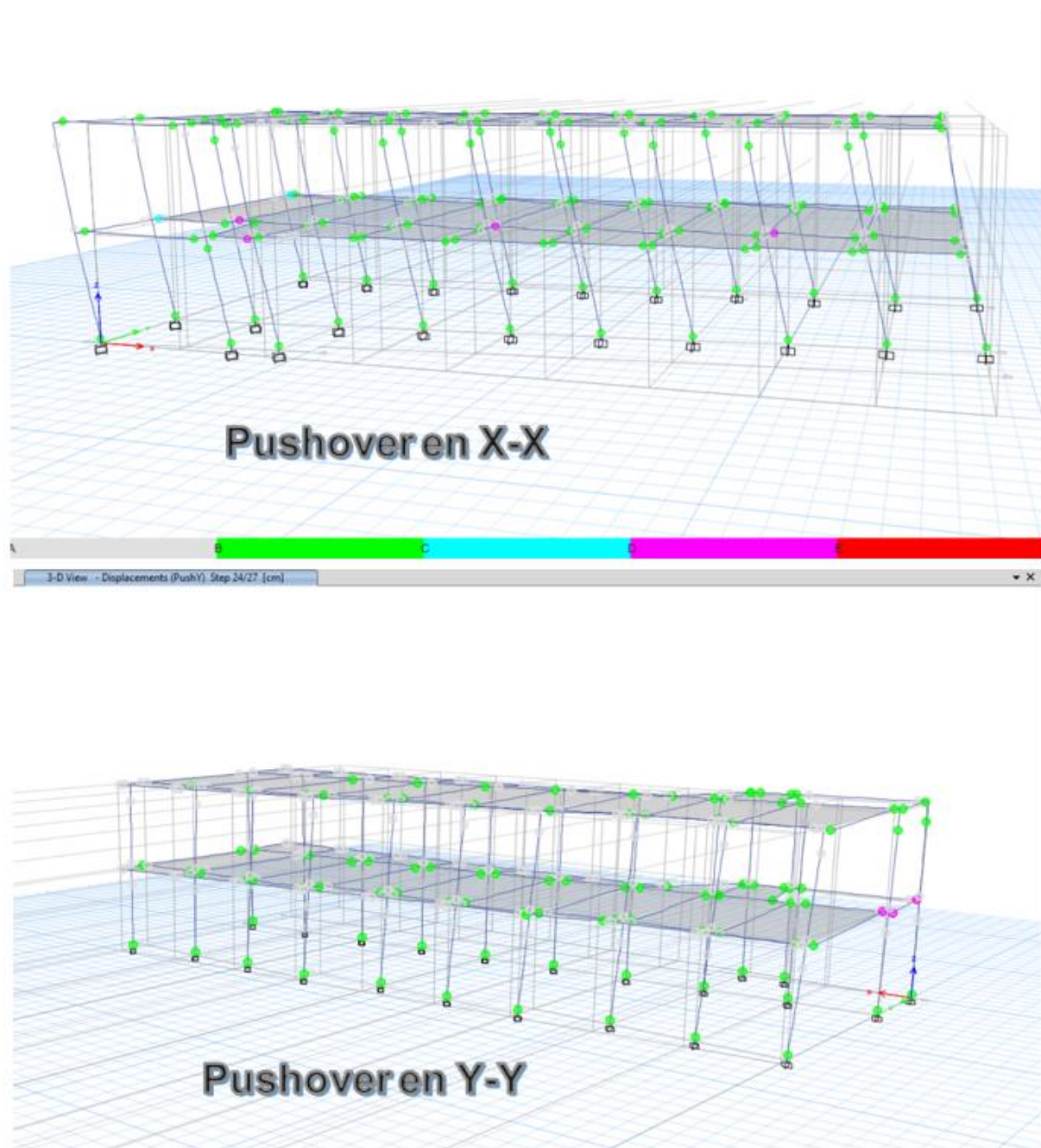
Asignación de rotulas en vigas y columnas



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 157

Pushover a la estructura existente en el eje X-X y Y-Y Bloque 2



Nota. Realizado por los autores (2023)

4.2.7 Propuesta de reforzamiento

Una vez revisado la estructura el bloque 1 y bloque 2 mediante el análisis estático no lineal (AENL), se propone un encamisado a los elementos estructurales - columnas tomando las recomendaciones en cuenta las siguientes consideraciones según (Guillermo La Torre & Silva Tupac Yupanqui, 2019)

- Se debe encamisar los 4 lados de la columna
- Considerar 10 cm como espesor mínimo del encamisado
- La cuantía de refuerzo del encamisado deberá ser como mínimo el 0.01 del área total de la nueva columna y menor al 0.06 del área total como indica la NTP E-0.60 (2009).
- La resistencia a la compresión del concreto debe ser mayor en 50 kg/cm² que el concreto de la columna existente

Así mismo se evaluarán dos tipos de reforzamiento propuestos distintos:

El primer concepto de refuerzo se aplica mediante el uso de encamisado y adición de placas de concreto.

La segunda propuesta de reforzamiento se realiza considerando solamente el encamisado a las columnas existentes.

4.2.7.1 Bloque 1.

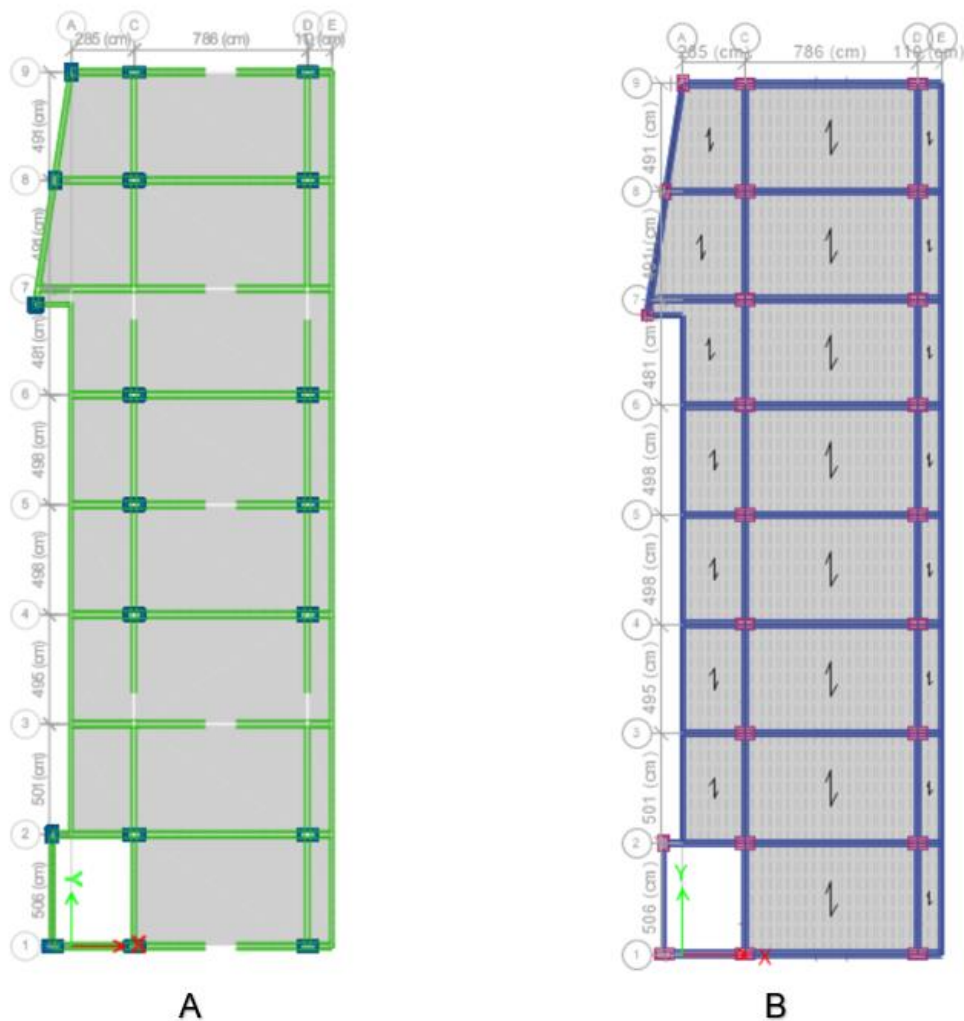
4.2.7.1.1 Sistema de reforzamiento propuesto

Con los resultados obtenidos del AENL realizado en el software Etabs vs 21.1 se observó que en los ejes X-X y Y-Y es necesario reforzar la estructura, esto se comprueba según a la curva de capacidad obtenida a las consideraciones del SEOAC, que, tras un cuidadoso examen, se ha llegado a la conclusión de que el nivel de

rendimiento para la ocurrencia de un terremoto poco frecuente es la prevención del colapso y el derrumbe. Como resultado de ello, se ha sugerido que las columnas sean encamisadas y que se añadan losas de hormigón, para aumentar la resistencia y rigidez de la construcción en ambas direcciones, como se ve en la figura adjunta.

Figura 158

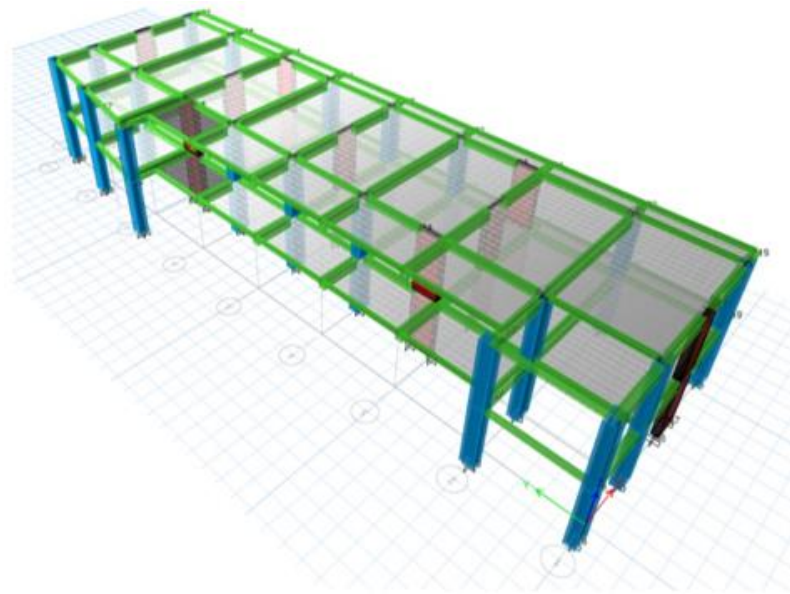
Propuestas de reforzamiento – Bloque 1.



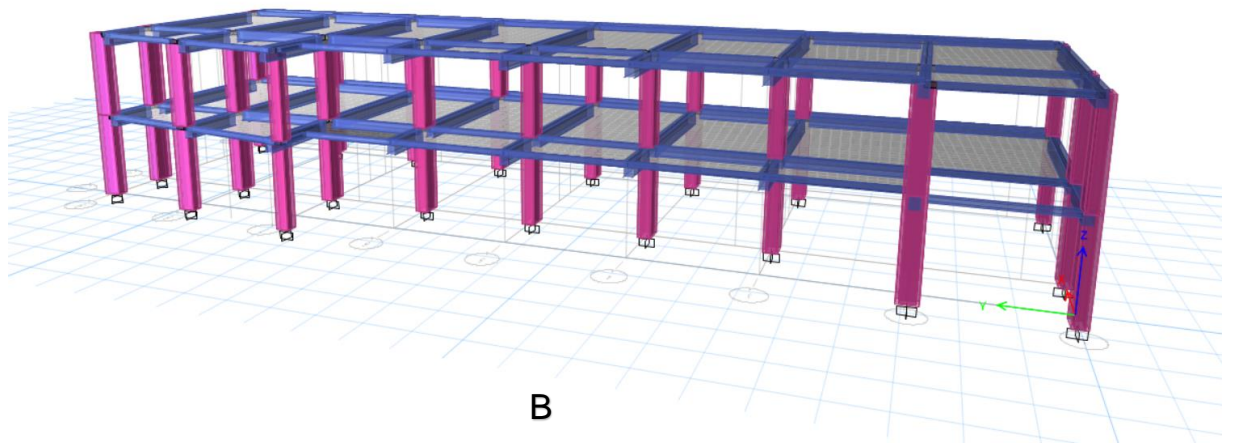
Nota. **A.** propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. **B.** Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaboración propia de los autores (2023).

Figura 159

Modelamiento de propuestas de reforzamiento – Bloque 1



A



B

Nota. **A.** Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. **B.** Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

Figura 160

Características del concreto para reforzamiento.

Material Property Data

General Data

Material Name: C310

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.000002 tonf/cm³

Mass per Unit Volume: 0 tonf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 264.102 tonf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 114.827 tonf/cm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

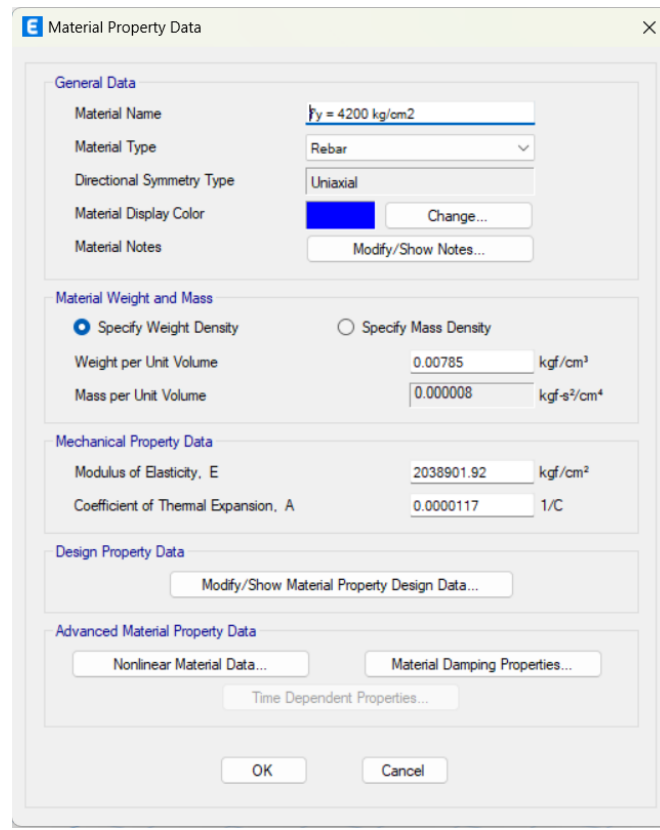
User Specified

OK Cancel

Nota. La resistencia del concreto para las propuestas de reforzamiento A y B es de 310kg/cm² para el Bloque 1. Elaborado por los autores (2023).

Figura 161

Características del acero.



Nota. Realizado por los autores (2023).

4.2.7.1.2 Diseño para cada sección de refuerzo.

Reforzamiento columna C-1

Para el reforzamiento de las columnas tipo C-1 (0.35 x 0.70) que cuenta con 4 varillas de 5/8 de pulgada y 6 varillas de 1/2 pulgada distribuidos en la sección rectangular de la columna. Se adicionó un encamisado con 18 varillas de 3/4 de pulgada alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-1(0.55x0.90). Se verifica que este reforzamiento cumpla con la cuantía mínima exigida por la norma E-060 y se verificó el diagrama de iteración de la columna.

Tabla 111

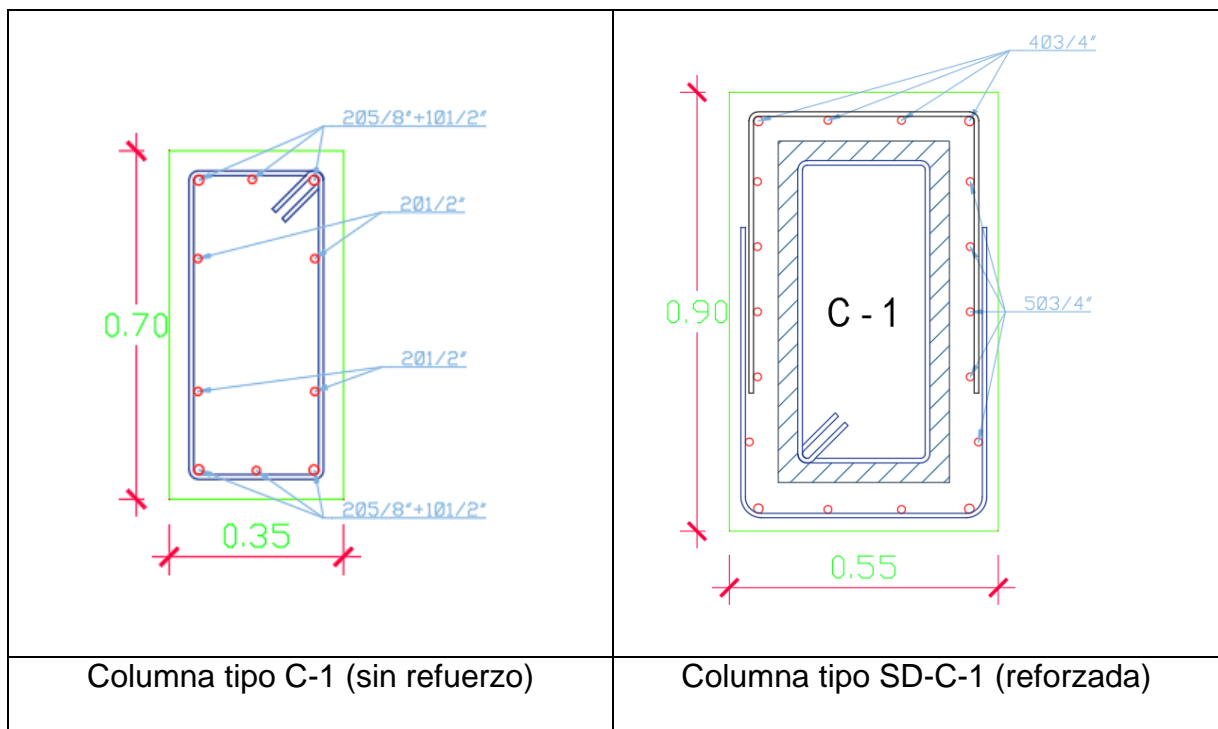
Características de columna SD-C-1 reforzada

Edificación	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-1		
						∅	Cant	Área cm ²
Bloque 1	SD C-1	90	55	4950	49.5	∅ 3/4	18	51.12
						total (cm²)		51.12

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 162

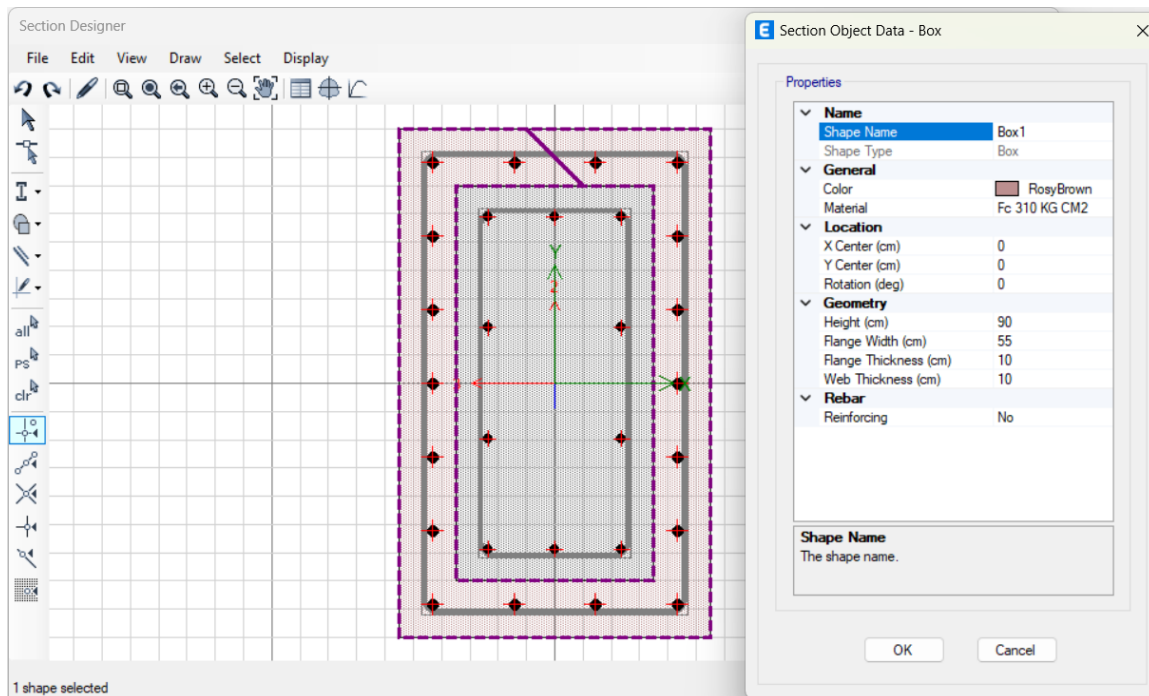
Diseño de reforzamiento de columna SD-C-1



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 163

Diseño de sección de columna tipo SD-C-1



Nota. Realizado por los autores (2023).

Reforzamiento columna C-2

Para el reforzamiento de las columnas tipo C-2 (0.30 x 0.70) que cuenta con 4 varillas de 5/8 de pulgada y 6 varillas de 1/2 pulgada distribuidos en la sección rectangular de la columna. Se adicionó un encamisado con 18 varillas de 3/4 de pulgada alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-2(0.50x0.90). Se verifica que este reforzamiento cumpla con la cuantía mínima exigida por la norma E-060 y se verificó el diagrama de iteración de la columna.

Tabla 112

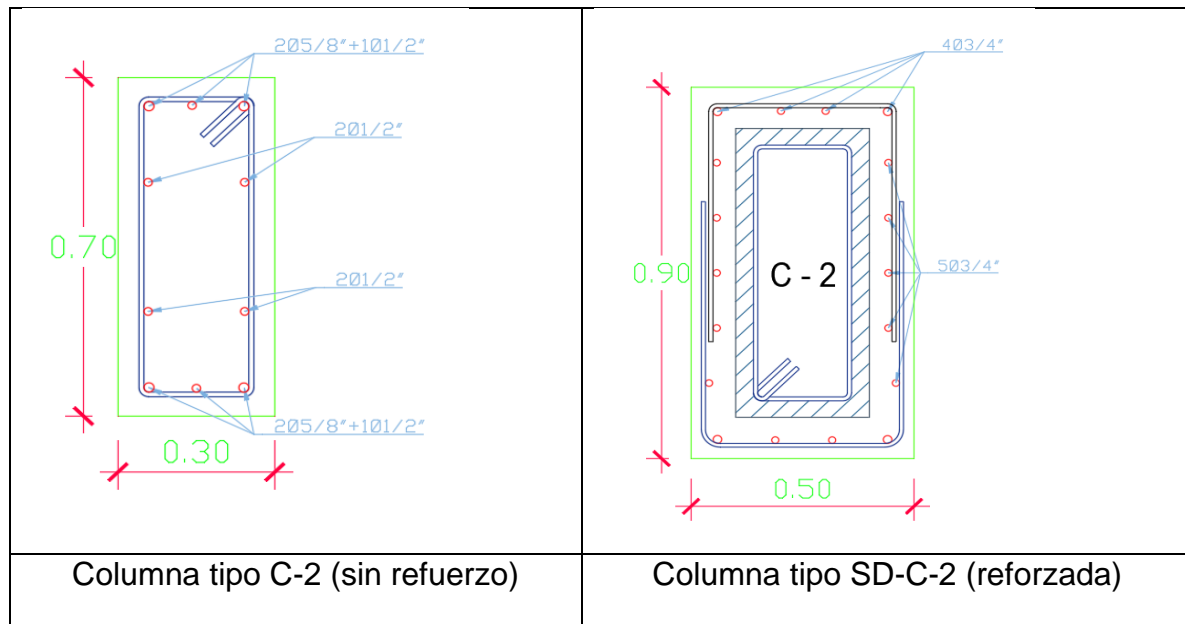
Características de la columna SD-C-1

Edifici ón	Elemento encamisado	Larg o (cm)	Anch o (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-2		
						Ø	Cant	Área cm ²
Bloque 1	SD C-2	90	50	4500	45.0 0	Ø 3/4	18	51.12
total (cm²)								51.12

Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 164

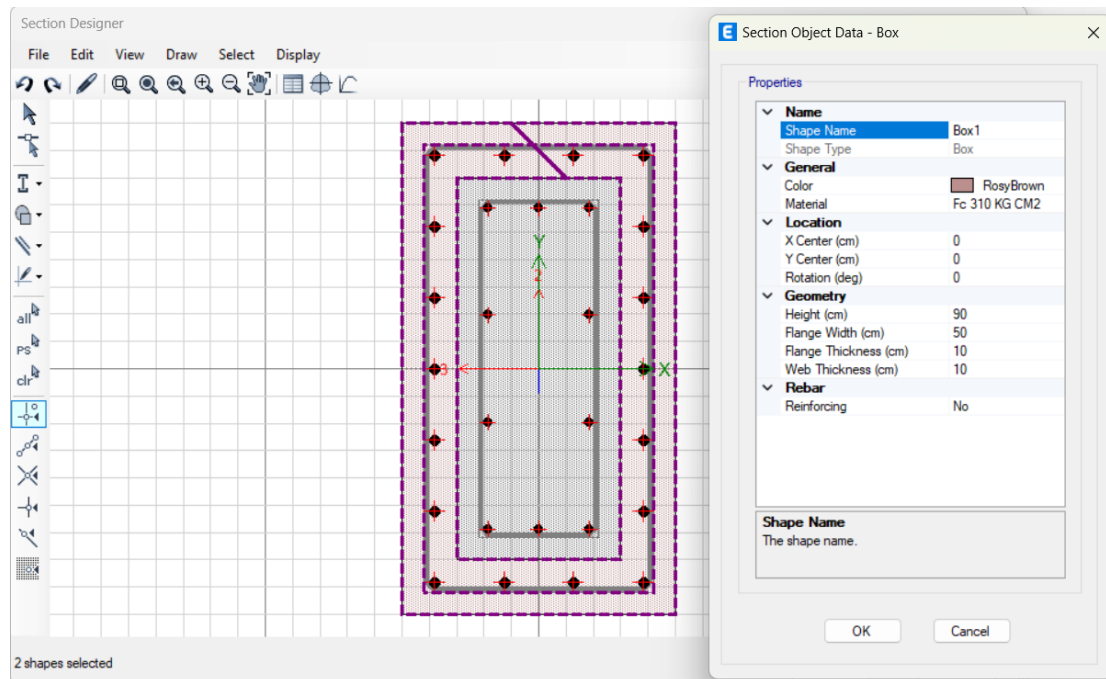
Diseño de columna reforzada SD-C-2



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 165

Diseño de sección de columna tipo SD-C-2



Nota. Realizado por los autores (2023).

Reforzamiento de columna C-3

Para el reforzamiento de las columnas tipo C-3 (0.30 x 0.55) que cuenta con 8 varillas de ½ de pulgada distribuidos en la sección rectangular de la columna. Se adicionó un encamisado con 14 varillas de 3/4 de pulgada alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-3 (0.50x75). Se verifica que este reforzamiento cumpla con la cuantía mínima exigida por la norma E-060 y se verificó el diagrama de iteración de la columna.

Tabla 113

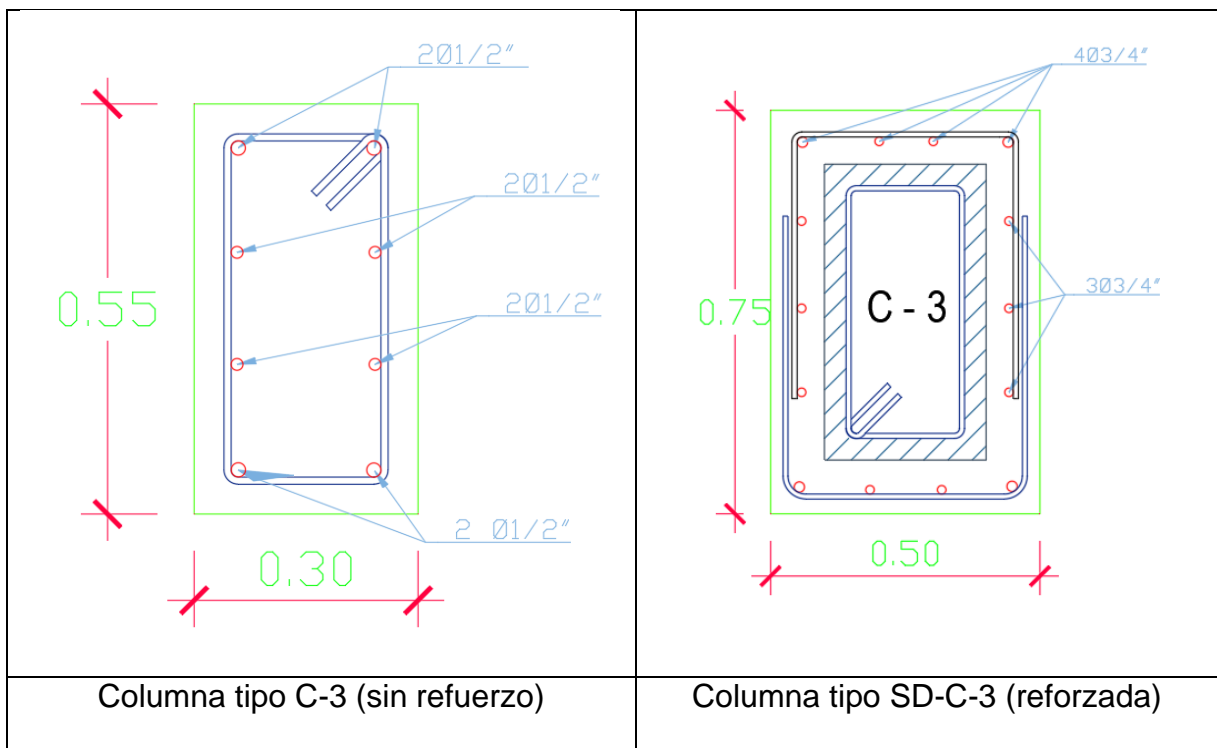
Características de la columna SD-C-1

Edificación	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-3		
						∅	Cant	Área cm ²
Bloque 1	SD C-3	75	50	3750	37.5	∅ 3/4	14	39.76
							total (cm²)	39.76

Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 166

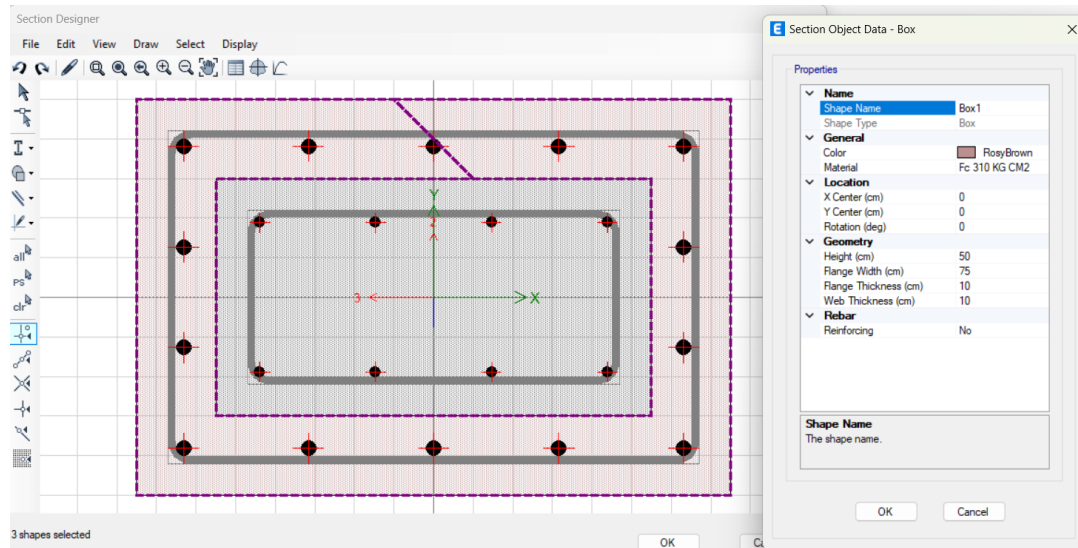
Diseño de columna reforzada SD-C-3



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 167

Diseño de sección de columna tipo SD-C-3



Nota. Realizado por los autores (2023).

Reforzamiento de columna C-4

Para el reforzamiento de las columnas tipo C-4 (0.30 x 0.35) que cuenta con 6 varillas de ½ de pulgada distribuidos en la sección rectangular de la columna. Se adicionó un encamisado con 12 varillas de ¾ de pulgada alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-4 (0.50x55). Se verifica que este reforzamiento cumpla con la cuantía mínima exigida por la norma E-060 y se verificó el diagrama de iteración de la columna.

Tabla 114

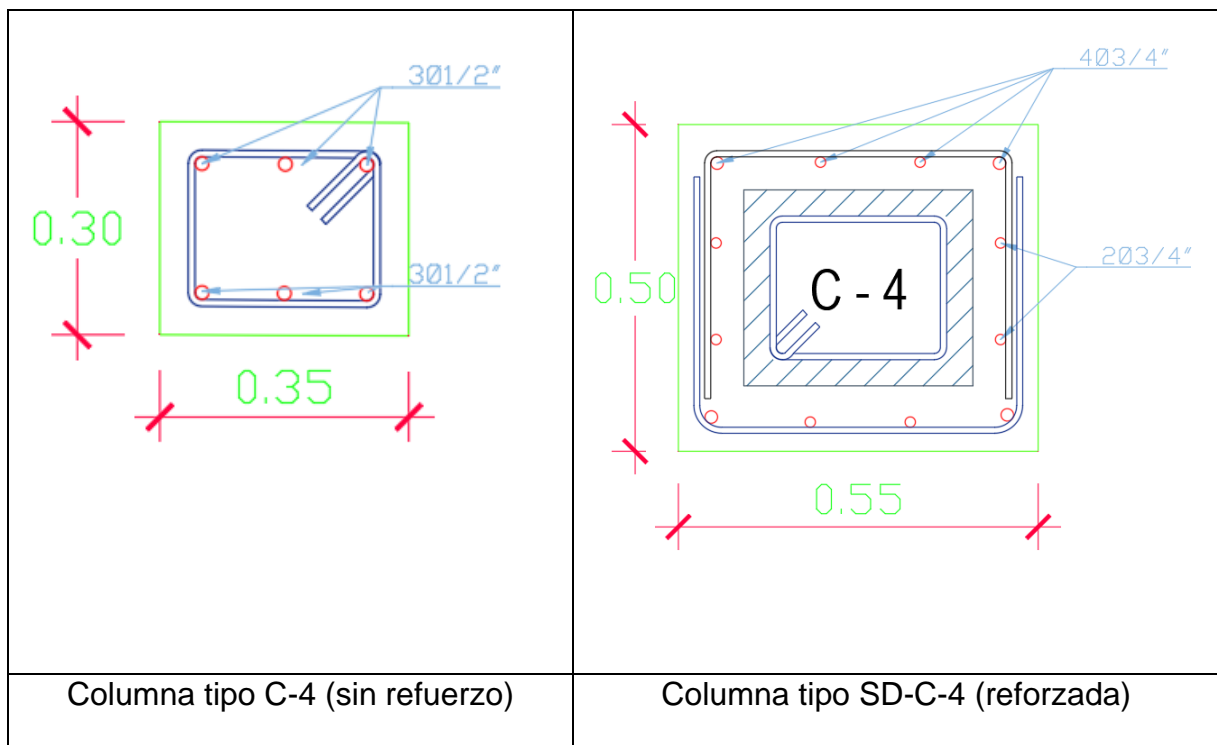
Características de la columna SD-C-1

Edificación	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-4		
						∅	Cant	Área cm ²
Bloque 1	SD C-4	50	55	2750	27.5	∅ 3/4	12	34.08
							total (cm²)	34.08

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 168

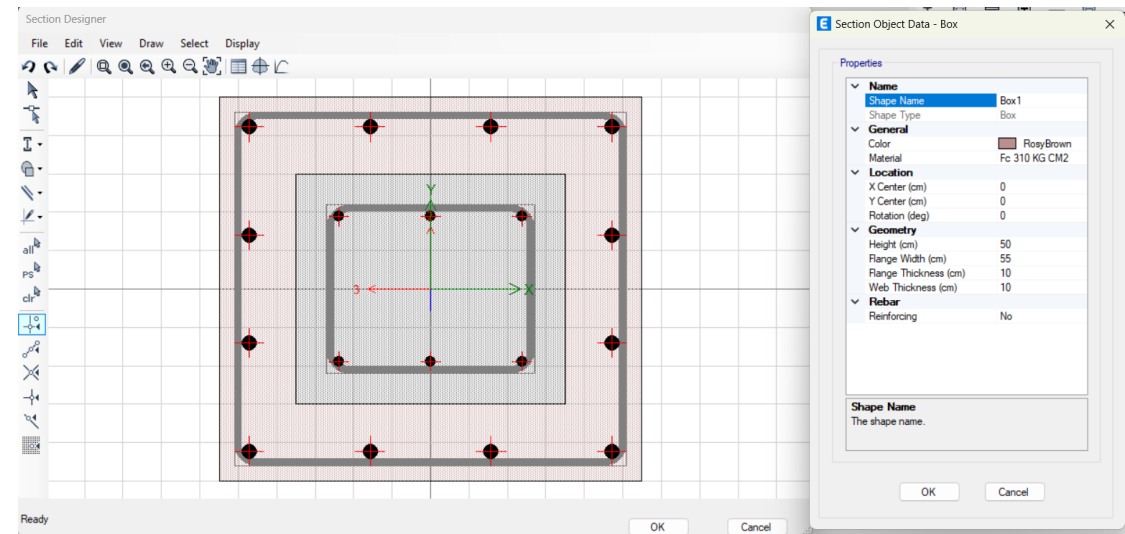
Diseño de columna reforzada C-1



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 169

Diseño de sección de columna tipo SD-C-4



Nota. Realizado por los autores (2023).

Placas de concreto para reforzamiento

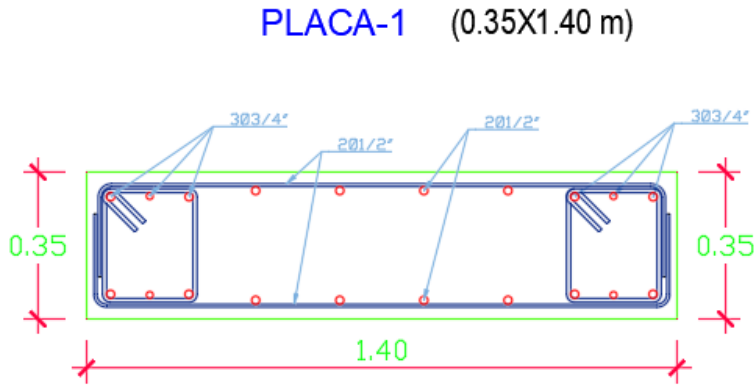
Como propuesta de reforzamiento se propone adicionar placas de concreto de 1.40m x 0.35m en muros principales donde existe ausencia de rigidez, el diseño de las placas se detalla en el siguiente ítem.

Placas de concreto tipo P-1

Las placas tipo P-1 son de 1.40m x 0.35m con el detalle de acero y elementos de borde que se detalla en la siguiente figura. Estas placas se diseñaron para incrementar la rigidez de la edificación y con el objetivo que el sistema estructural sea del tipo dual.

Figura 170

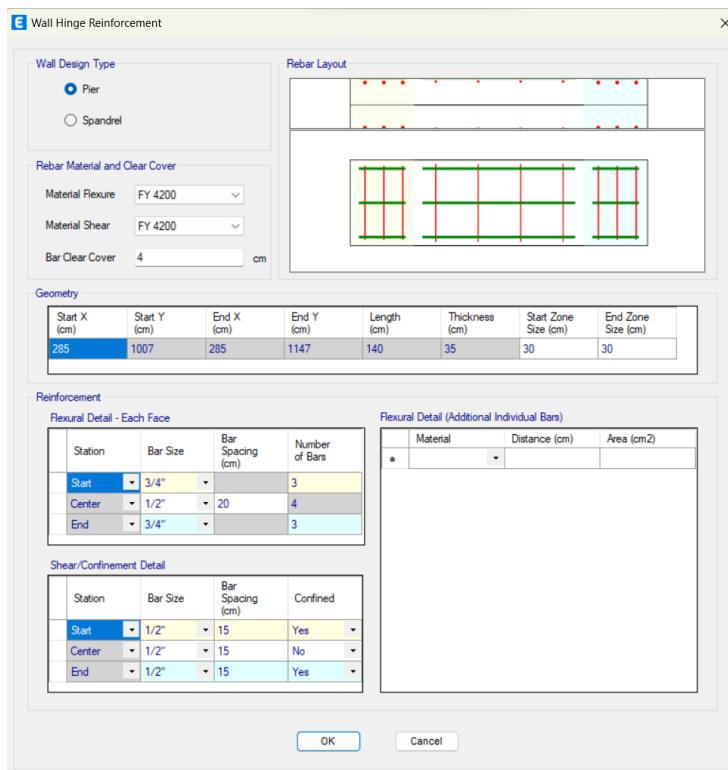
Diseño de placa tipo P-1



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 171

Diseño de sección de placa (1.40 m x 0.30 m)

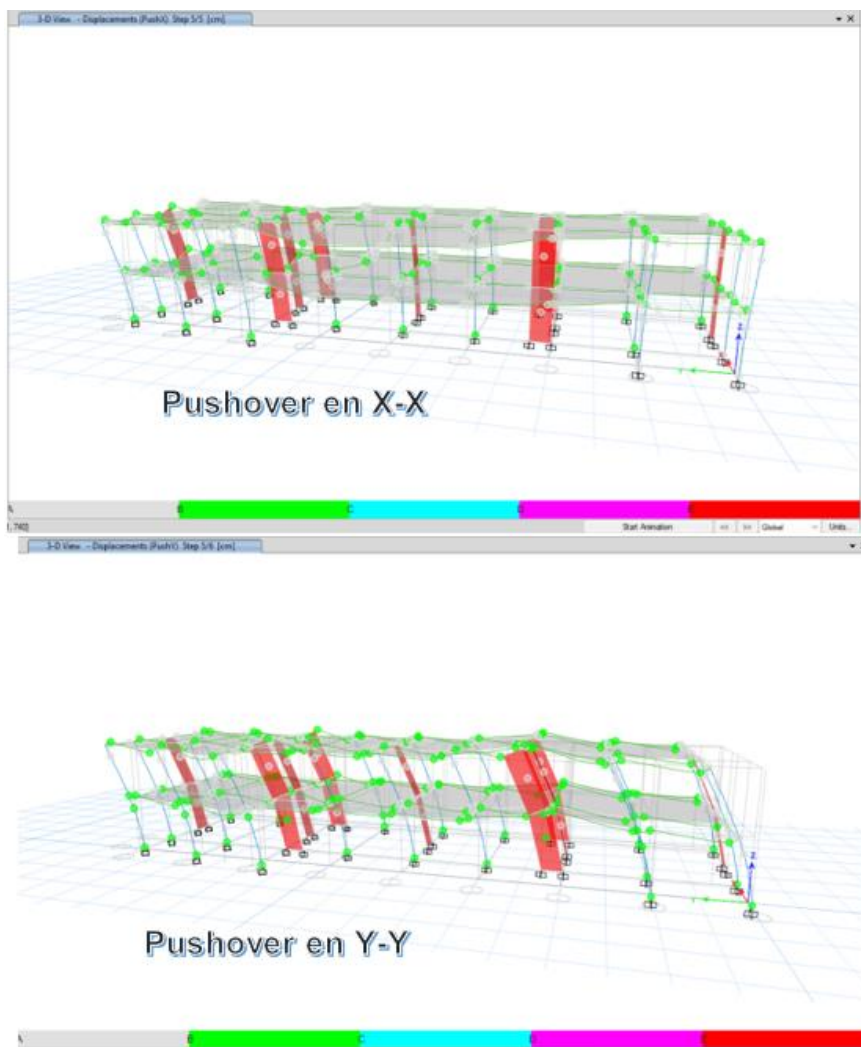


Nota. Realizado por los autores (2023).

Tras el encamisado de los pilares y la adición de placas en el bloque 1, se evalúa el nivel de rendimiento de la estructura reforzada mediante la utilización de análisis estáticos no lineales con el fin de validar el rendimiento objetivo para un edificio importante.

Figura 172

Pushover estructura reforzada según propuesta "A", en eje X-X y Y-Y

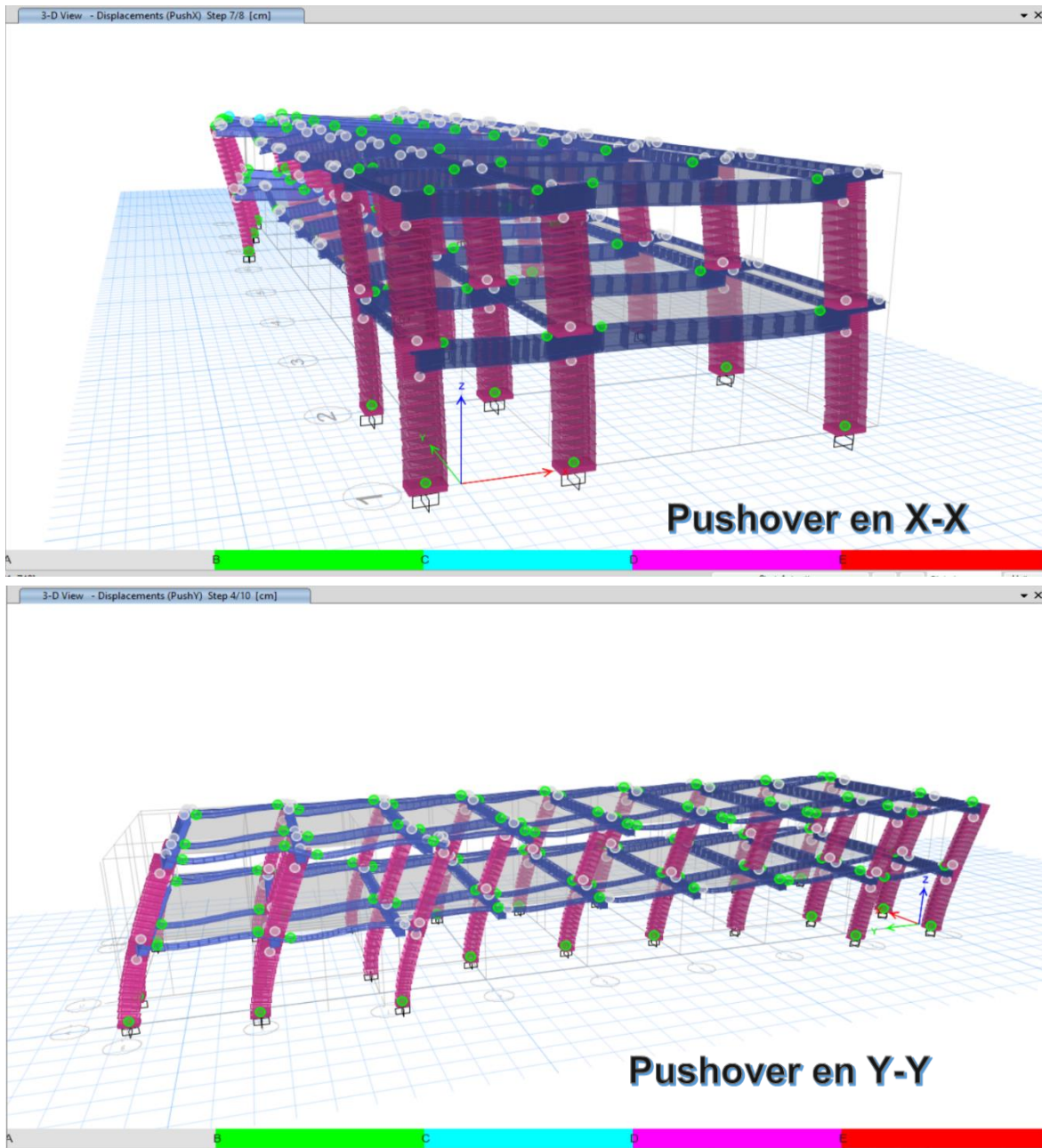


Nota. Reforzamiento mediante encamisado de columnas y placas de concreto.

Elaborado por los autores (2023)

Figura 173

Pushover estructura reforzada-propuesta de reforzamiento "B" en eje X-X y Y-Y



Nota. Reforzamiento mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023)

4.2.7.2 Bloque 2.

4.2.7.2.1 Sistema de reforzamiento propuesto

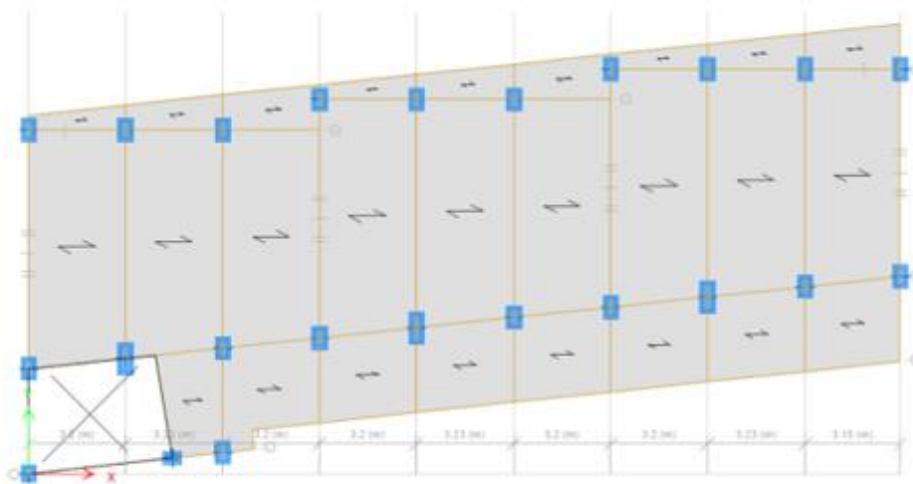
Con los resultados obtenidos del AENL realizado con el software Etabs vs 21.1 Se determinó que los ejes X-X y Y-Y del Bloque 2 requieren un reforzamiento para cumplir el desempeño objetivo de una institución educativa. Por tal motivo se proponen dos tipos de reforzamiento; el primero mediante un encamisado de las columnas y adición de placas de concreto; el segundo solamente mediante un encamisado de columnas. Como puede verse en la imagen, ambos procedimientos se llevan a cabo con la intención de mejorar la resistencia y rigidez del edificio a lo largo de ambos ejes. Con ambas formas de refuerzo se alcanzará una resistencia del hormigón de 280 kilogramos por centímetro cuadrado para el bloque 2.

Figura 174

Propuestas de reforzamiento – Bloque 2.



A: Reforzamiento mediante encamisado de columnas y adición de placas de concreto.

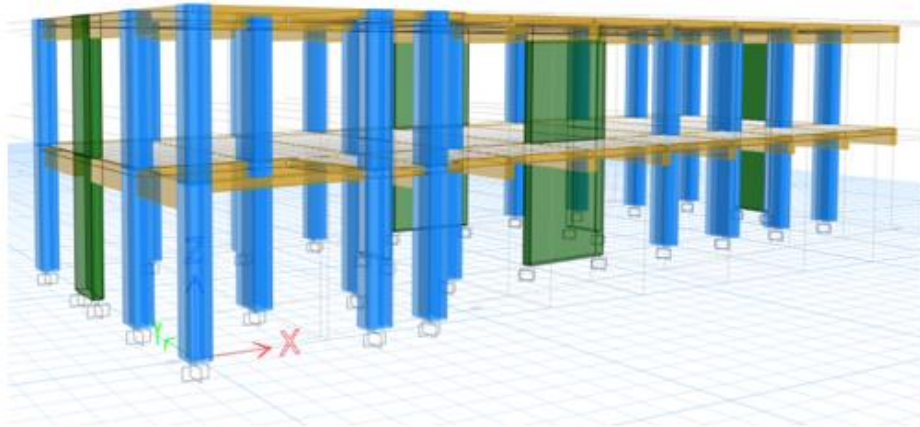


B. Reforzamiento mediante encamisado de columnas solamente.

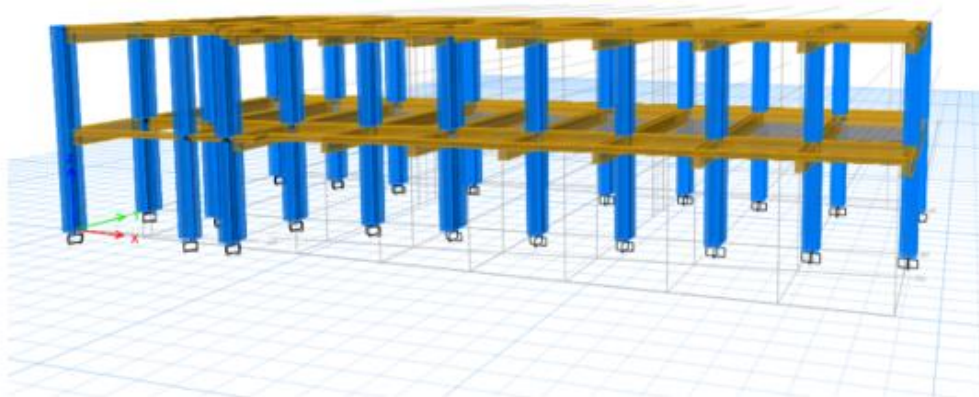
Nota. “A”. propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. *“B”* Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

Figura 175

Modelamiento de propuestas de reforzamiento – Bloque 2



A. Reforzamiento mediante encamisado de columnas y adición de placas de concreto.



B. Reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas.

Nota. “**A**”. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “**B**”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

Figura 176

Características del concreto para reforzamiento.

Material Property Data

General Data

Material Name: C280

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2400 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 244.732 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2509980079.60223 kgf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 1086956522 kgf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) User Specified

OK Cancel

Nota. La resistencia del concreto para las propuestas de reforzamiento del bloque 2 es de 280 kg/cm². Elaborado por los autores (2023).

Figura 177

Características del acero.

E Material Property Data

General Data

Material Name: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.00785 kg/cm³

Mass per Unit Volume: 0.000008 kg-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2038901.92 kgf/cm²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Nota. Realizado por los autores (2023).

4.2.7.2.2 Diseño para cada sección de refuerzo.

Columnas tipo SD-C-1 reforzada

Se cuentan con 4 varillas de 5/8 “y 4 varillas de 1/2 “, para el reforzamiento de las columnas tipo C-1 (0.30 x 0.55), distribuidos en la sección rectangular de la columna. Un encamisado con 14 varillas de 3/4”, se adicionó alrededor de la sección

rectangular dando como resultado una columna de SD-C-1(0.50x0.75) cumpliendo de esta forma con la cuantía mínima requerida. Así mismo se verifica el diagrama de iteración de la columna.

Tabla 115

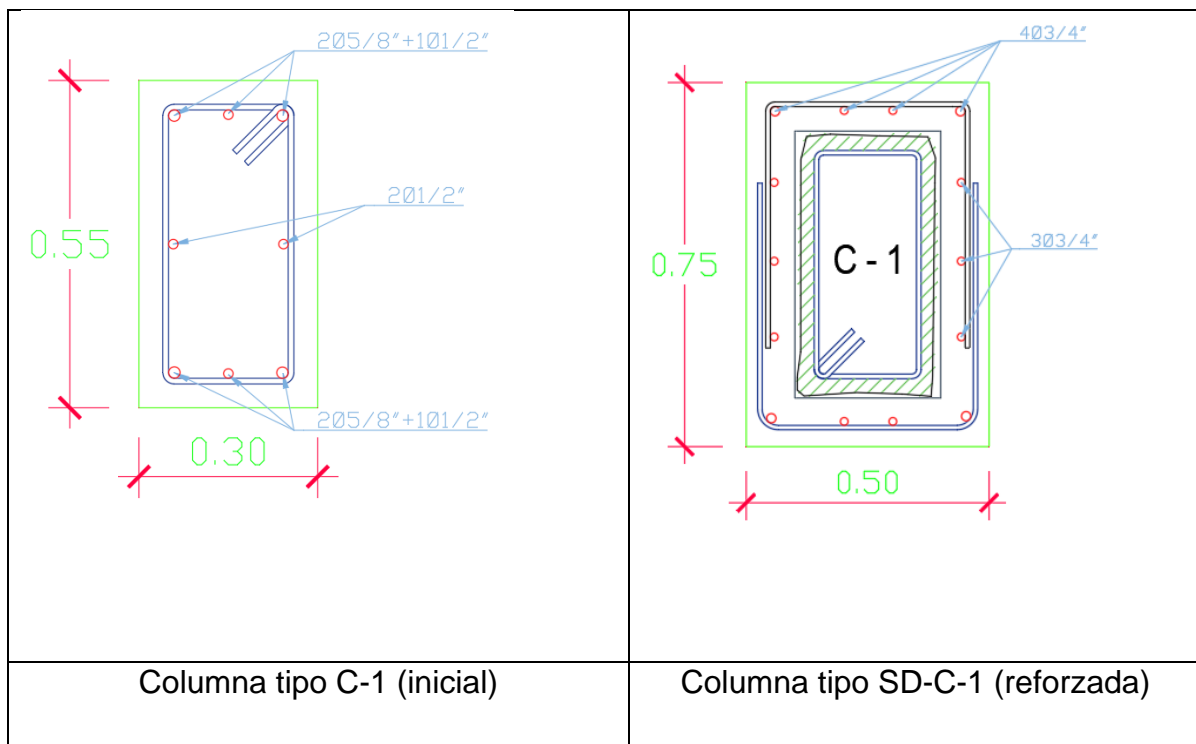
Características de la columna SD-C-1

Edificación	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-1		
						∅	Cant	Área cm ²
Bloque 2	C-1 SD C-1	75	50	3750	37.5	∅ 3/4	14	39.76
						total (cm²)		39.76

Nota. Elaboración propia (2023)

Figura 178

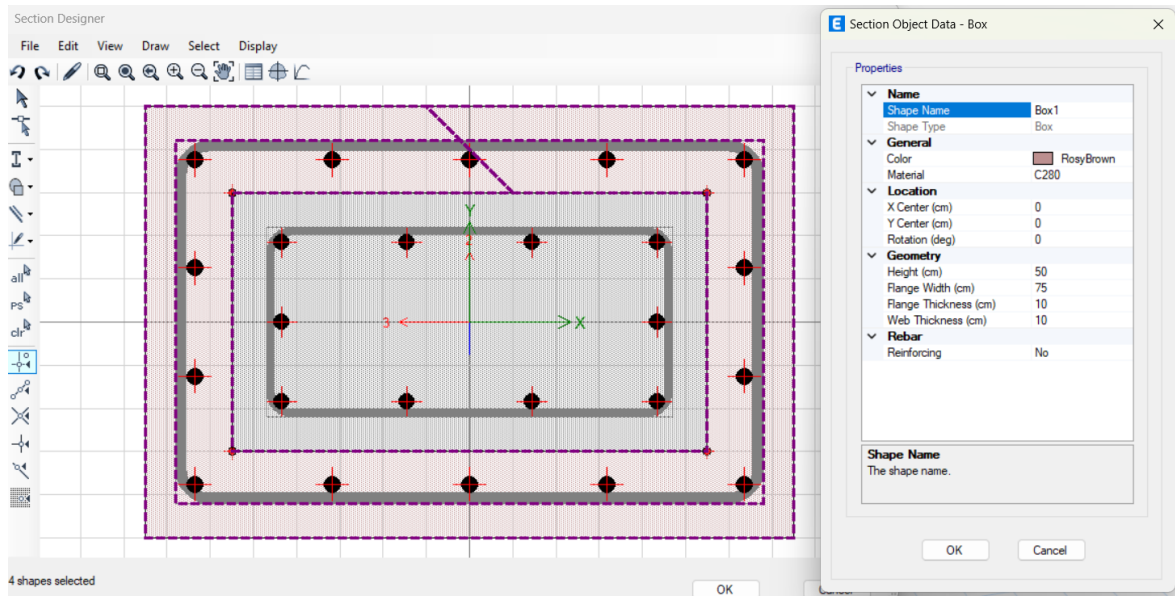
Diseño de reforzamiento de columna SD-C-1



Nota. Elaboración propia (2023)

Figura 179

Diseño de sección de columna tipo SD-C-1



Nota. Realizado por los autores (2023).

Columnas tipo SD-C-2 reforzada

Se cuenta con 10 varillas de 5/8", para el reforzamiento de las columnas tipo C-2 (0.30 x 0.85), distribuidos en su sección rectangular. Un encamisado con 20 varillas de 3/4" se adicionó alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-2(0.50x1.05) cumpliendo de esta forma con la cuantía mínima requerida.

Tabla 116

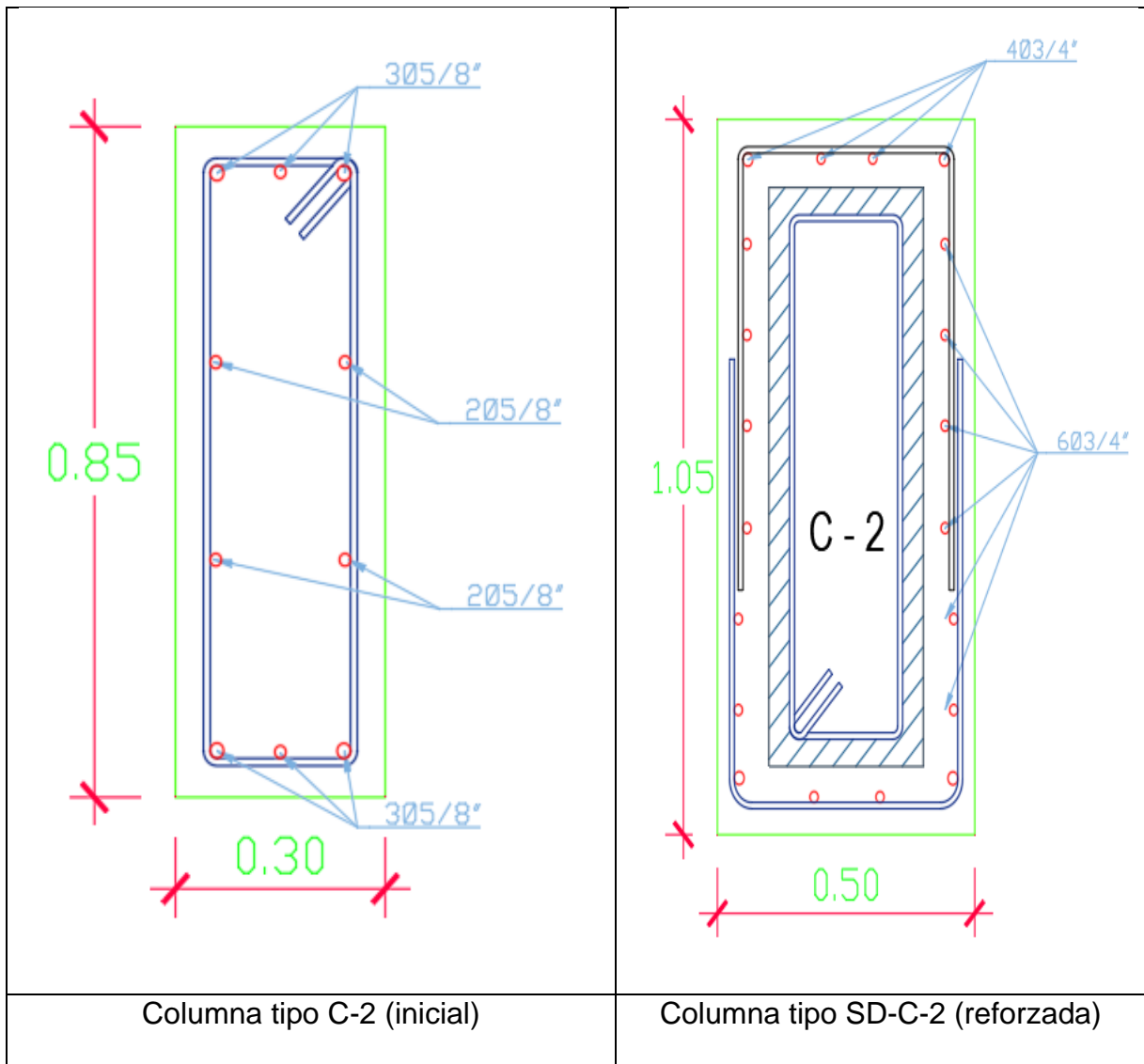
Características de la columna SD-C-2

Edificación	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-2		
						Ø	Cant	Área cm ²
Bloque 2	SD C-2	105	50	5250	52.50	Ø 3/4	20	56.8
							total (cm²)	56.8

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 180

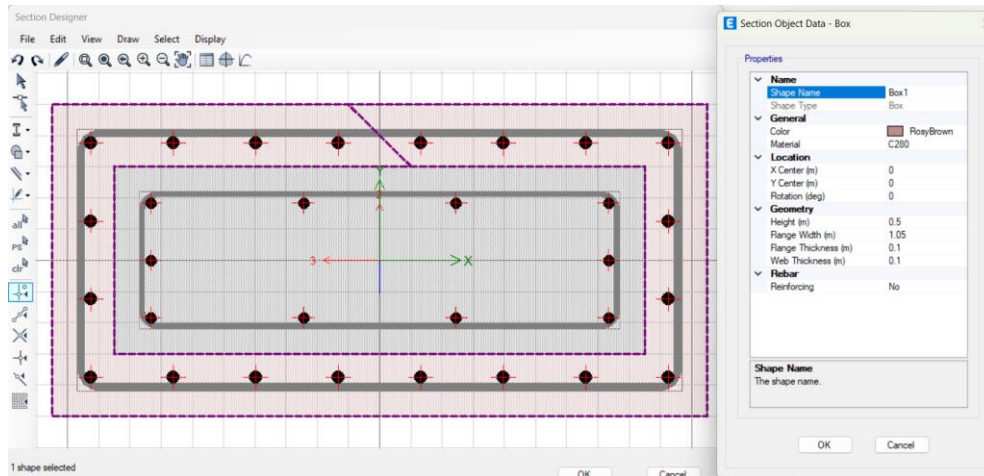
Diseño de reforzamiento de columna SD-C-1



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 181

Diseño de sección de columna tipo SD-C-2



Nota. Realizado por los autores (2023).

Columnas tipo SD-C-3 reforzada.

Se cuenta con 6 varillas de $\frac{1}{2}$ " , para el reforzamiento de las columnas tipo C-3 (0.30 x 0.35), distribuidos en su sección rectangular. Un encamisado con 12 varillas de $\frac{5}{8}$ " , se adicionó alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-3 (0.50x0.55). Esta condición ultima se verifica que cumpla con la cuantía mínima.

Tabla 117

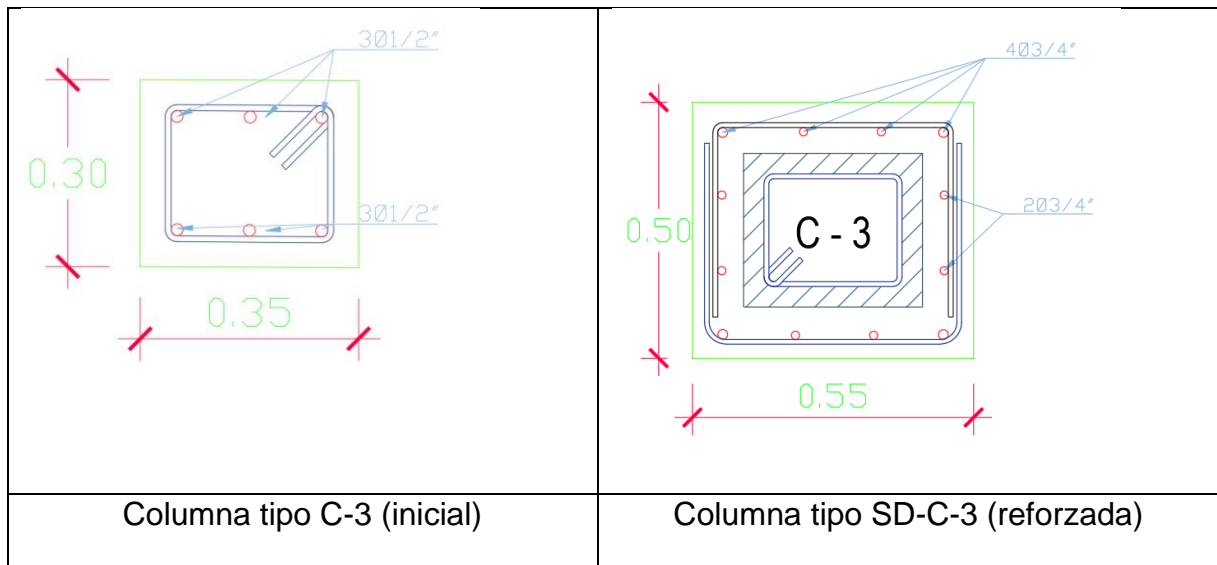
Características de la columna SD-C-3

Edificación	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-3		
						∅	Cant	Área cm ²
Bloque 2	SD C-3	50	55	2750	27.5	∅ 3/4	12	34.08
							total (cm²)	34.08

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 182

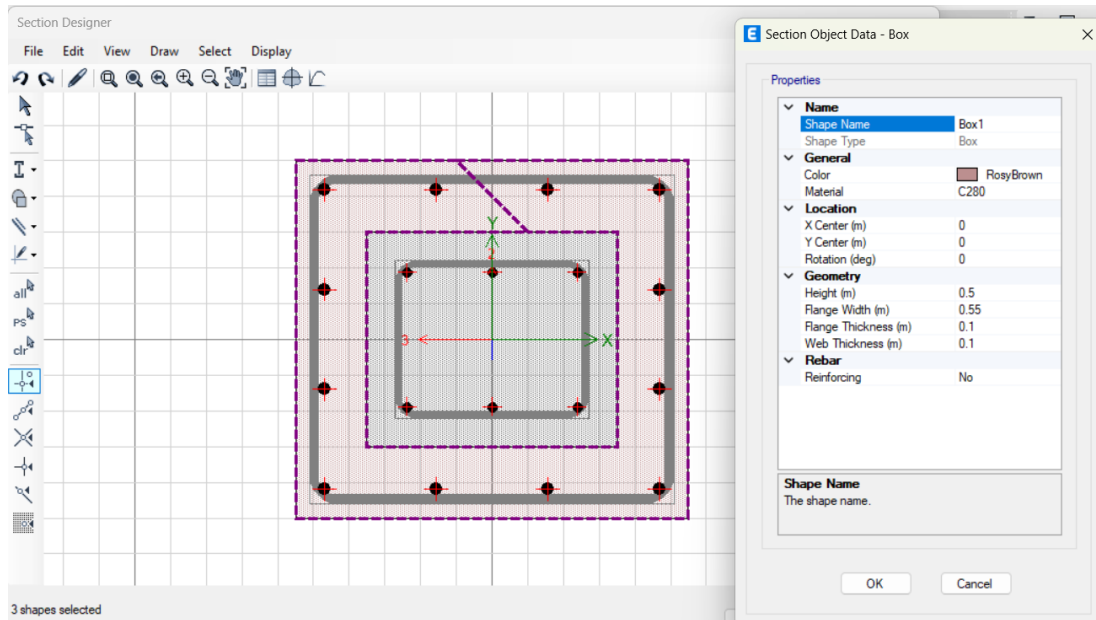
Diseño de reforzamiento de columna SD-C-3



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 183

Diseño de sección de columna tipo SD-C-3



Nota. Realizado por los autores (2023).

Columnas tipo SD-C-4 reforzada.

Se cuenta con 6 varillas de 1/2", para el reforzamiento de las columnas tipo C-4 (0.20 x 0.40), distribuidos de forma adecuada en la sección rectangular de la columna. Un encamisado con 12 varillas de 3/4", se adicionó alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-7 (0.40x0.60) cumpliendo de esta forma con la cuantía mínima requerida.

Tabla 118

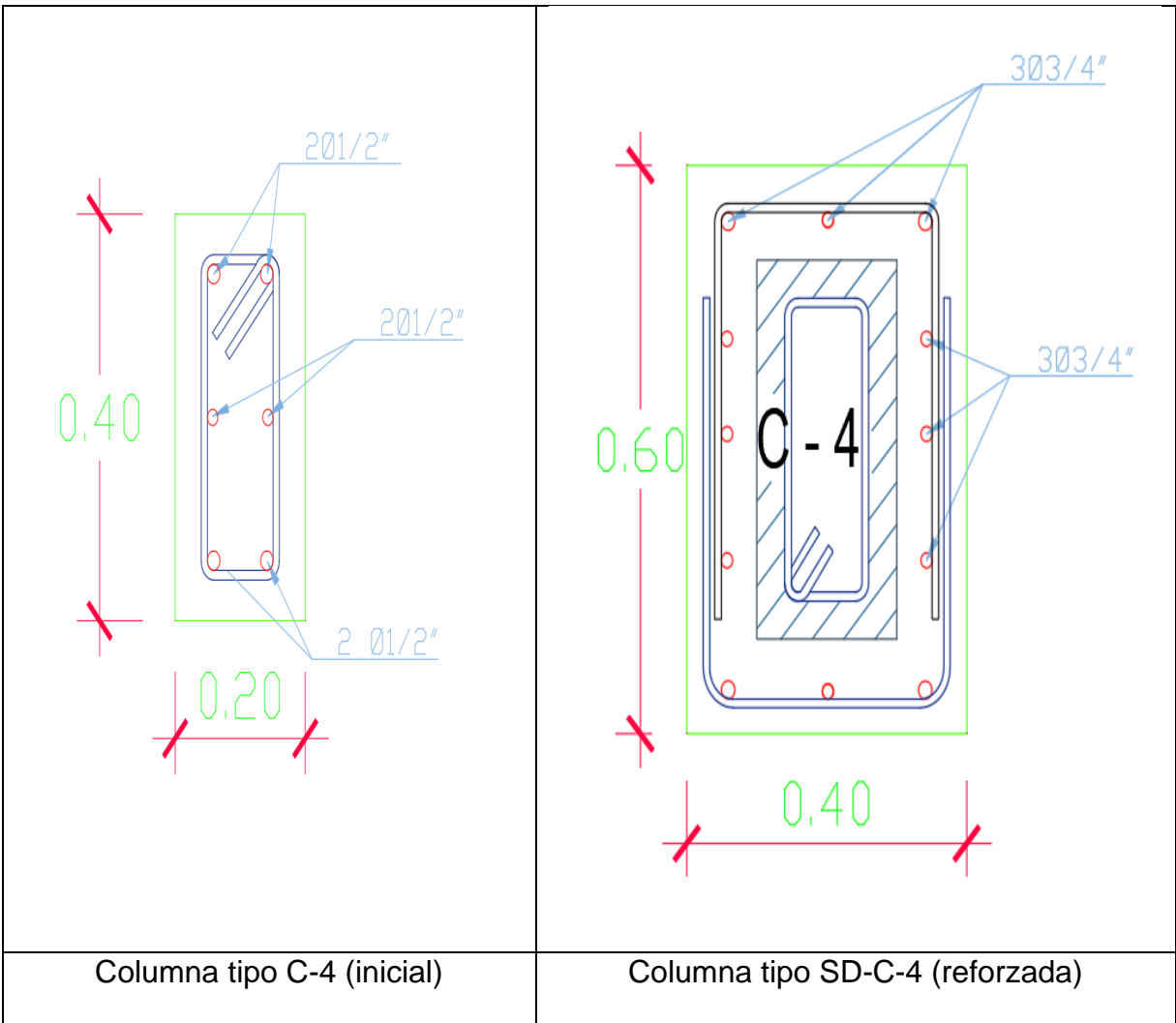
Características de la columna SD-C-1

Edificaci ón	Elemento encamisado	Larg o (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min 0.01	Acero de refuerzo C-4		
						Ø	Cant	Área cm ²
Bloque 2	SD C-4	60	40	2400	24.00	Ø 3/4	12	34.08
							total (cm²)	34.08

Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 184

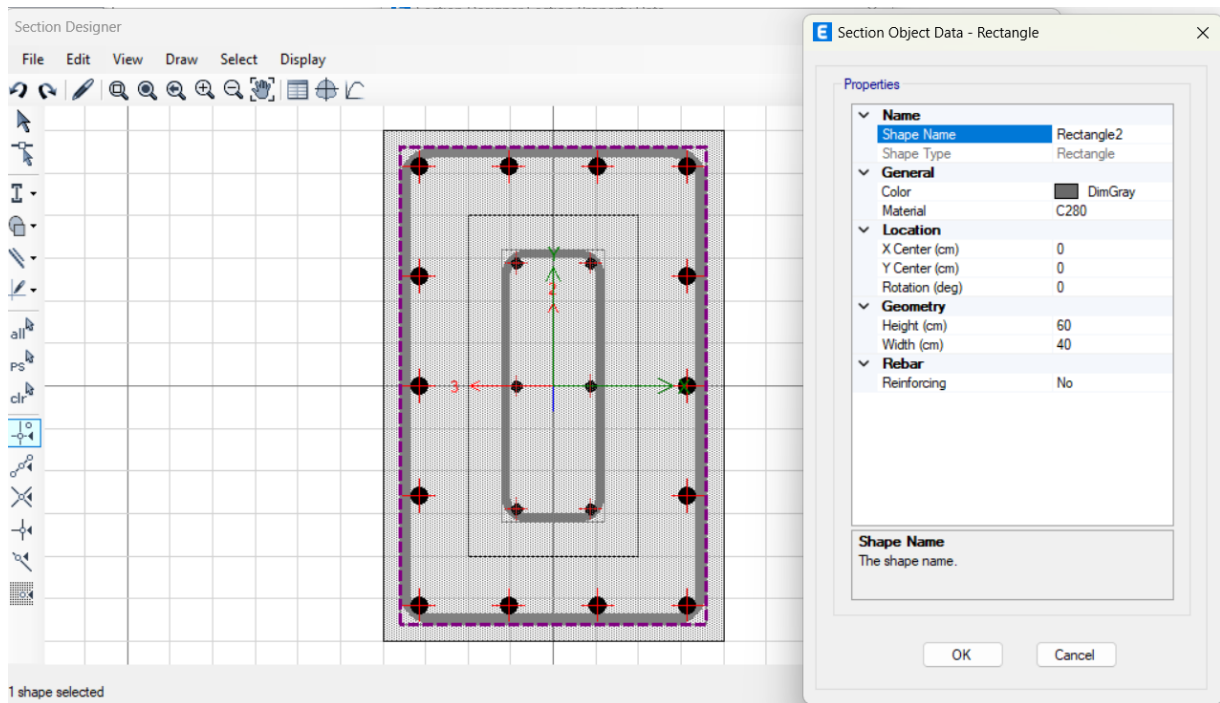
Diseño de reforzamiento de columna SD-C-4



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 185

Diseño de sección de columna tipo SD-C-4



Nota. Realizado por los autores (2023)

Placas de concreto para reforzamiento

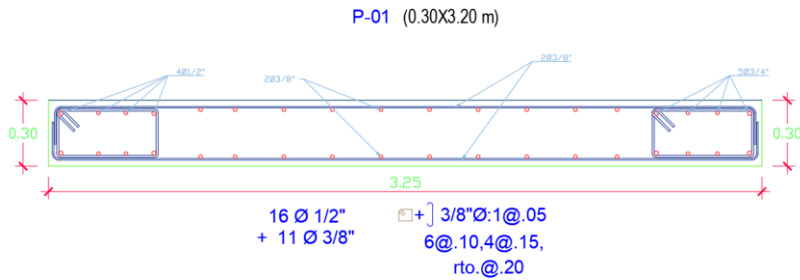
Para el bloque 2 con la finalidad de incrementar la rigidez se propone adicionar placas de 3.25x0.30 y 1.5x0.30 ambas con acero longitudinal que se detalla en lo posterior, para la adición de estas placas de concreto reforzado se respetó la arquitectura de la edificación.

Placas de concreto tipo P-1

Las placas de tipo P-1 del bloque 2 tienen una dimensión 3.25 m x 0.30 m.

Figura 186

Diseño de placa P-01



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 187

Diseño de sección de placa (3.25 m x 0.30 m)

Wall Hinge Reinforcement

Wall Design Type

Pier
 Spandrel

Rebar Material and Clear Cover

Material Flexure: FY 4200 KG/CM2
Material Shear: FY 4200 KG/CM2
Bar Clear Cover: 4 cm

Rebar Layout

Geometry

Start X (cm)	Start Y (cm)	End X (cm)	End Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	Start Zone Size (cm)	End Zone Size (cm)
1283	482.24	1606	516.287	324.789	30	50	50

Reinforcement

Flexural Detail - Each Face

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Number of Bars
Start	1/2"		4
Center	3/8"	20	11
End	1/2"		4

Flexural Detail (Additional Individual Bars)

Material	Distance (cm)	Area (cm ²)
FY 4200 KG/...	0	0.01

Shear/Confinement Detail

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Confined
Start	3/8"	15	Yes
Center	3/8"	15	No
End	3/8"	15	Yes

OK Cancel

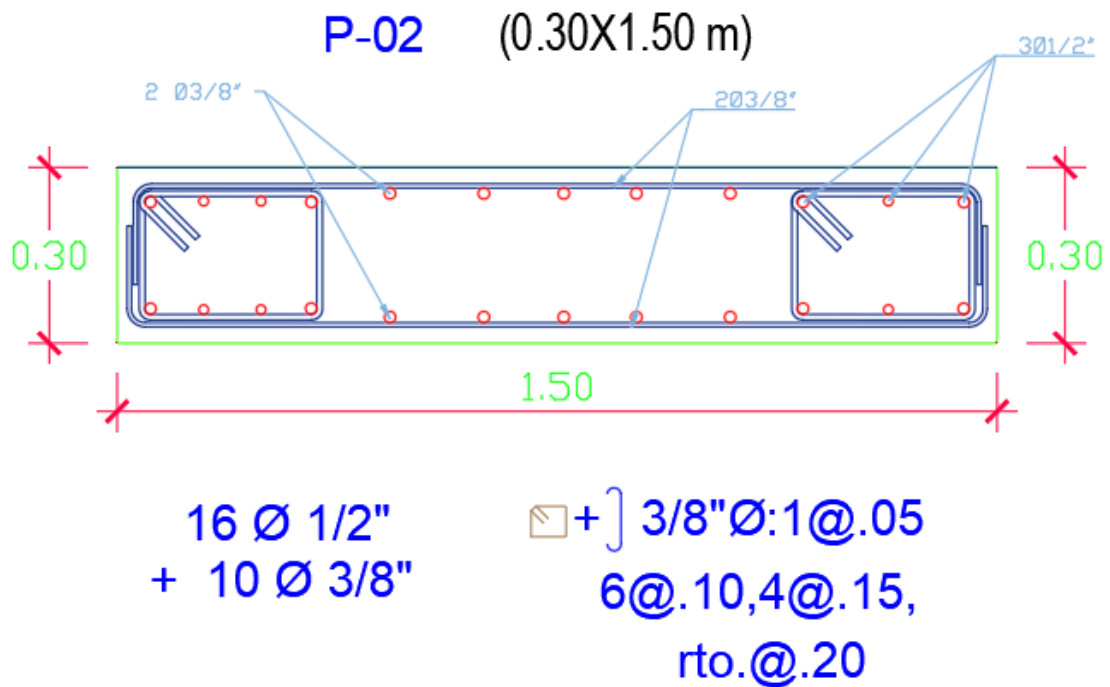
Nota. Realizado por los autores (2023)

Placas de concreto tipo P-2

Las placas de tipo P-2 para el Bloque 2 tienen una dimensión de 1.50 m x 0.30 m con el siguiente detalle.

Figura 188

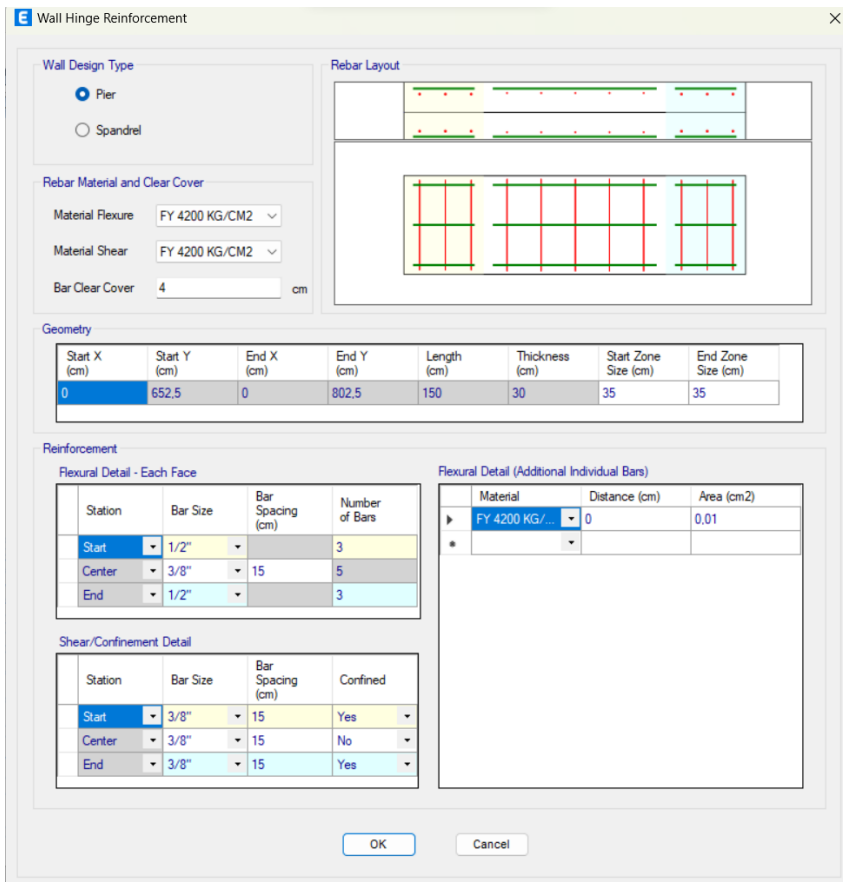
Diseño de placa P-02



Nota. Realizado por los autores (2023)

Figura 189

Diseño de sección de placa (1.50 m x 0.30 m)

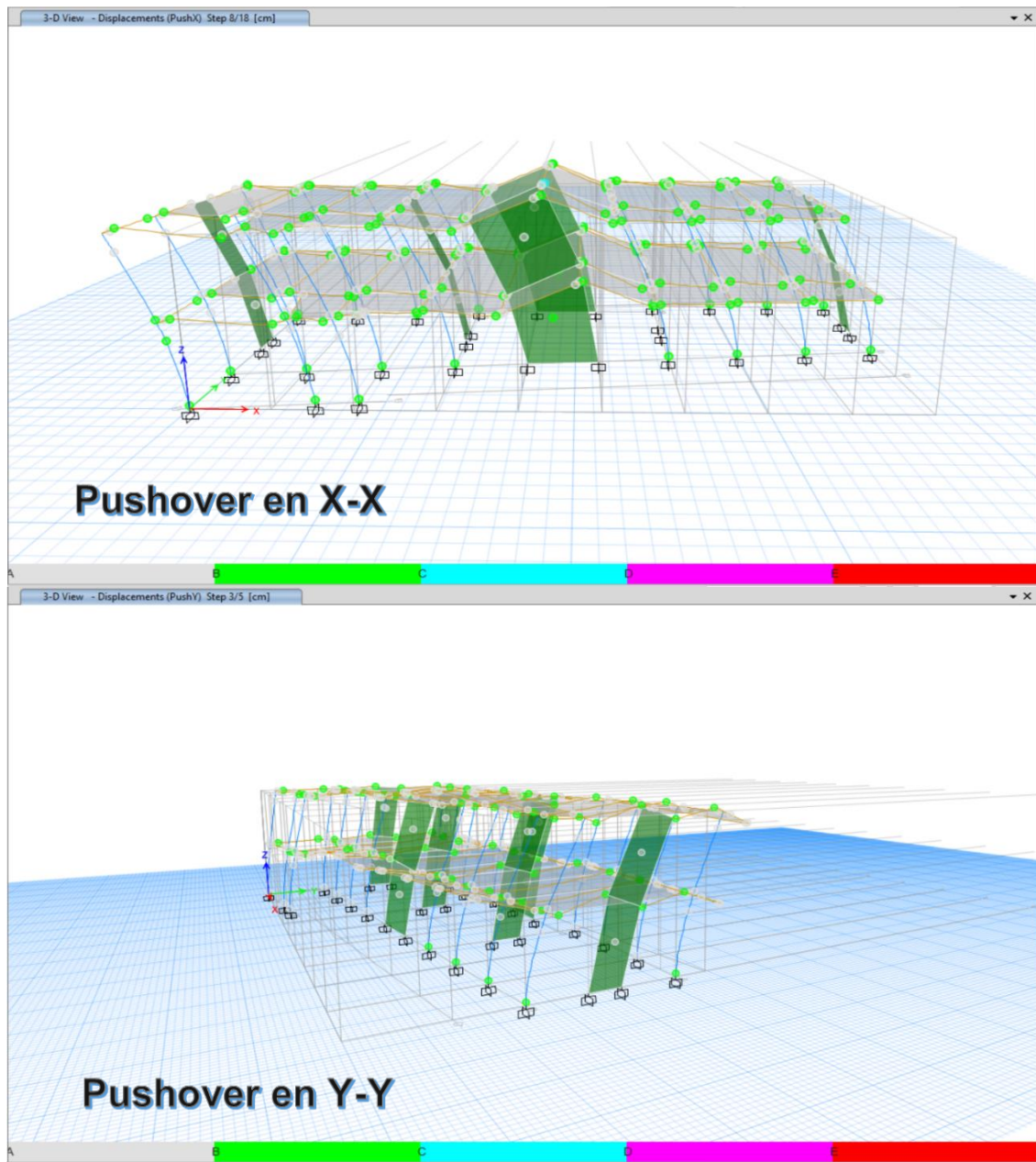


Nota. Realizado por los autores (2023).

Tras la modelización de los dos métodos diferentes de refuerzo, a saber, el encamisado de los pilares y la adición de losas de hormigón a la estructura del bloque 2, se valida el comportamiento de ambos tipos de refuerzo mediante la utilización del AENL para Pushover.

Figura 190

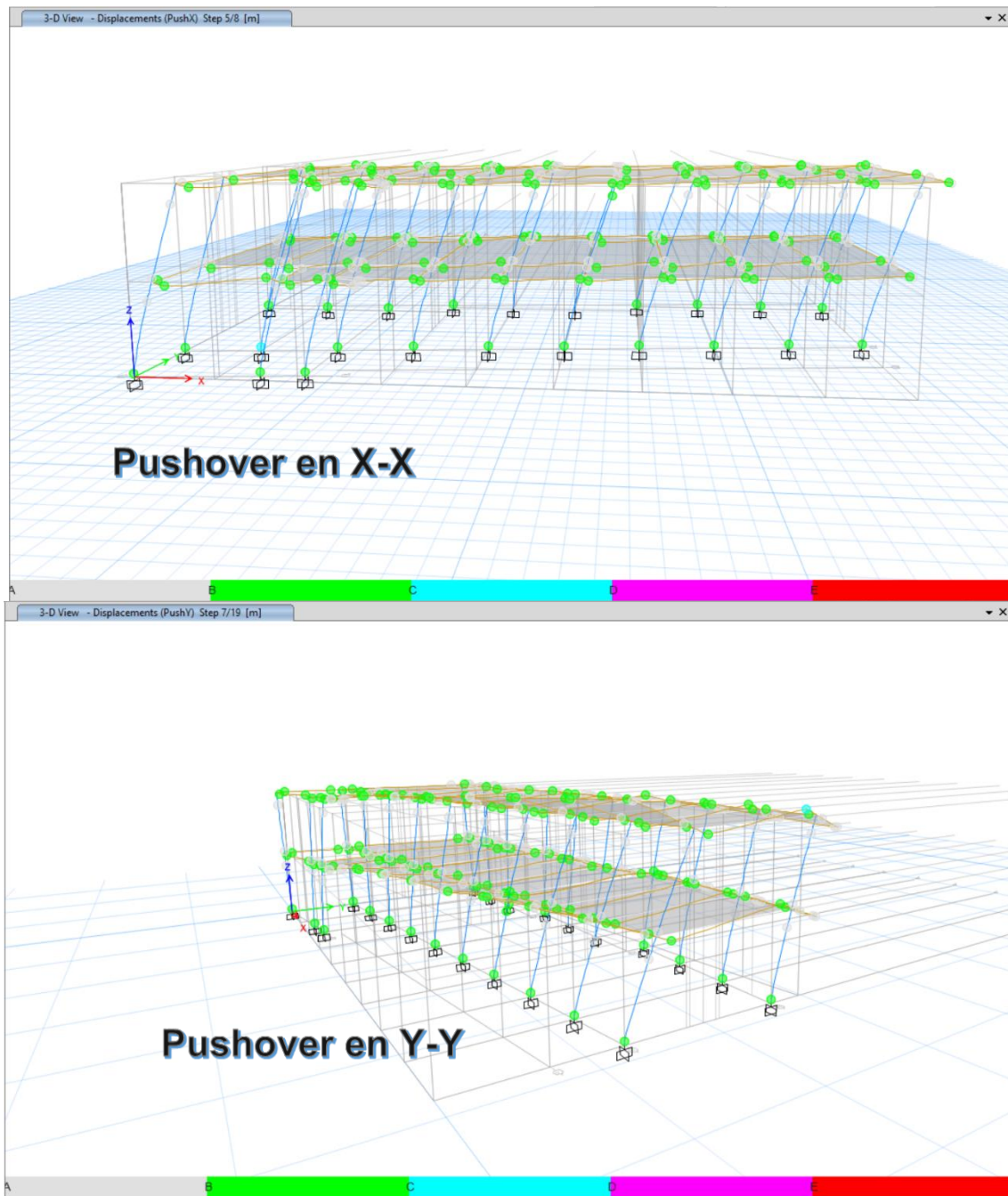
Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento A en eje X-X y Y-Y



Nota. AENL a la propuesta de reforzamiento A, mediante encamisado de columnas y adición de placas de concreto. Elaborado por los autores (2023)

Figura 191

Pushover estructura reforzada-propuesta de reforzamiento B en eje X-X y Y-Y.



Nota. AENL a la propuesta de reforzamiento B, solamente con encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023)

4.3 Resultados

4.3.1 Comportamiento sísmico mediante el método Hirosawa

4.3.1.1 Bloque 1

Índice de Vulnerabilidad Estructural vs Índice de juicio estructural

Para el primer piso es 0.045 mientras que el I_s para el segundo piso es 0.069 esto es porque este índice representa a la estructura de acuerdo a las cargas que actúan sobre ella, siendo en el caso del bloque 1 el primer piso el más crítico por ser el que soporta más cargas en comparación al piso 2. Así mismo este método evalúa la falla según su diseño estructural; el bloque 1 tiene un sistema de pórticos por lo que el método considera a las columnas como los elementos más importantes por lo que los resultados de I_s para cada nivel se interpretarían como la resistencia de las columnas frente a los pesos que actúan sobre ellas.

Hirosawa recomienda que al analizar los índices de vulnerabilidad estructural se tome el más crítico que en este caso sería el del primer piso igual a 0.045.

Tabla 119

Índice de vulnerabilidad Estructural I_s para Bloque 1

I_s		
Primer piso	Segundo piso	I_s representativo del bloque 1
0.045	0.069	0.045

Nota. Realizado por los autores (2023)

El índice de juicio estructural I_{so} , para cada nivel del bloque 1 es de 0.063 este factor es debido al factor de zona, índice de resistencia básica requerida, factor

topográfico y la importancia del edificio por su uso, para nuestro caso por ser una edificación de infraestructura educativa se considera como esencial por lo que el Iso se incrementa en 50% y su topografía presenta pendiente que incrementa en un 10%.

Tabla 120

Índice de juicio estructural Bloque 1

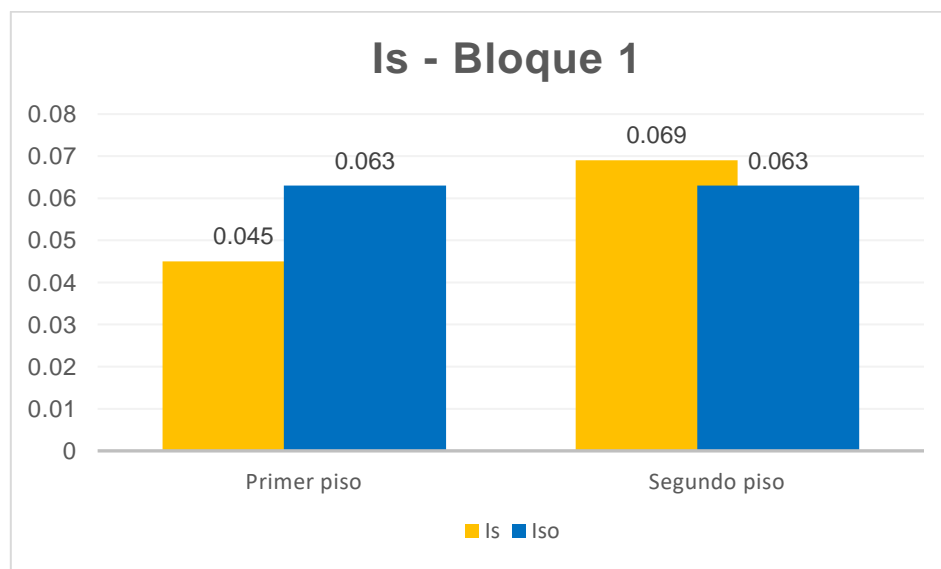
CÁLCULO DEL “Iso”	
Parámetro	Valor
Iso	0.063

Nota. Realizado por los autores (2023)

Con los valores obtenidos, de acuerdo al método Hirosawa se hace una comparación de ambos índices y se determina su vulnerabilidad.

Tabla 121

Resultados del método Hirosawa – Bloque 1

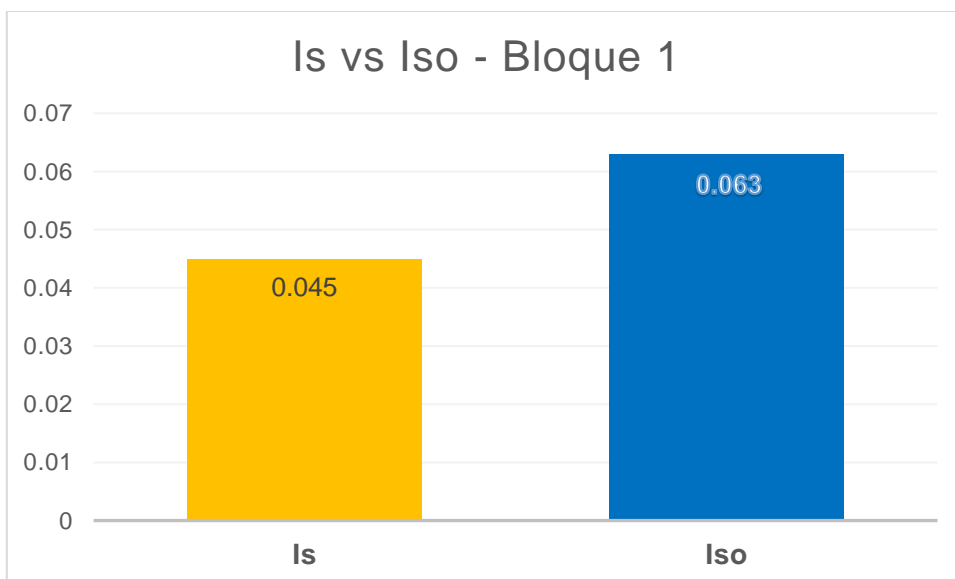


Nota. Realizado por los autores (2023)

Realizando la comparativa del Índice de vulnerabilidad representativo de la edificación respecto al índice de juicio estructural se determina que el Bloque 1 es vulnerable por lo que su comportamiento frente a un sismo es inseguro.

Tabla 122

Vulnerabilidad del Bloque 1 mediante Hirosawa



Nota. Elaborado por los autores (2023)

4.3.1.2 Bloque 2

Índice de Vulnerabilidad Estructural vs Índice de juicio estructural

Para el primer piso es 0.047 mientras que el Is para el segundo piso es 0.076 esto es porque este índice representa a la estructura de acuerdo a las cargas que actúan sobre ella, siendo en el caso del bloque 2 el primer piso el más crítico debido a que soporta más carga. Así mismo, este método evalúa la falla de acuerdo al diseño estructural; el bloque 2 tiene un sistema de pórticos por lo que el método considera a las columnas como los elementos más importantes por lo que los resultados de Is para

cada nivel se interpretarían como la resistencia de las columnas frente a los pesos que actúan sobre ellas.

Hirosawa recomienda que al analizar los índices de vulnerabilidad estructural se tome el más crítico que en este caso sería el del primer piso igual a 0.047.

Tabla 123

Índice de vulnerabilidad Estructural I_s para Bloque 2

I_s		
Primer piso	Segundo piso	I_s representativo del bloque 2
0.047	0.076	0.047

Nota. Realizado por los autores (2023)

El índice de juicio estructural I_{so} , para cada nivel del bloque 2 es de 0.063 este factor es debido al factor de zona, índice de resistencia básica requerida, factor topográfico y la importancia del edificio por su uso, para nuestro caso por ser una edificación de infraestructura educativa se considera como esencial por lo que el I_{so} se incrementa en 50% y su topografía presenta pendiente que incrementa en 10%.

Tabla 124

Índice de juicio estructural Bloque 2

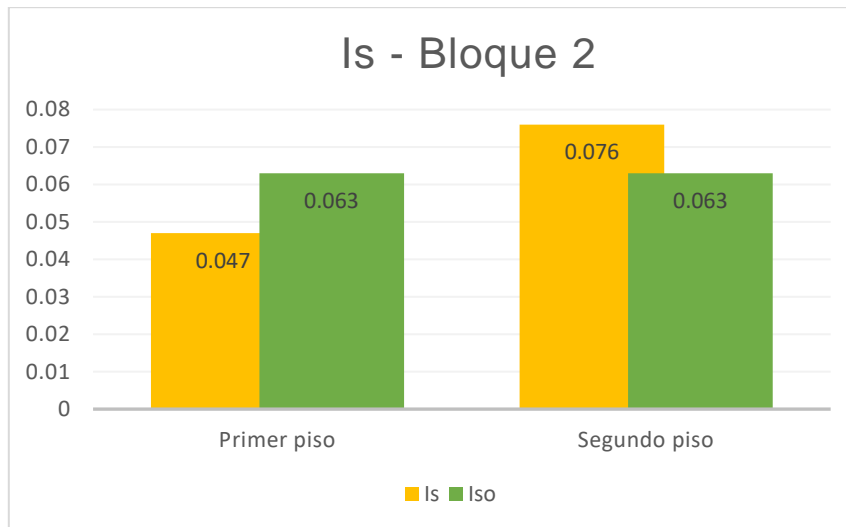
CÁLCULO DEL “I_{so}”	
Parámetro	Valor
I_{so}	0.063

Nota. Realizado por los autores (2023)

Con los valores obtenidos, de acuerdo al método Hirosawa se hace una comparación de ambos índices y se determina su vulnerabilidad.

Tabla 125

Resultados del método Hirosawa - Bloque 2

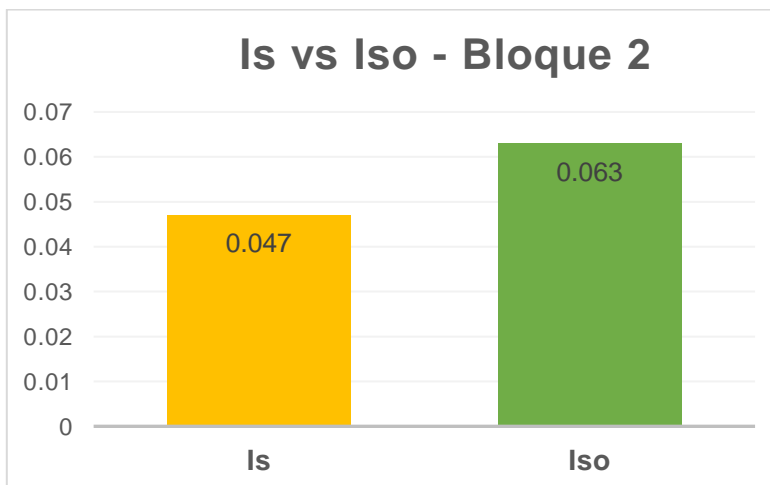


Nota. Elaboración propia

Realizando la comparativa del Índice de vulnerabilidad representativo de la edificación respecto al índice de juicio estructural se determina que el Bloque 2 es vulnerable por lo que su comportamiento frente a un sismo es inseguro.

Tabla 126

Vulnerabilidad del Bloque 2 mediante Hirosawa



Nota. Elaborado por los autores (2023)

4.3.2 Comportamiento sísmico mediante el análisis estático no lineal

4.3.2.1 Bloque 1

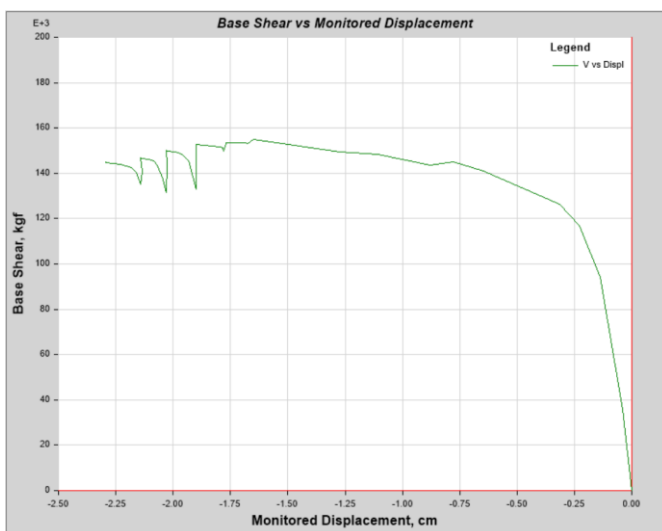
Comportamiento sísmico mediante el Método de Pushover tipo estático no lineal en eje X-X - Bloque 1

4.3.2.1.1 Curva de capacidad en X-X

Sobre el bloque 1, se obtuvo sometiendo la estructura a cargas laterales incrementales hasta el punto en que el edificio alcanzó su punto de máxima capacidad utilizando el programa Etabs Vs 21.1. En el punto donde comienza la pérdida de linealidad en el eje X-X, la estructura presenta un desplazamiento máximo que alcanza la estructura de 1.65 cm y un cortante basal de 154.86 conf., lo que representa el punto de colapso total. Esto se hizo con el fin de determinar el punto en el que el edificio alcanzó su punto de máxima capacidad.

Figura 192

Curva de capacidad en la dirección X-X del Bloque "1"



Nota. Realizado por los autores (2023).

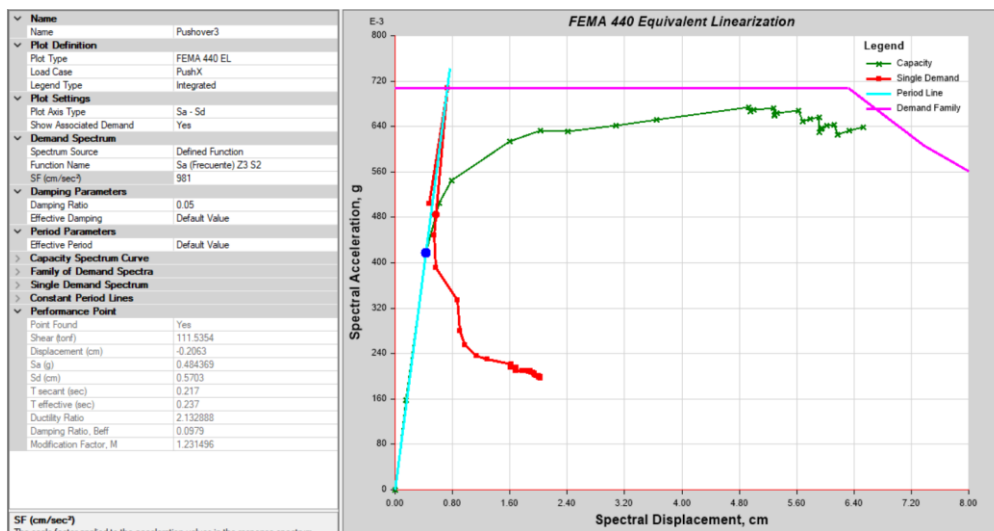
4.3.2.1.2 Punto de desempeño en X-X

Para obtener el punto de desempeño

Luego de determinar la curva de capacidad, es necesario convertir esta curva a un espectro de capacidad para que esta misma pueda actuar en el formato (Espectros de respuesta al desplazamiento de aceleración - ADRS) que se obtienen en el siguiente grafico basándonos en el criterio de “FEMA 440”, con el que se hallaron puntos de desempeño para los diferentes sismos.

Figura 193

Punto de desempeño para un Sismo Frecuente en dirección X-X

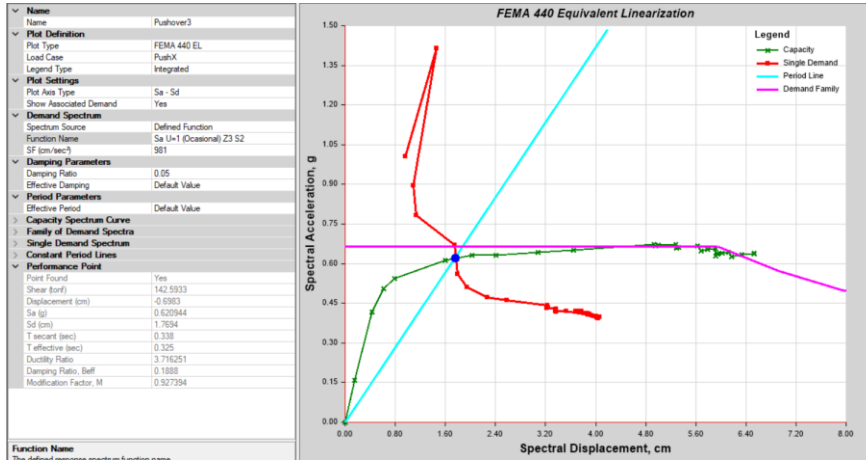


Nota. Elaborado por los autores (2023).

Al examinar el registro sísmico de un terremoto recurrente, el punto en el que se supera la resistencia del material se encuentra a menudo en el interior de la curva de capacidad. El punto de intersección en el eje de abscisas viene definido por un pseudo desplazamiento límite de 0,57 centímetros, mientras que en el eje de ordenadas, el punto de intersección viene determinado por una pseudo aceleración espectral de 0,48 gramos.

Figura 194

Punto de desempeño para un Sismo Ocasional en dirección X-X

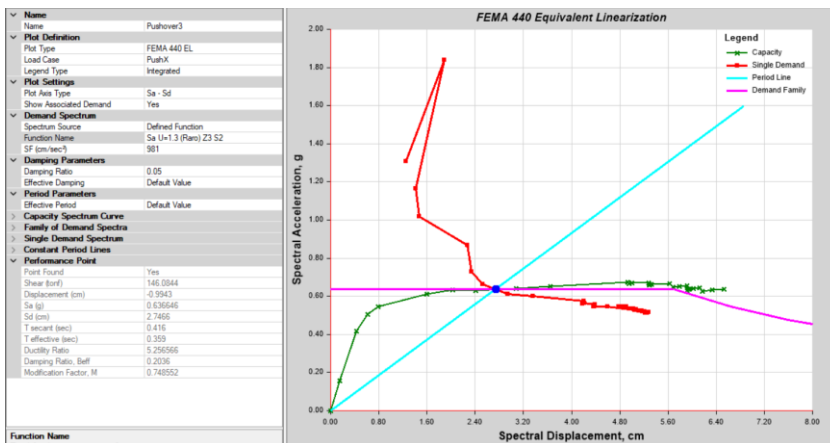


Nota. Realizado por los autores (2023).

Tras examinar los datos del terremoto no común, se ha descubierto que el límite elástico está situado en el interior de la curva de capacidad. Para ello, encontraremos el punto de intersección en el eje de abscisas simulando un desplazamiento de 1,76 centímetros, y en el eje de ordenadas simulando una aceleración de 0,62 gramos.

Figura 195

Punto de desempeño para un Sismo Raro en dirección X-X

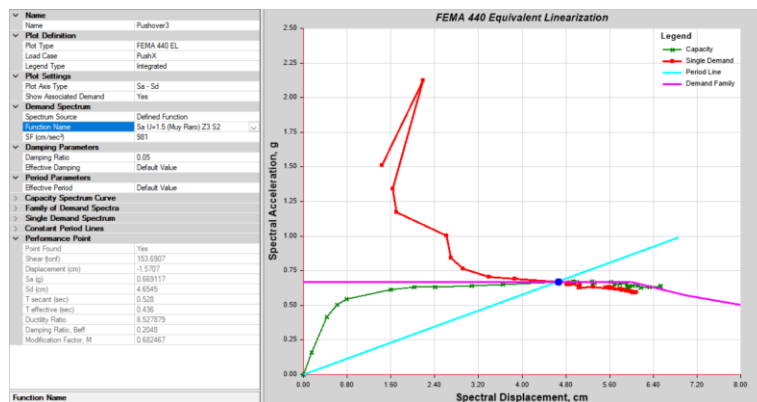


Nota. Elaboración propia (2023).

En el registro de un sismo raro, se observa que el punto de desempeño se encuentra dentro de la curva de capacidad analizada, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 2.74 cm. Y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración de 0.63 g.

Figura 196

Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro en dirección X-X



Nota. Realizado por los autores (2023).

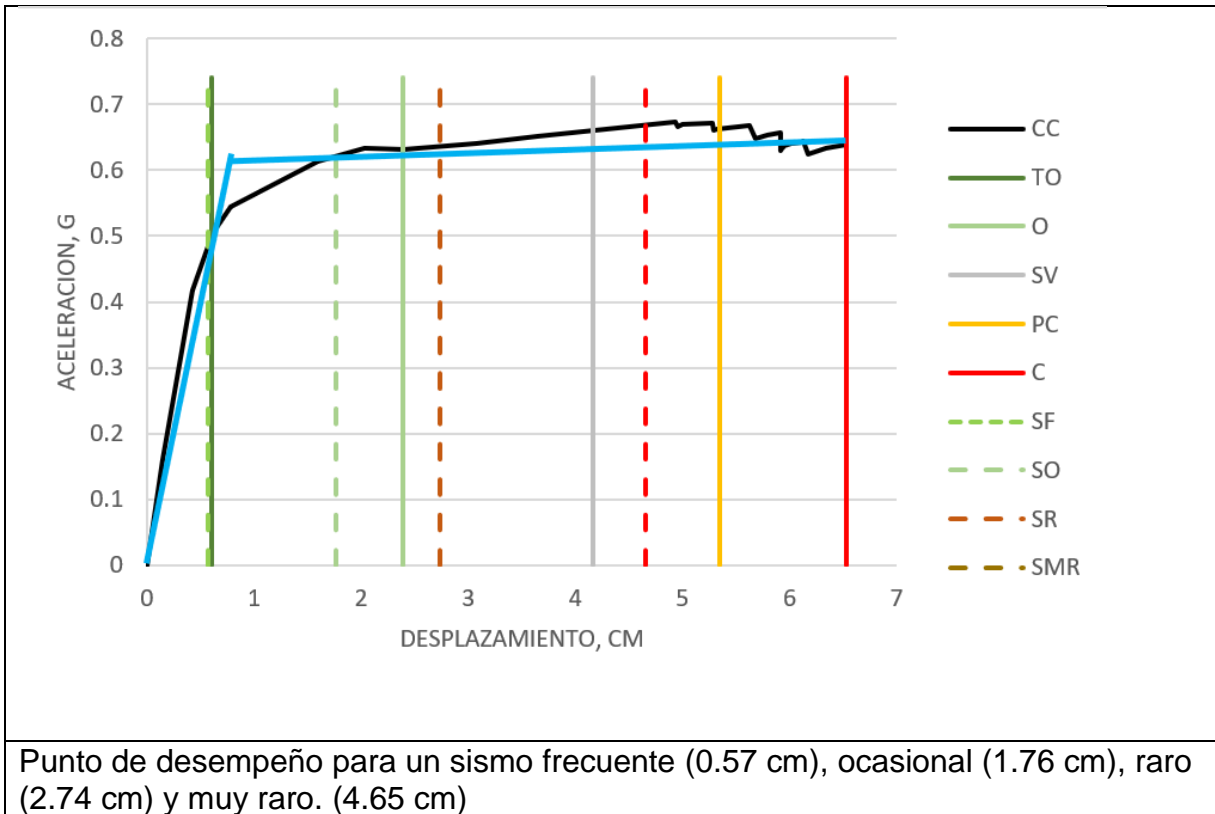
Las observaciones indican que el punto de comportamiento se encuentra dentro de la curva de capacidad evaluada durante la documentación de un terremoto excepcionalmente raro. Se determinó que el punto de unión en el eje de abscisas tenía un pseudo desplazamiento límite de 4,65 centímetros, mientras que la pseudo aceleración en el eje de ordenadas resultó ser de 0,67 gramos.

4.3.2.1.3 Sectorización y el desempeño sísmico en X-X

Se realizó la sectorización de la curva según los criterios de SEAOC y se procedió a graficar para cada tipo de sismo evaluado.

Figura 197

Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje X-X



Nota. Elaborado por los autores (2023).

Como puede verse en la siguiente figura, el rendimiento de la estructura del bloque 1 es completamente operativo para un terremoto que se produzca con frecuencia, y es operativo para un terremoto que se produzca ocasionalmente. Sin embargo, para un terremoto poco frecuente (terremoto de diseño), es de seguridad de vida, y para un terremoto muy poco frecuente, es de prevención de colapso. En consecuencia, no cumpliría la normativa vigente ni el objetivo de rendimiento que la SEAOC prevé para un tipo de edificio esencial.

Figura 198

Desempeño del bloque 1 en el eje X-X

Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente				
Ocasional				
Raro				
Muy raro				

Nota. Realizado por los autores (2023).

Comportamiento sísmico mediante el Método de Pushover tipo estático no lineal en eje Y-Y – Bloque 1

4.3.2.1.4 Curva de capacidad en Y-Y

Se obtuvo aplicando el programa Etabs Vs 21.1 a la estructura y sometiéndola a cargas laterales incrementales hasta el punto en que el edificio alcanzó su punto de máxima capacidad. En el punto donde comienza la pérdida de linealidad en el eje Y-Y, la estructura presenta un desplazamiento máximo que alcanza la estructura de 16,97 cm a un cortante basal de 87,91 ton.f, que representa el punto de colapso total. Esta fue la situación que se obtuvo.

Figura 199

Curva de capacidad en la dirección Y-Y del Bloque “1”



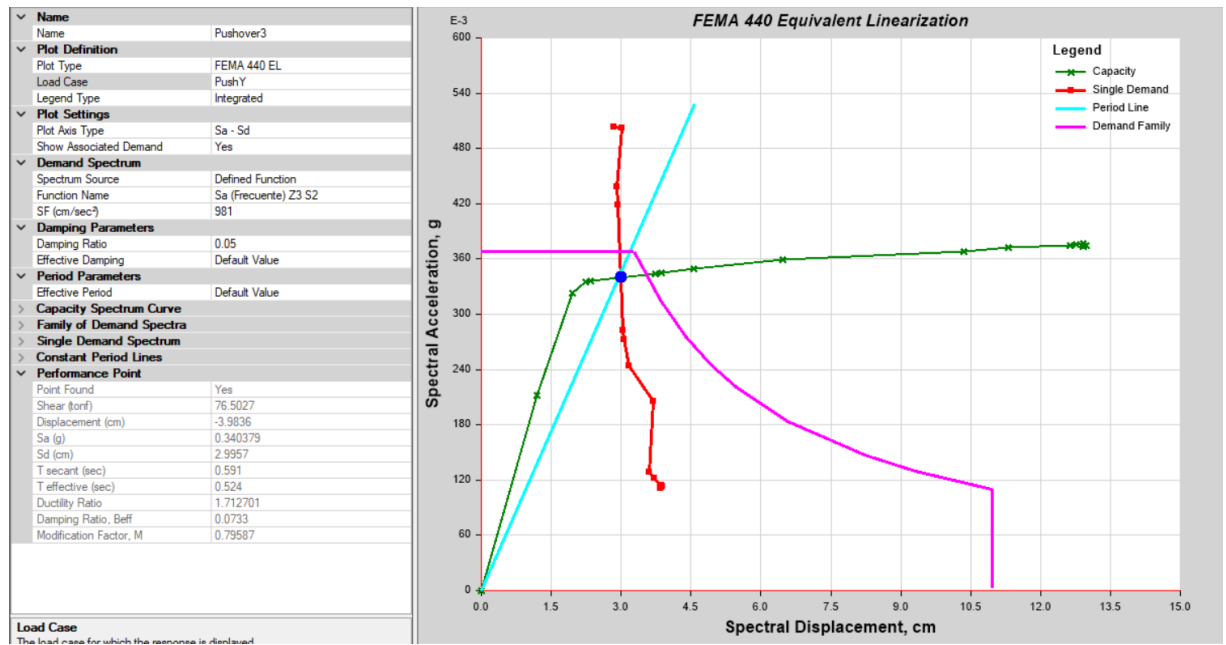
Nota. Elaborado por los autores (2023).

4.3.2.1.5 Punto de desempeño en Y-Y

Tras la determinación de la curva de capacidad, es necesario convertir esta curva en un espectro de capacidad para que pueda funcionar en el formato de Espectros de Respuesta Aceleración Desplazamiento (ADRS). Estos ADRS se obtienen en el siguiente gráfico a partir de los criterios FEMA 440, que se utilizaron para hallar los puntos de comportamiento para los distintos terremotos.

Figura 200

Punto de desempeño para un Sismo Frecuente en dirección Y-Y

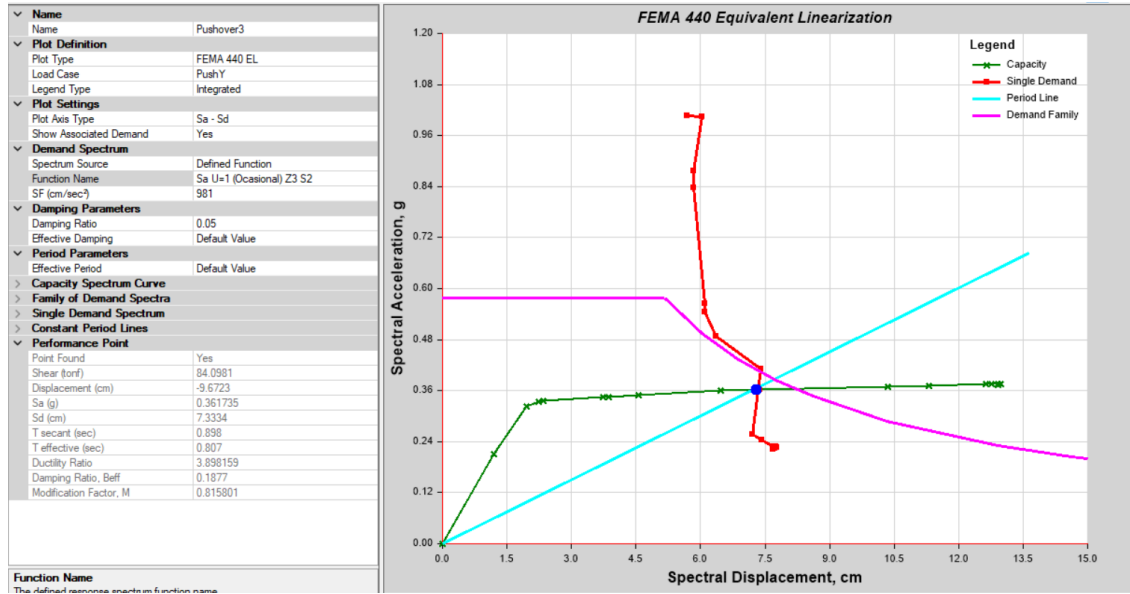


Nota. Elaborado por los autores (2023).

Se observa que el punto de rendimiento se sitúa dentro de la curva de capacidad en el registro de un terremoto frecuente. Esto se consigue obteniendo como punto de intersección en el “eje de abscisas un desplazamiento pseudolímite de 2,99 centímetros y para el eje de ordenadas un cortante una aceleración espectral de 0,34 gramos”.

Figura 201

Punto de desempeño para un Sismo Ocasional en dirección Y-Y

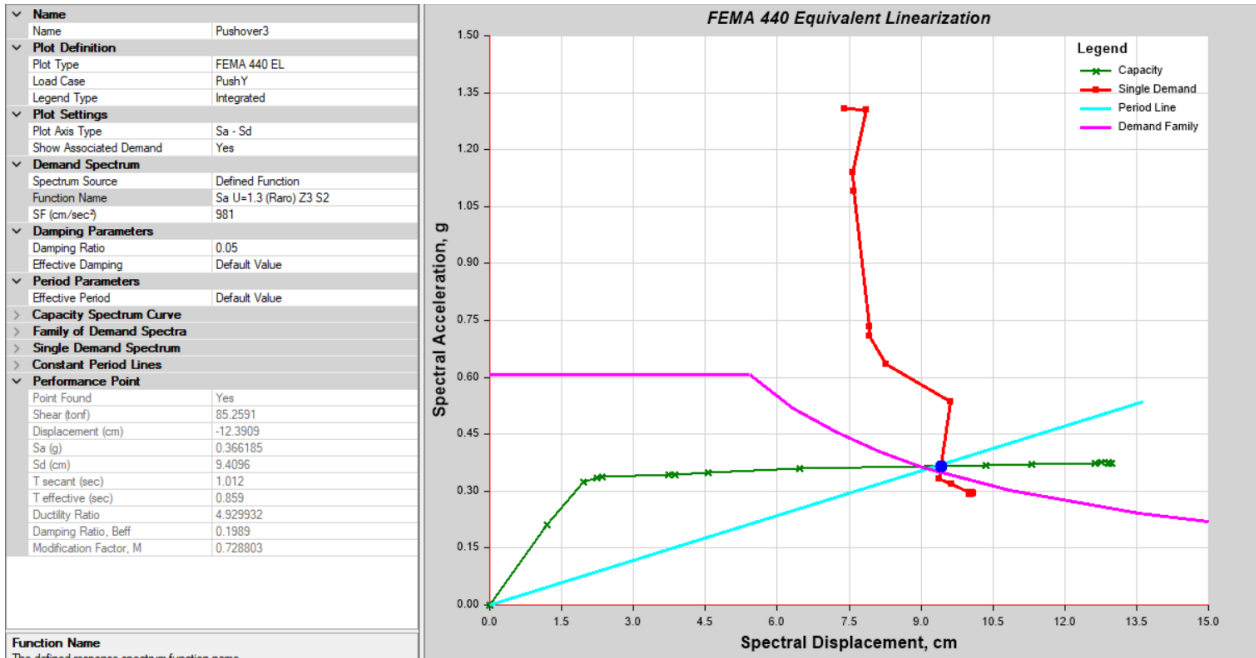


Nota. Realizado por los autores (2023).

Se observa que el punto de rendimiento está situado dentro de la curva de capacidad en el registro de un terremoto poco frecuente. Esto ha dado lugar a que el punto de intersección en el eje de abscisas tenga un desplazamiento pseudo-límite de 7,33 centímetros, y el eje de ordenadas tenga una aceleración espectral de 0,36 g.

Figura 202

Punto de desempeño para un Sismo Raro en dirección Y-Y

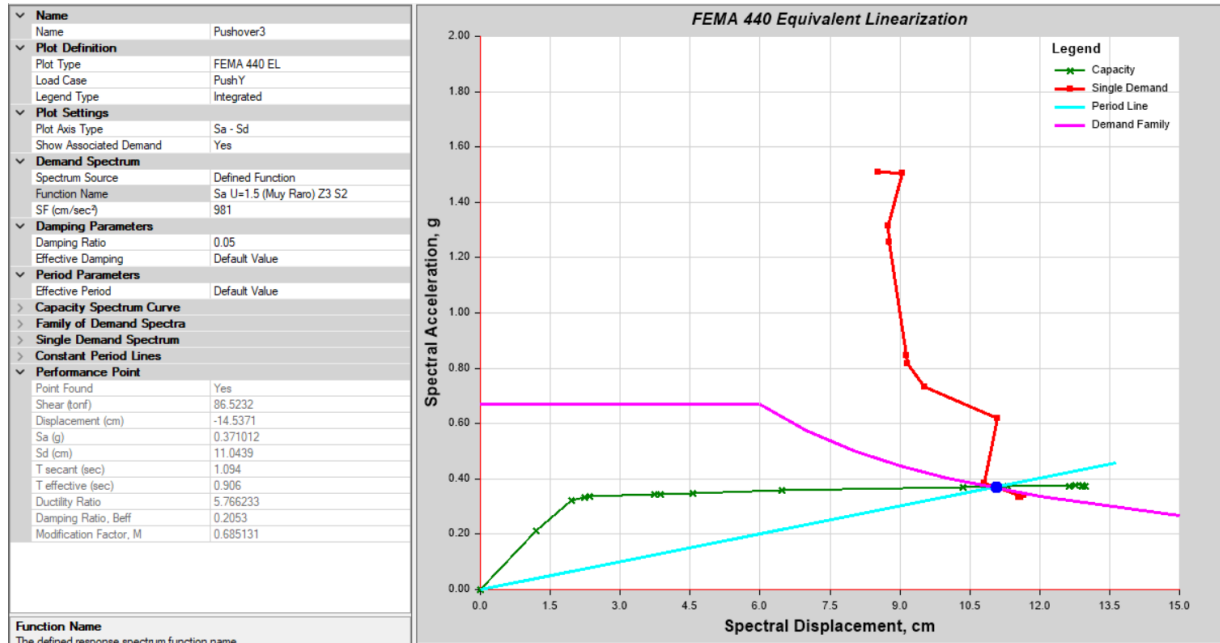


Nota. Elaborado por los autores (2023).

Se ha observado que el punto de comportamiento está situado dentro de la curva de capacidad que se ha evaluado y, como resultado, se ha obtenido un pseudo desplazamiento límite de 9,41 centímetros como punto de cruce en el eje de abscisas. Un seísmo de este tipo es extremadamente raro. Además, se observa una aceleración espectral de 0,37 g para el eje de las ordenadas.

Figura 203

Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro en dirección Y-Y



Nota. Realizado por los autores (2023).

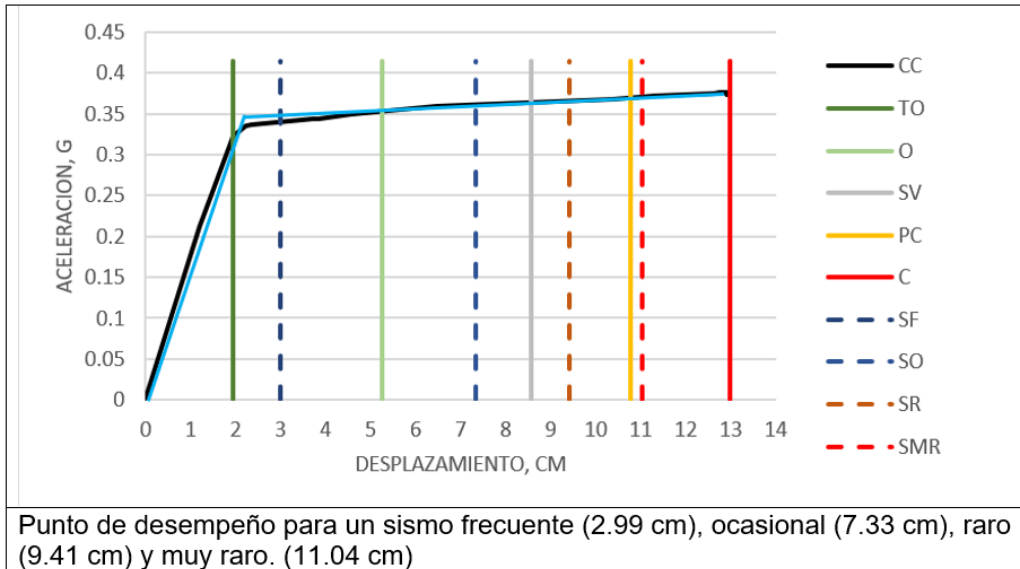
Dentro del registro sísmico de un terremoto excepcionalmente infrecuente, se observa que el punto en el que el material comienza a deformarse se encuentra dentro de la curva que representa la carga máxima que puede soportar la estructura, determinada mediante evaluación. Se determinó que el punto de unión en el eje de abscisas tenía un desplazamiento pseudolímite de 11,04 centímetros, mientras que el eje de ordenadas tenía una aceleración espectral de 0,37 gramos.

4.3.2.1.6 Sectorización y el desempeño sísmico en Y-Y

Se realizó la sectorización de la curva según los criterios de SEAOC y se procedió a graficar cada tipo de sismo evaluado.

Figura 204

Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje Y-Y



Nota. Elaborado por los autores (2023).

Figura 205

Desempeño del bloque 1 en el eje Y-Y

Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente				
Ocasional				
Raro				
Muy raro				

Nota. Elaborado por los autores (2023).

De acuerdo a los comentarios realizados por el Ing. Alejandro Muñoz Peláez sobre la Norma Técnica Peruana E0.30 (diseño sismorresistente), que se refiere a la iniciativa del Comité Visión 2000 de la SEOAC, se establece la matriz de objetivos de desempeño de acuerdo a la importancia de la edificación. Esta matriz se divide en tres categorías: edificios de seguridad común, esencial y crítica. Para cada nivel de daño por peligrosidad sísmica, que va de menor a mayor, estos edificios se definen como plenamente operativos (TO), operativos (O), de seguridad vital (SV) y de prevención de colapsos (PC).

Tabla 127

Desempeño del Bloque 1

	Desp. (cm)	Eje	Desempeño
Sismo Frecuente	0.57	X-X	Totalmente Operacional
	2.99	Y-Y	Operacional
Sismo Ocasional	1.76	X-X	Operacional
	7.33	Y-Y	Seguridad de vida
Sismo Raro	2.74	X-X	Seguridad de vida
	9.41	Y-Y	Prevención al Colapso
Sismo muy Raro	4.65	X-X	Prevención al Colapso
	11.04	Y-Y	Prevención al Colapso

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Con estos resultados se determina que la edificación requiere de un reforzamiento para cumplir con el desempeño objetivo por el SEAOC y la Norma E-030 para una edificación esencial para que de esta forma garantice seguridad a los ocupantes y la continuidad de sus servicios.

4.3.2.2 Bloque 2

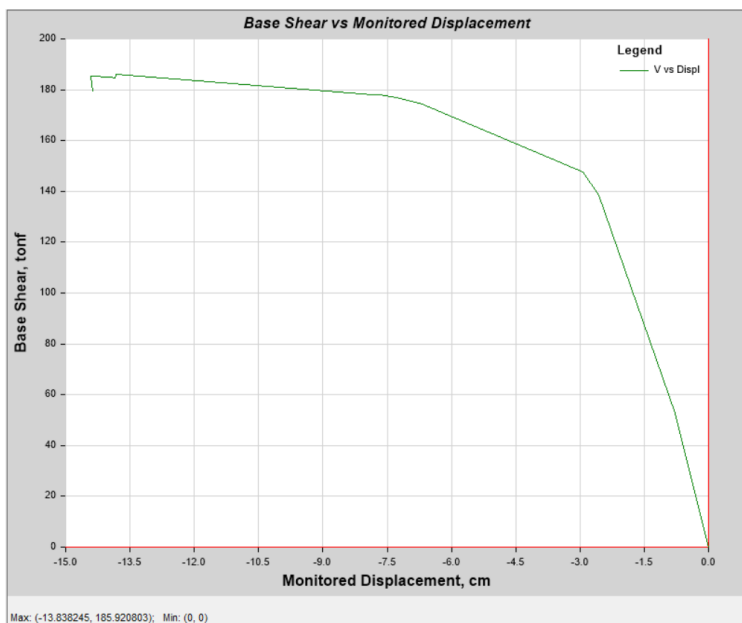
Comportamiento sísmico mediante el Método de Pushover tipo estático no lineal en eje X-X.

4.3.2.2.1 Curva de capacidad en X_X

La curva de capacidad del bloque 2 se obtuvo sometiendo la estructura a cargas laterales incrementales hasta el punto en el que el edificio alcanzó su punto de máxima capacidad utilizando el programa Etabs Vs 21.1. En el punto donde comienza la pérdida de linealidad en el eje X-X, la estructura muestra un desplazamiento máximo que alcanza la estructura de 13,83 cm a un cortante basal de 185,92 ton. f, que representa el punto de colapso total. Este es el punto en el que el edificio alcanzó su capacidad máxima.

Figura 206

Curva de capacidad en la dirección X-X del Bloque “2”



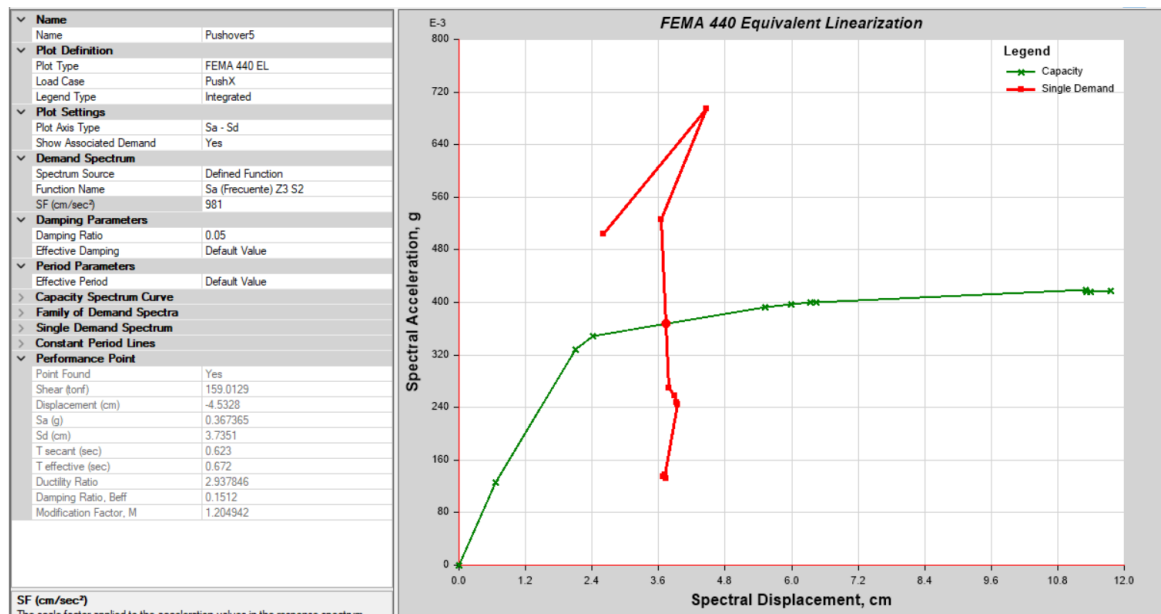
Nota. Elaborado por los autores (2023).

4.3.2.2.2 Punto de desempeño en X-X

Tras la determinación de la curva de capacidad, es necesario convertir esta curva en un espectro de capacidad para que pueda funcionar en el formato (Acceleration Displacement Response Spectra - ADRS). Estos ADRS se obtienen en el siguiente gráfico a partir de los criterios FEMA 440, que se utiliza para determinar los puntos de comportamiento para los distintos terremotos.

Figura 207

Punto de desempeño para un sismo frecuente en dirección X-X

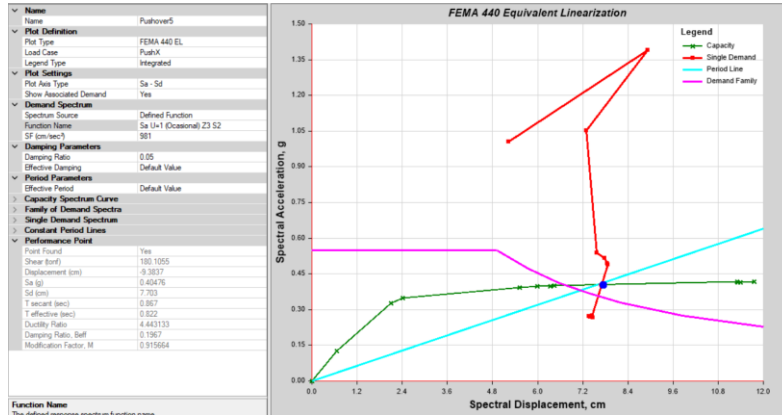


Nota. Realizado por los autores (2023).

En el registro de un sismo frecuente, se observa que el punto de comportamiento se encuentra dentro de la curva de capacidad. Esto se obtiene obteniendo como punto de intersección en el eje de abscisas un pseudo desplazamiento límite de 3,73 centímetros y para el eje de ordenadas un cortante basal para el eje de ordenadas una pseudo aceleración de 0,37 gramos.

Figura 208

Punto de desempeño para un sismo ocasional en dirección X-X

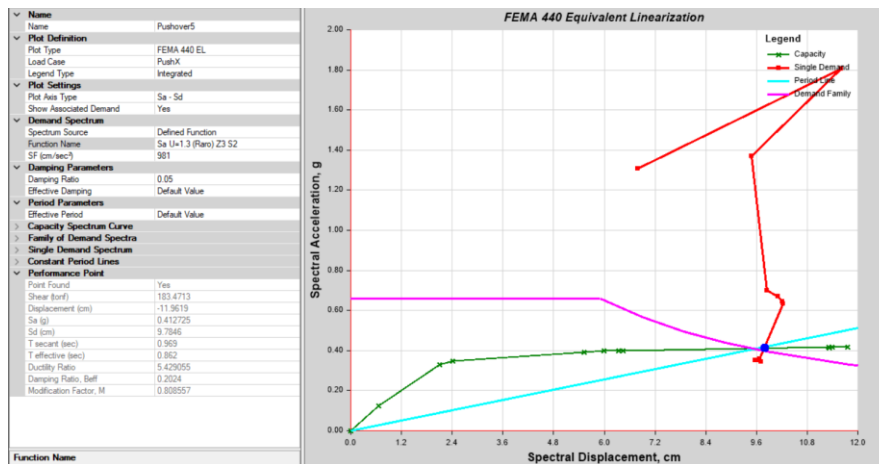


Nota. Realizado por los autores (2023).

Durante el registro de un terremoto poco frecuente, se comprobó que el punto de rendimiento se sitúa dentro de la curva de capacidad. Se obtuvo un desplazamiento pseudolímite de 7,7 centímetros como punto de intersección en el eje de abscisas, y una aceleración espectral de 0,40 g para el eje de ordenadas.

Figura 209

Punto de desempeño para un sismo Raro en dirección X-X

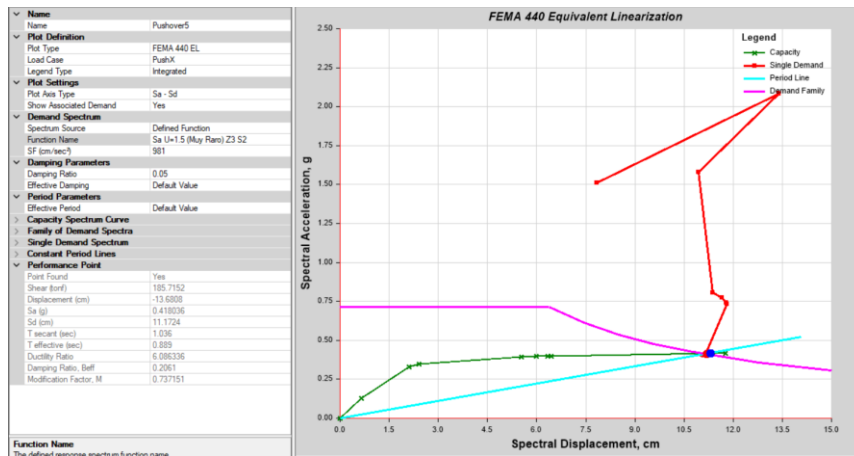


Nota. Realizado por los autores (2023)

Se ha observado que el punto de comportamiento está situado dentro de la curva de capacidad que se ha evaluado y, como resultado, se ha obtenido un pseudodesplazamiento límite de 9,78 centímetros como punto de intersección en el eje de abscisas. Este evento fue un terremoto inusual. Y una pseudoaceleración de 0,41 g para el eje de ordenadas del sistema de coordenadas.

Figura 210

Punto de desempeño para un sismo Muy Raro en dirección X-X



Nota. Elaborado por los autores (2023).

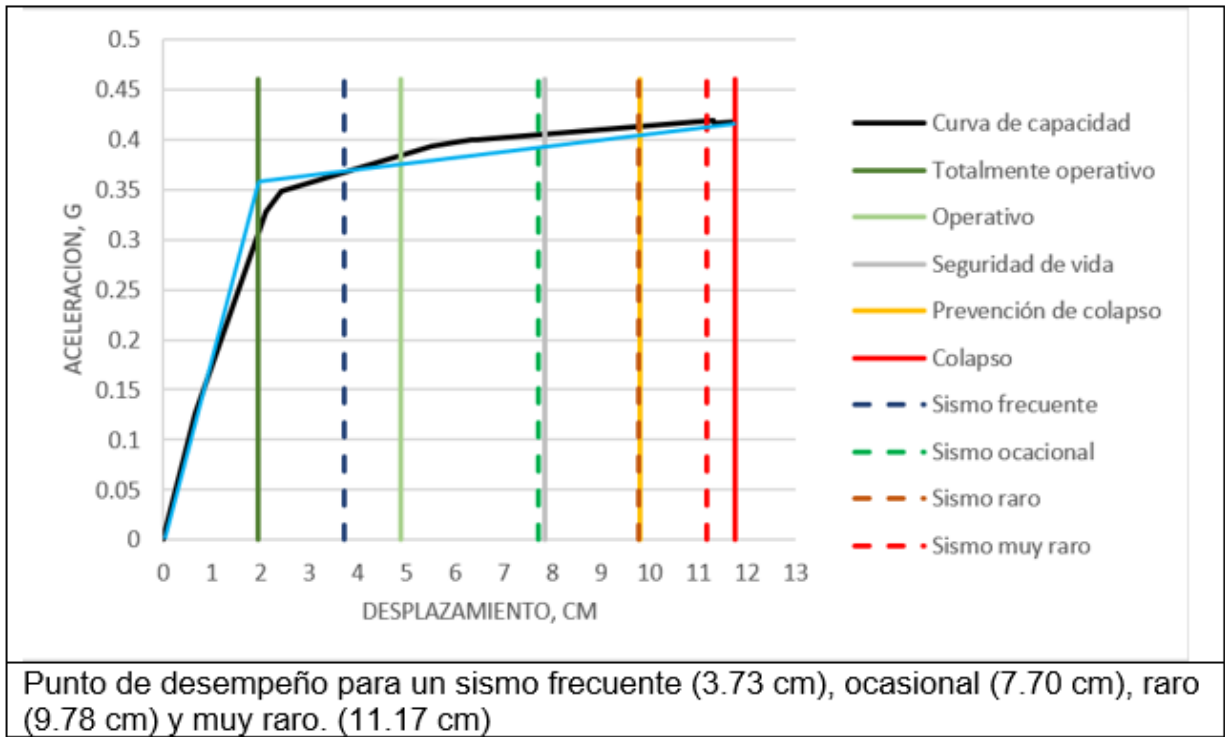
Se observa que el punto de comportamiento se encuentra dentro de la curva de capacidad que se evaluó en el registro de un sismo muy raro. Para ello se obtuvo como punto de intersección en el eje de abscisas un pseudodesplazamiento límite de 11,17 centímetros y para el eje de ordenadas una pseudoaceleración de 0,41 gramos.

4.3.2.2.3 Sectorización y desempeño sísmico en X-X

Se realizó la sectorización de la curva según los criterios de SEAOC y se procedió a graficar cada tipo de sismo evaluado.

Figura 211

Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje X-X



Nota. Elaborado por los autores (2023).

Figura 212

Desempeño del bloque 2 en el eje X-X

Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente				
Ocasional				
Raro				
Muy raro				

Nota. Elaborado por los autores (2023).

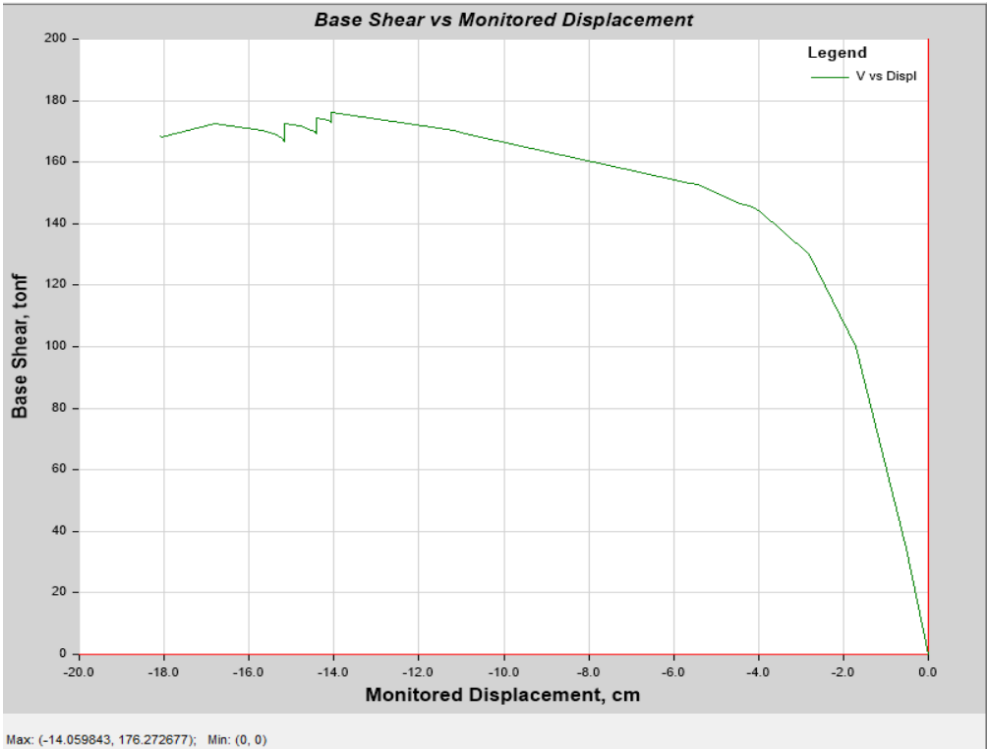
Comportamiento sísmico mediante el Método de Pushover tipo estático no lineal en eje Y-Y.

4.3.2.2.4 Curva de capacidad en Y-Y

La curva de capacidad del bloque 2 se obtuvo sometiendo a cargas laterales incrementales en la estructura hasta el punto en el cual la edificación alcanzo su punto de capacidad máxima aplicando el programa Etabs Vs 21.1, donde se puede observar donde inicia la perdida de la linealidad en el eje Y-Y, la estructura muestra un desplazamiento máximo que alcanza la estructura de 14.06 cm a un cortante basal de 176.27 ton.f que representa el punto de colapso total.

Figura 213

Curva de capacidad en la dirección Y-Y del Bloque “2”



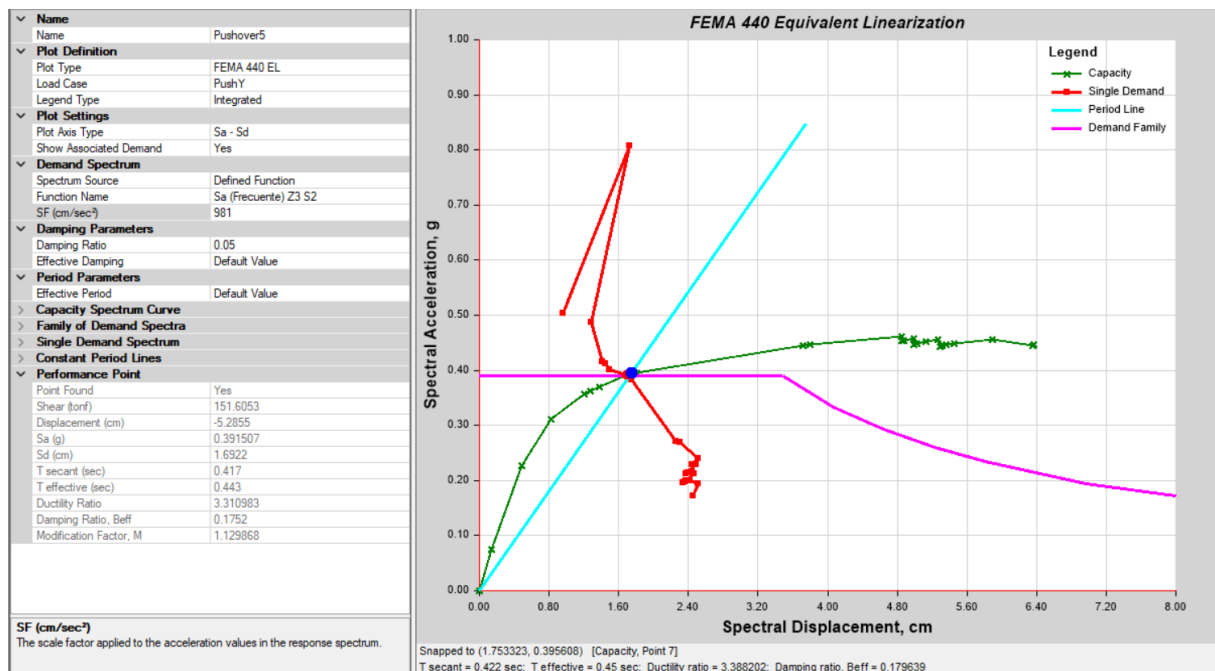
Nota. Elaborado por los autores (2023).

4.3.2.2.5 Punto de desempeño en Y-Y

Tras la determinación de la curva de capacidad, es necesario convertir esta curva en un espectro de capacidad para que pueda funcionar en el formato ADRS (Acceleration Displacement Response Spectra). Estos ADRS se obtienen en el siguiente gráfico a partir de los criterios FEMA 440, que se utiliza para determinar los puntos de comportamiento para los distintos terremotos.

Figura 214

Punto de desempeño para un sismo frecuente en dirección Y-Y.

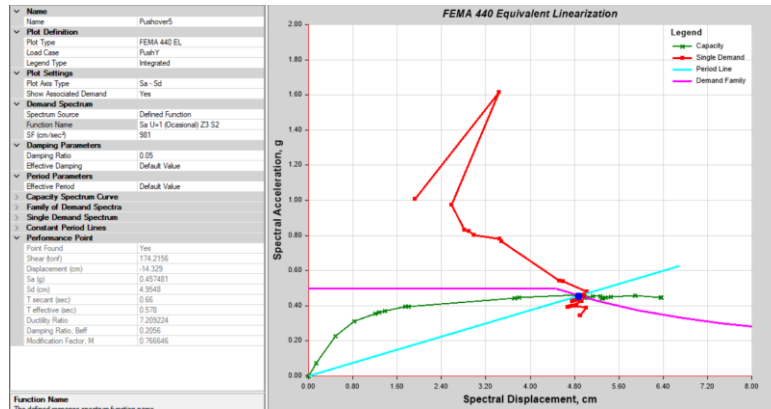


Nota. Elaborado por los autores (2023).

Se observa que el punto de rendimiento se sitúa dentro de la curva de capacidad en el registro de un terremoto frecuente. Esto se consigue obteniendo como punto de intersección en el eje de abscisas un pseudodesplazamiento límite de 1,69 centímetros y para el eje de ordenadas una pseudoaceleración espectral de 0,39 gramos.

Figura 215

Punto de desempeño para un sismo ocasional en dirección Y-Y.

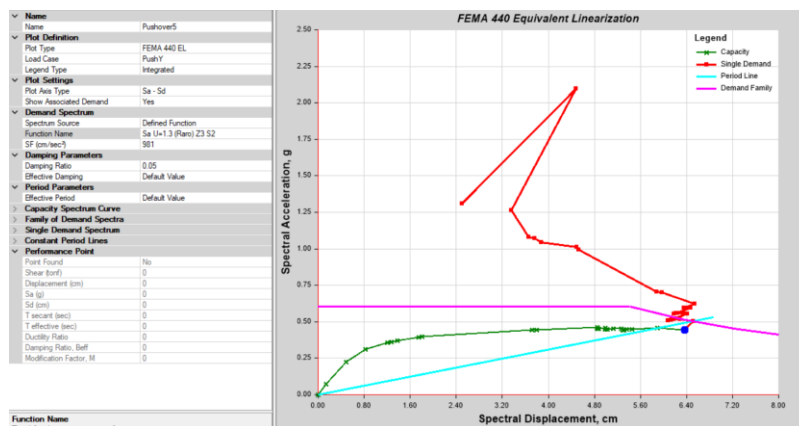


Nota. Realizado por los autores (2023).

En el registro de un terremoto poco ocasional, se observa que el punto de comportamiento se encuentra dentro de la curva de capacidad. Esto se obtiene obteniendo como punto de intersección en el eje de abscisas un pseudodesplazamiento límite de 4,95 centímetros, y para el eje de ordenadas, una pseudoaceleración espectral de 0,46 g.

Figura 216

Punto de desempeño para un sismo Raro en dirección Y-Y

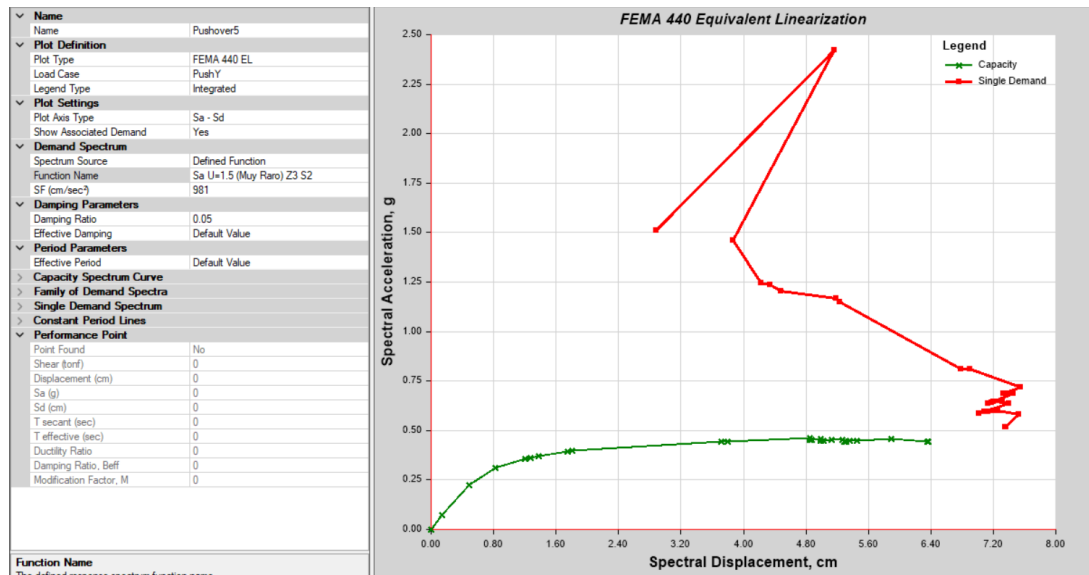


Nota. Realizado por los autores (2023).

Para un sismo raro, se visualiza que la curva de capacidad esta fuera del punto de desempeño. Este se obtiene como el punto de intersección en el eje de abscisas, que es el pseudodesplazamiento que se produce fuera del rango del desplazamiento límite de la estructura después de 6,37 cm, que es el punto en el que se derrumba el edificio.

Figura 217

Punto de desempeño para un sismo Muy Raro en dirección Y-Y



Nota. Realizado por los autores (2023).

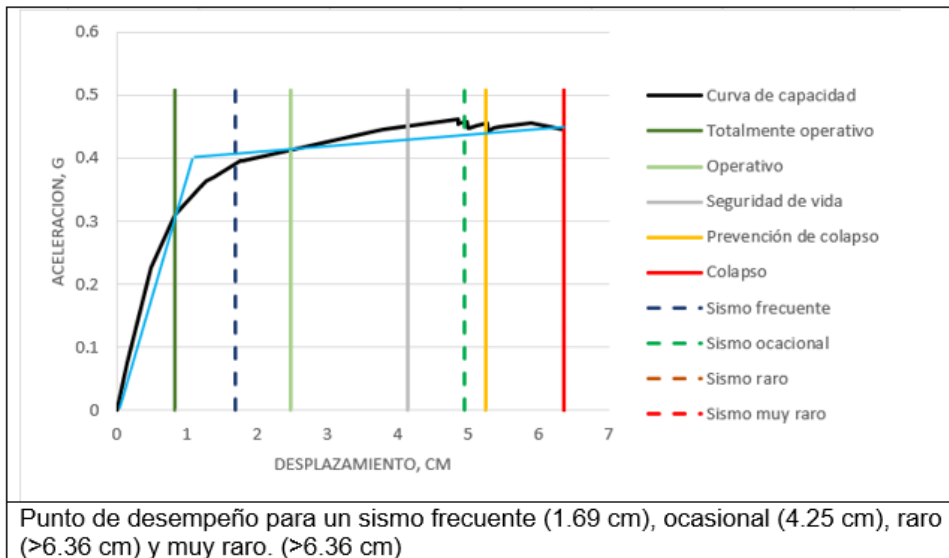
Al analizar el registro de un terremoto excepcionalmente infrecuente, resulta evidente que el punto de comportamiento se encuentra fuera de la curva de capacidad examinada. El resultado es que el punto de cruce en el eje de abscisas es un pseudo desplazamiento se encuentra fuera del rango de del desplazamiento límite de la estructura posterior a 6.37 cm en donde ocurre el colapso de la edificación.

4.3.2.2.6 Sectorización y desempeño sísmico en Y-Y.

Se realizó la sectorización de la curva según los criterios de SEAOC y se procedió a graficar cada tipo de sismo evaluado.

Figura 218

Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje Y-Y



Nota. Realizado por los autores (2023).

Figura 219

Desempeño del bloque 2 en el eje Y-Y

Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente				
Ocasional				
Raro				
Muy raro				

Nota. Realizado por los autores (2023).

Según los comentarios realizados por el Ing. Alejandro Muñoz Peláez, la matriz de objetivos del desempeño se establece según la importancia de la edificación; edificaciones comunes, esenciales y edificaciones de seguridad crítica, para cada nivel de daño de peligro sísmico que van de menor a mayor, estos se definen como totalmente operativo (TO), operativo (O), resguardo de vida (SV), prevención de colapso (PC).

Después de analizar el desempeño sísmico y a la curva de capacidad se lo siguiente:

Tabla 128

Desempeño del Bloque 2

	Desp. (cm)	Eje	Desempeño
Sismo Frecuente	3.73	X-X	Operacional
	1.69	Y-Y	Operacional
Sismo Ocasional	7.70	X-X	Seguridad de vida
	4.25	Y-Y	Prevención al colapso
Sismo Raro	9.78	X-X	Prevención al colapso
	6.37	Y-Y	Colapso
Sismo muy Raro	11.17	X-X	Colapso
	6.37	Y-Y	Colapso

Nota. Elaborado por los autores (2023)

Con estos resultados se determina que la edificación requiere de un reforzamiento para cumplir con el desempeño objetivo por el SEAOC y la Norma E-030 para que se garantice seguridad a los ocupantes.

4.3.3 Comportamiento sísmico de la estructura reforzada

Para el reforzamiento se consideró el desempeño de las dos propuestas de reforzamiento que a continuación se detallan; así mismo se considera las recomendaciones de VISION 2000 (SEAOC) para el desempeño de la estructura.

Bloque 1 - Reforzado

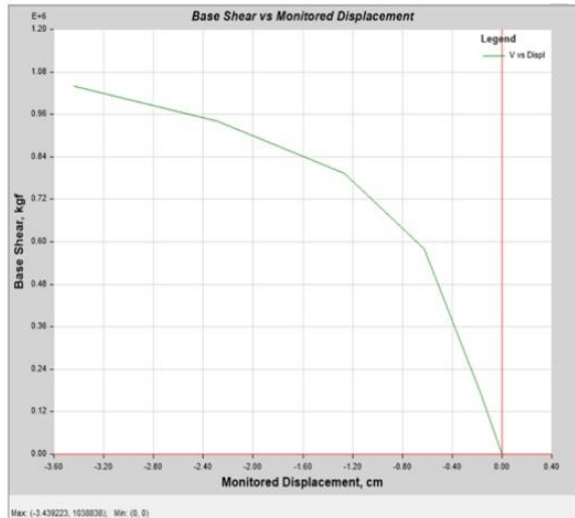
Comportamiento sísmico mediante el Método de Pushover en eje X-X con elementos estructurales reforzados.

4.3.3.1.1 Curva de capacidad en X-X elementos reforzados

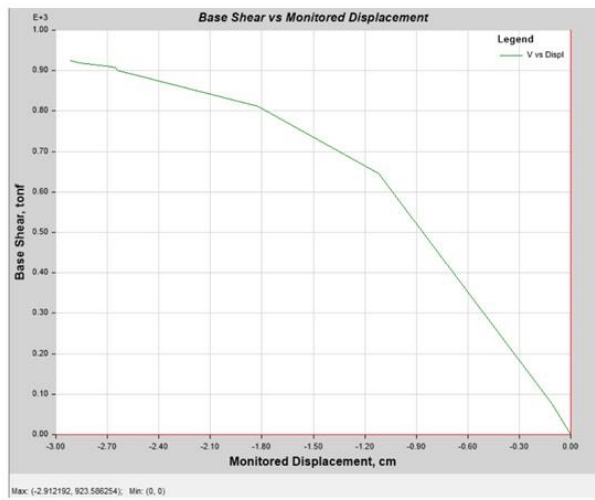
En el bloque 1 se obtuvo sometiendo a cargas laterales incrementales en la estructura hasta que la edificación alcanzó su punto de capacidad máxima mediante el programa Etabs Vs 21.1; el resultado máximo fue de 3.44 cm (A), 2.91 cm (B) para el desplazamiento; y un cortante basal de 1038.83 ton.f (A), 923.87 ton.f (B) que representa el punto de colapso total.

Figura 220

Curva de capacidad en la dirección X-X del Bloque 1 Reforzado



A



B.

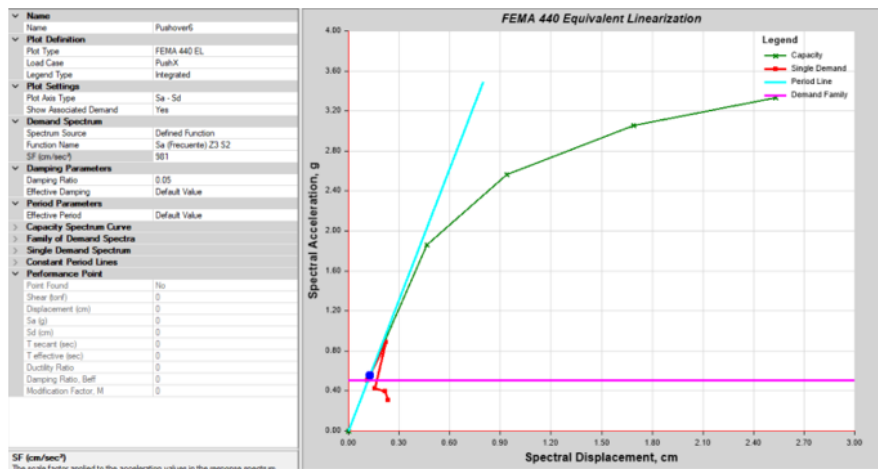
Nota. Curva de capacidad para: "A". Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto."B" Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

4.3.3.1.2 Punto de desempeño en X-X reforzado

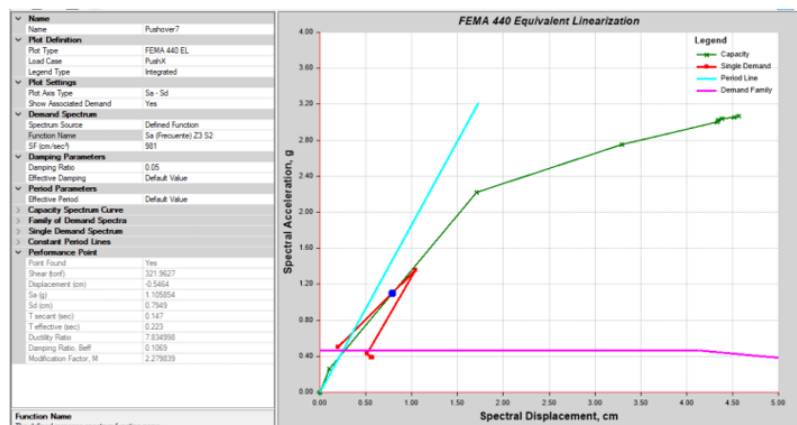
Es necesario convertir esta curva a un espectro de capacidad para que esta misma pueda actuar en el formato ADRS (Espectros de respuesta al desplazamiento de aceleración) que se obtienen en la siguiente figura, con el que se hallaron puntos de desempeño para los diferentes sismos.

Figura 221

Punto de desempeño para un sismo frecuente en dirección X-X



A



B

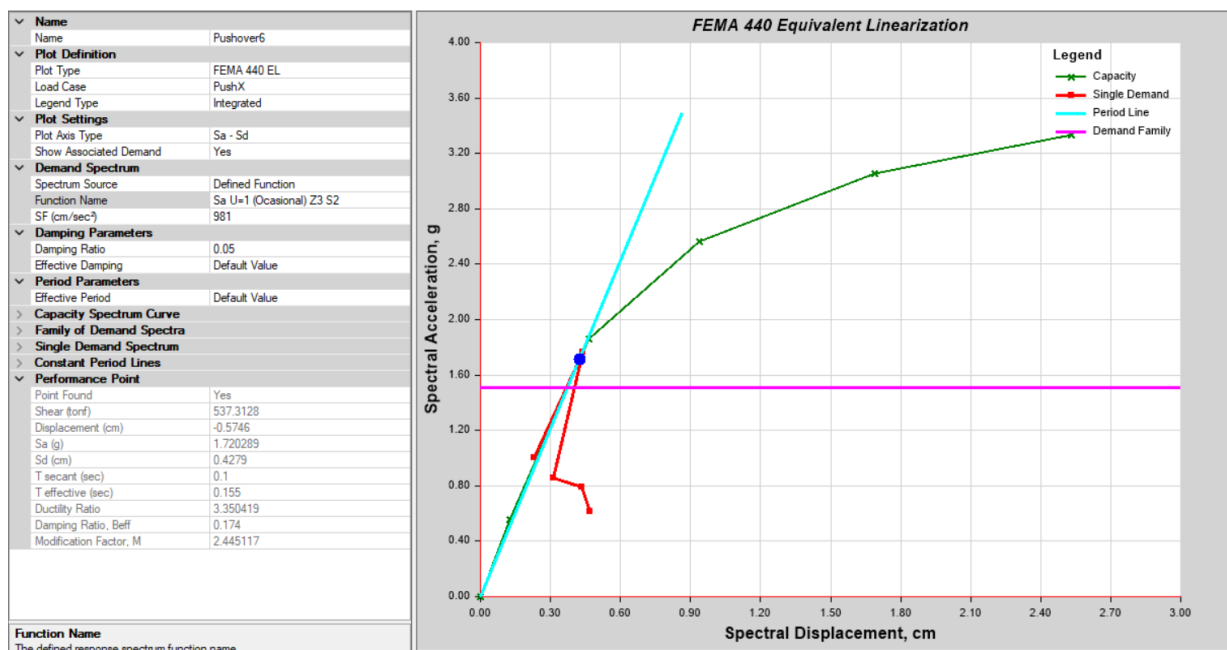
Nota. Punto de desempeño (SF) en X-X para: “A” Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B” Propuesta de

reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

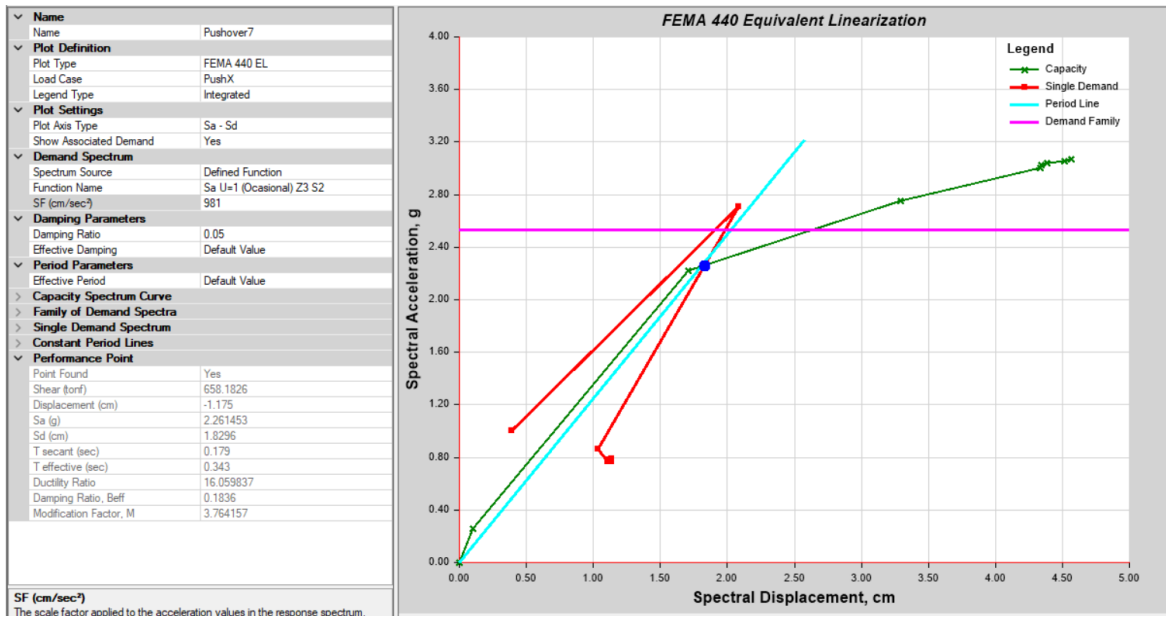
Al observar el registro de un sismo frecuente, se observa que el punto de rendimiento se sitúa dentro de la curva de capacidad. Esto se obtiene obteniendo como punto de intersección en el eje de abscisas un desplazamiento pseudo-límite de 0,13 cm (A) y 0,79 cm (B), así como un cortante basal y una aceleración espectral de 0,56 g (A) y 1,1 g (B) para el eje de ordenadas.

Figura 222

Punto de desempeño para un sismo ocasional en dirección X-X



A



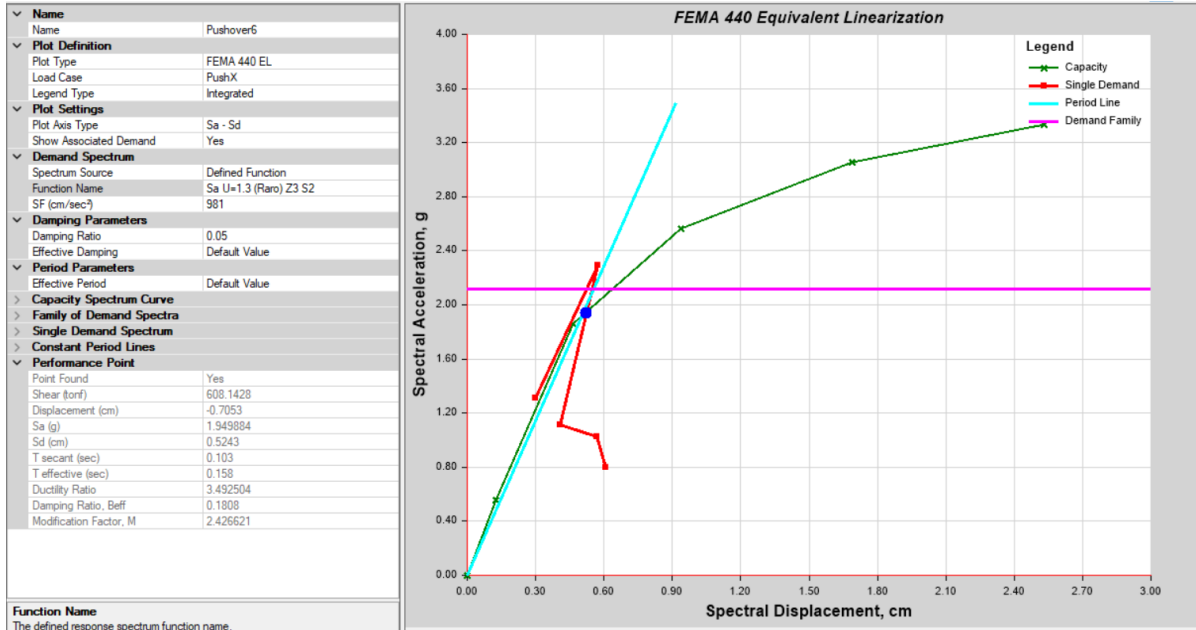
B

Nota. Punto de desempeño (SO) en X-X para: "A" Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto."B" Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

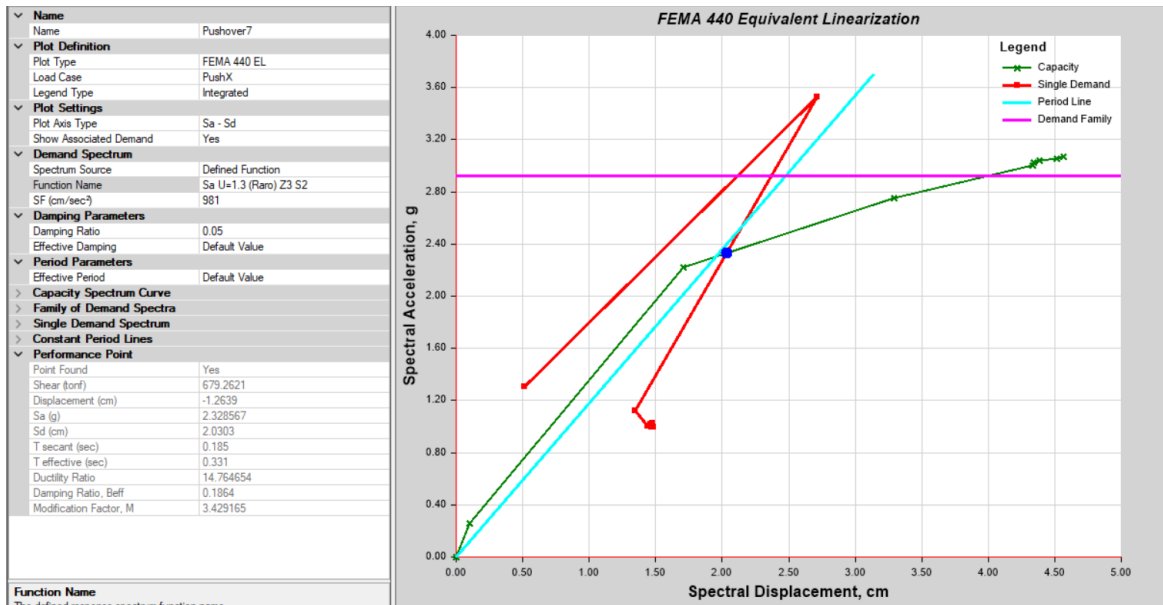
En el registro de un sismo ocasional, se obtuvo como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.43 cm (A) 1.83 cm (B) y para el eje de las ordenadas una aceleración espectral de 1.72 g (A) 2.26 g (B). El punto de desempeño se visualiza dentro de la curva de capacidad.

Figura 223

Punto de desempeño para un sismo Raro en dirección X-X



A



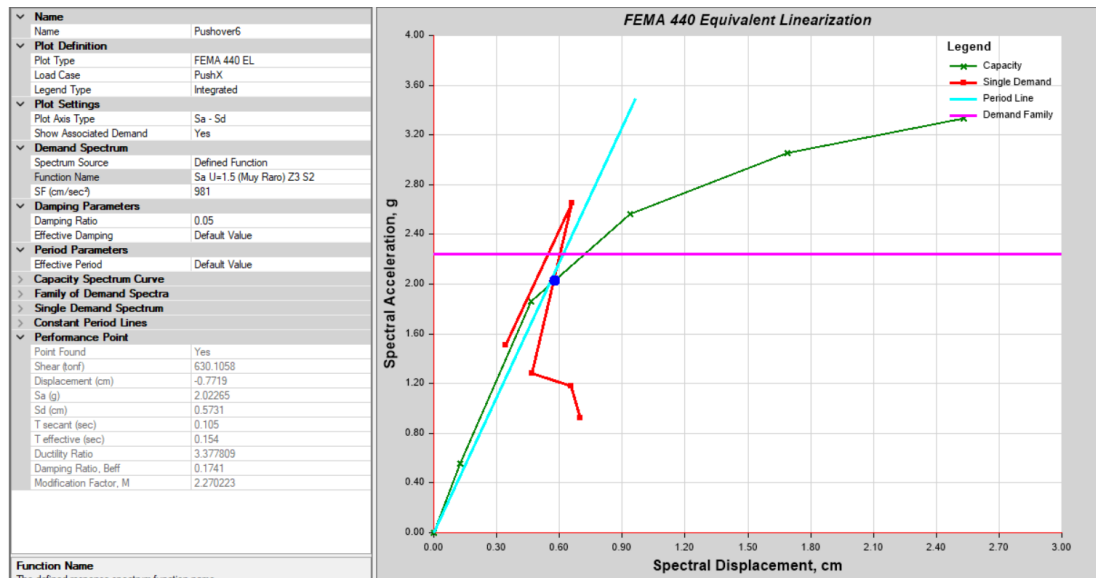
B

Nota. Punto de desempeño (SR) en X-X para: “A” propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B” propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

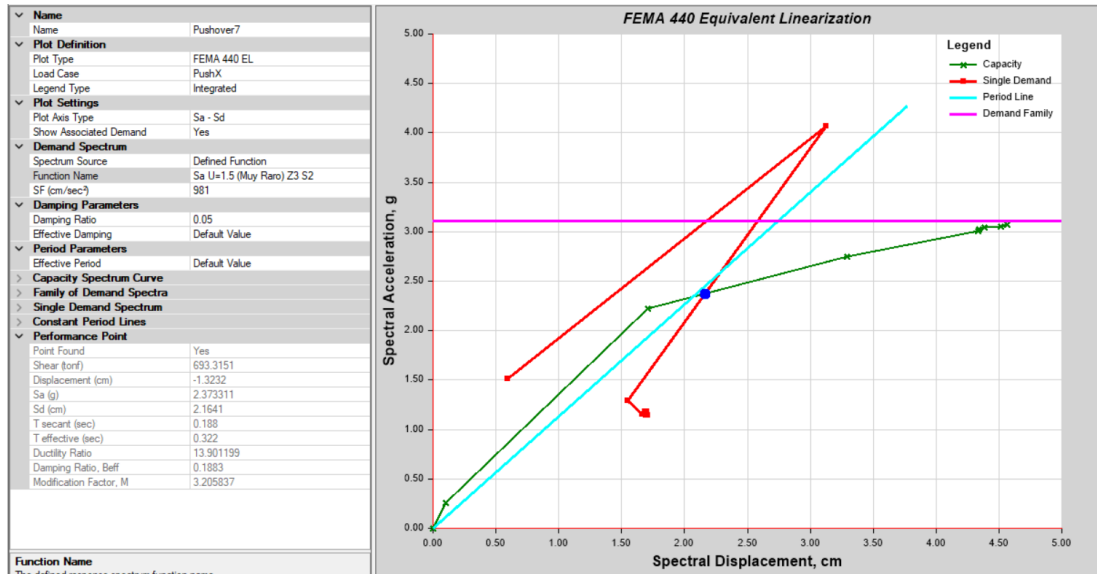
En el registro de un sismo raro, se obtuvo como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.52 cm. (A), 2.03 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 1.94 g (A), 2.32 g (B). El punto de desempeño se visualiza se encuentra dentro de la curva de capacidad analizada

Figura 224

Punto de desempeño para un sismo Muy Raro en dirección X-X



A



B

Nota. Punto de desempeño (SMR) en X-X para: “A” Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B” Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

En el registro de un sismo muy raro, se obtuvo como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.57 cm (A) 2.16 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 2.02 g (A), 2.37 g (B). El punto de desempeño, se visualiza, se encuentra dentro de la curva de capacidad analizada

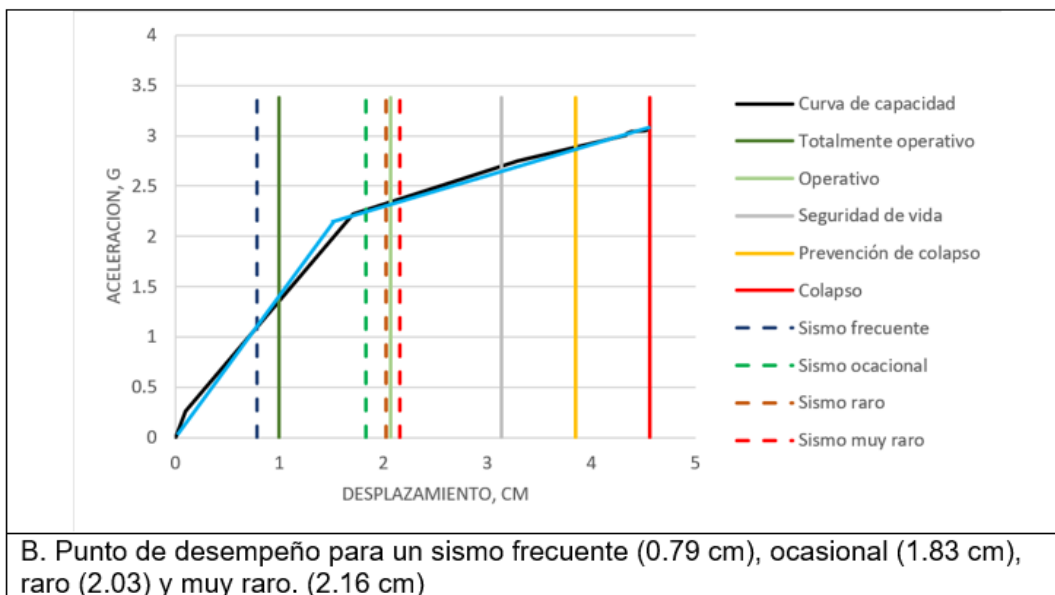
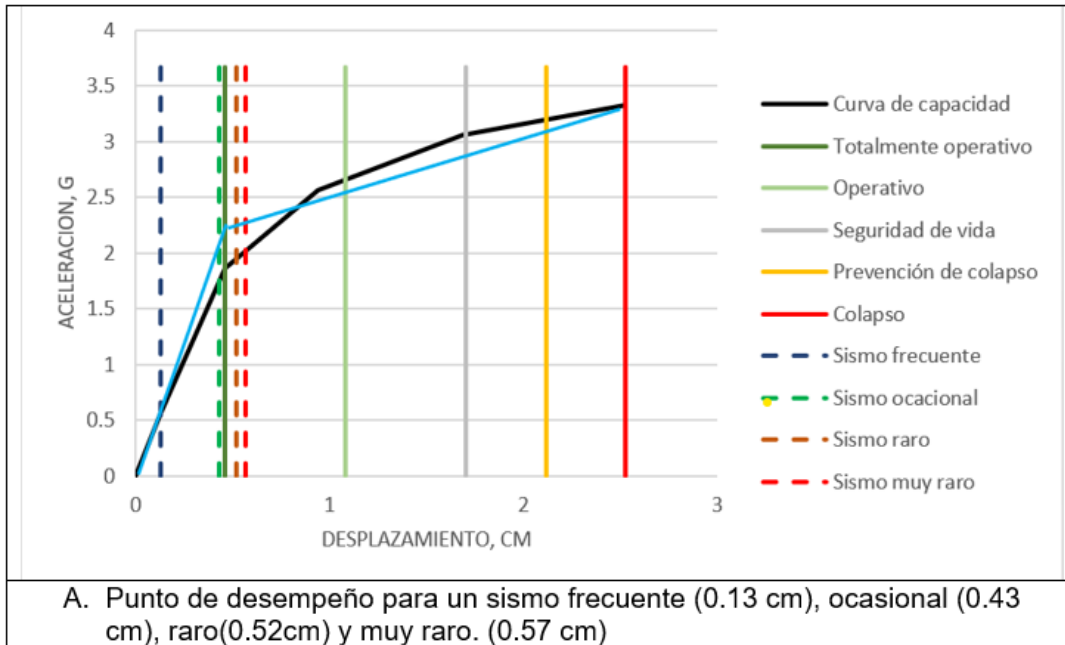
4.3.3.1.3 Sectorización y desempeño sísmico en X-X

Para determinar el comportamiento de los reforzamientos propuestas al bloque 1 en el eje X-X, que divide el desempeño proporcionalmente teniendo en cuenta la cantidad de daño que puede recibir la estructura ante un evento sísmico, visualizar la siguiente figura, para el cálculo de dicho desplazamiento se toma en cuenta el

desplazamiento efectivo de fluencia δ_y para cada nivel de comportamiento sísmico, posteriormente se grafica los desempeños sísmicos en el formato ADSR y mediante la curva bilineal para sectorizarnos dentro de los parámetros de la SEOAC.

Figura 225

Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje X-X



Nota. Desempeño Sísmico para: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

Figura 226

Desempeño de propuestas de reforzamiento - bloque 1- eje X-X

Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC	Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente					Frecuente				
Ocasional					Ocasional				
Raro					Raro				
Muy raro					Muy raro				
A					B				

Nota. A. propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

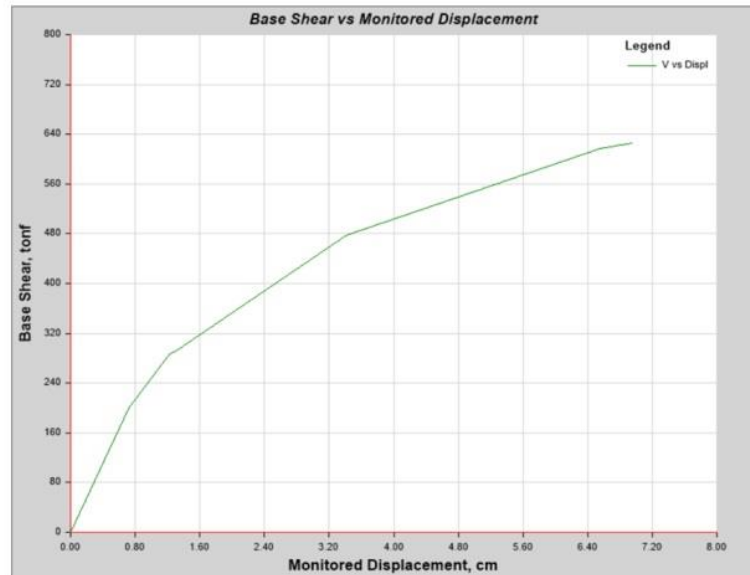
Comportamiento sísmico de propuestas de reforzamiento mediante el Método de Pushover en Y-Y – Bloque 1

4.3.3.1.4 Curva de capacidad en Y-Y

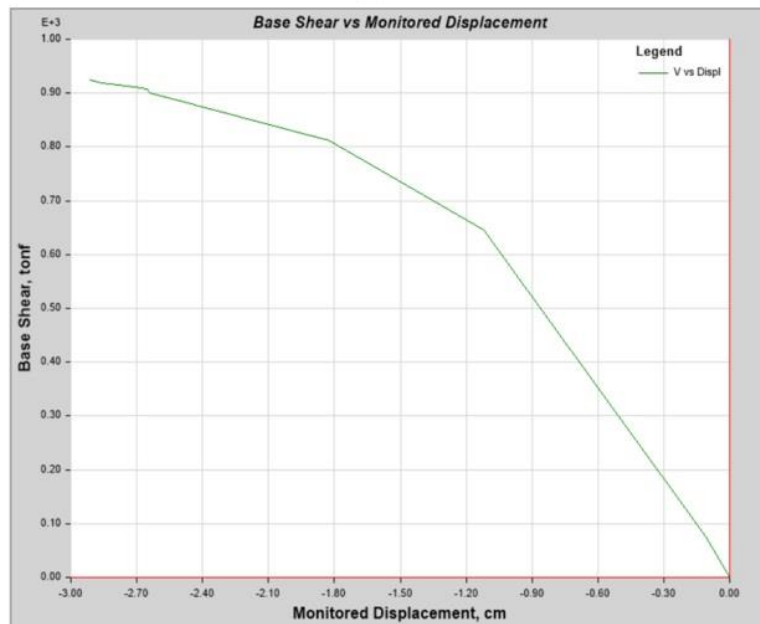
En el bloque 1, los resultados se obtuvieron sometiendo a cargas laterales incrementales a la estructura hasta que alcanzó su capacidad máxima mediante el programa Etabs Vs 21.1, donde se puede observar donde inicia la pérdida de la linealidad en el eje Y-Y, la estructura muestra un deslizamiento máximo que de 6.95 cm (A), 9.96 cm (B) y un cortante basal de 626.09 ton.f (A), 529.85 ton.f que representa el punto de colapso total.

Figura 227

Curva de capacidad en la dirección Y-Y del Bloque "1"



A



B

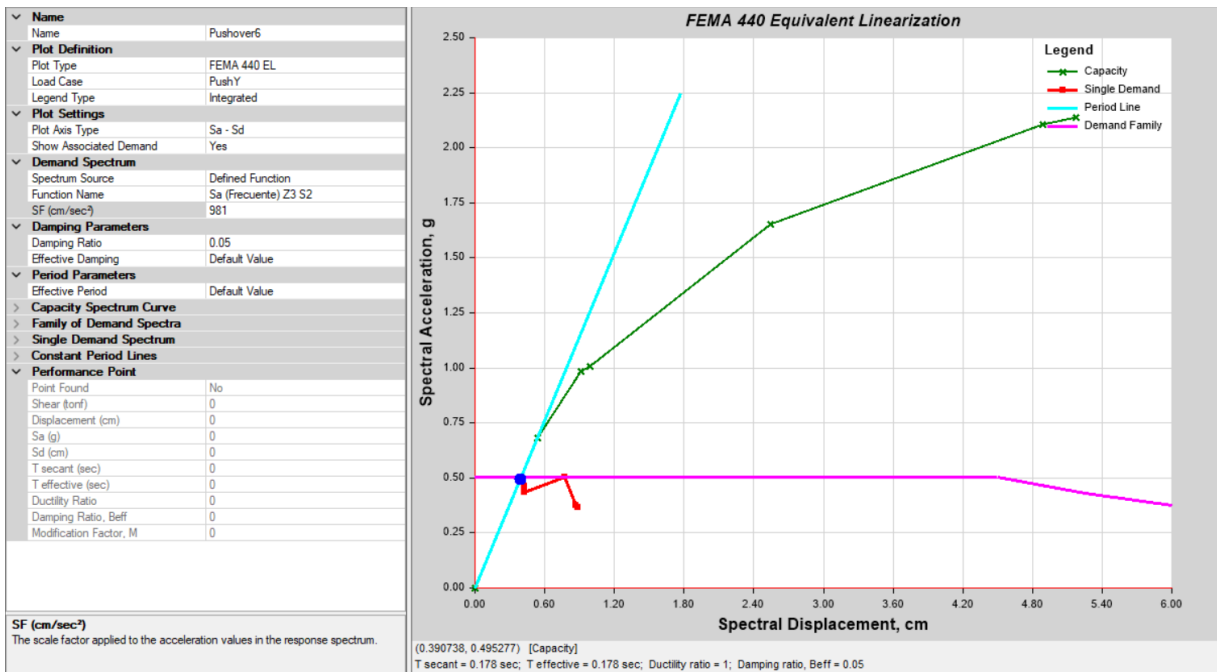
Nota. Curva de capacidad para: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

4.3.3.1.5 Punto de desempeño en Y-Y

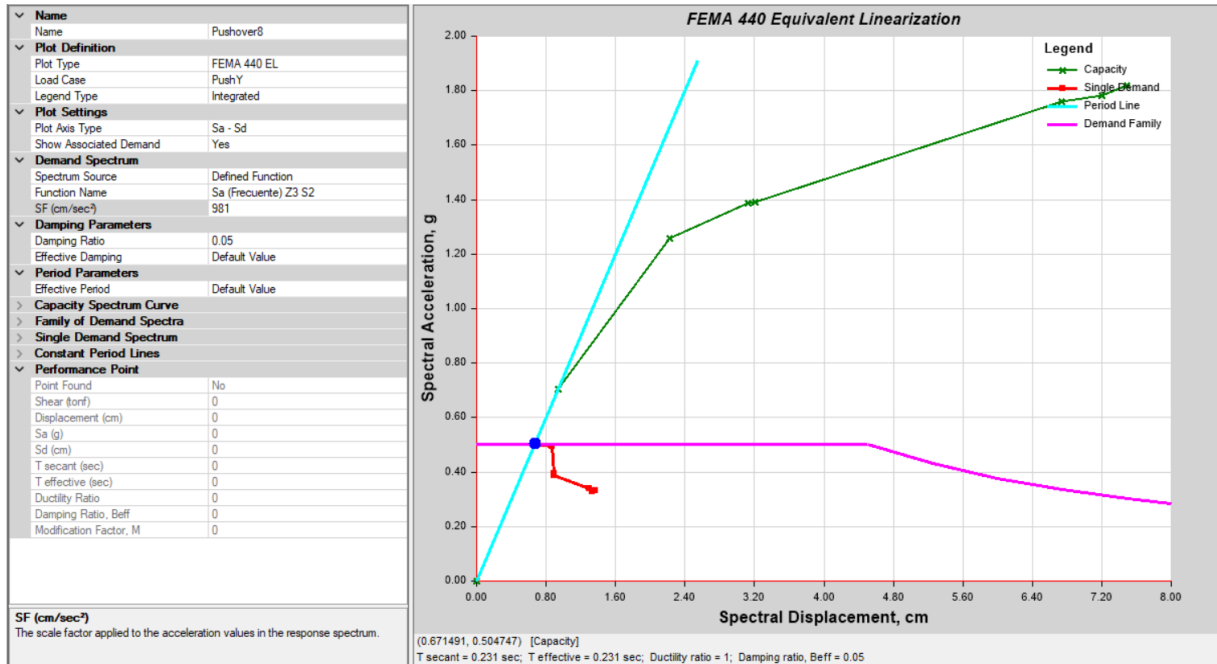
Es necesario convertir la curva de capacidad a un espectro de capacidad y pueda actuar en el formato ADRS (Espectros de respuesta al desplazamiento de aceleración) que se obtienen en la siguiente figura, con el que se hallaron puntos de desempeño para los diferentes sismos.

Figura 228

Punto de desempeño para un Sismo Frecuente en dirección Y-Y.



A



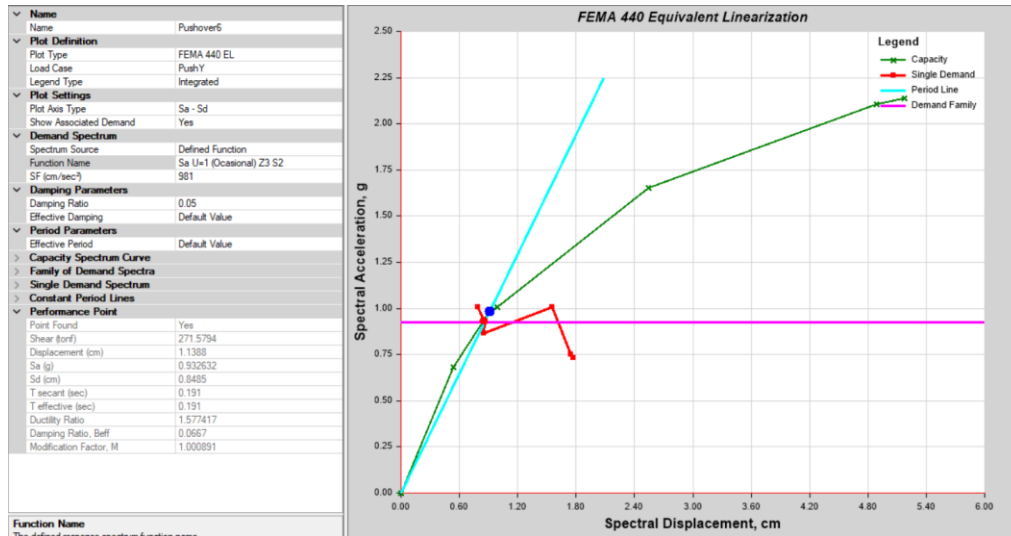
B

Nota. Punto de desempeño (SF) en Y-Y para: “A” Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B” Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

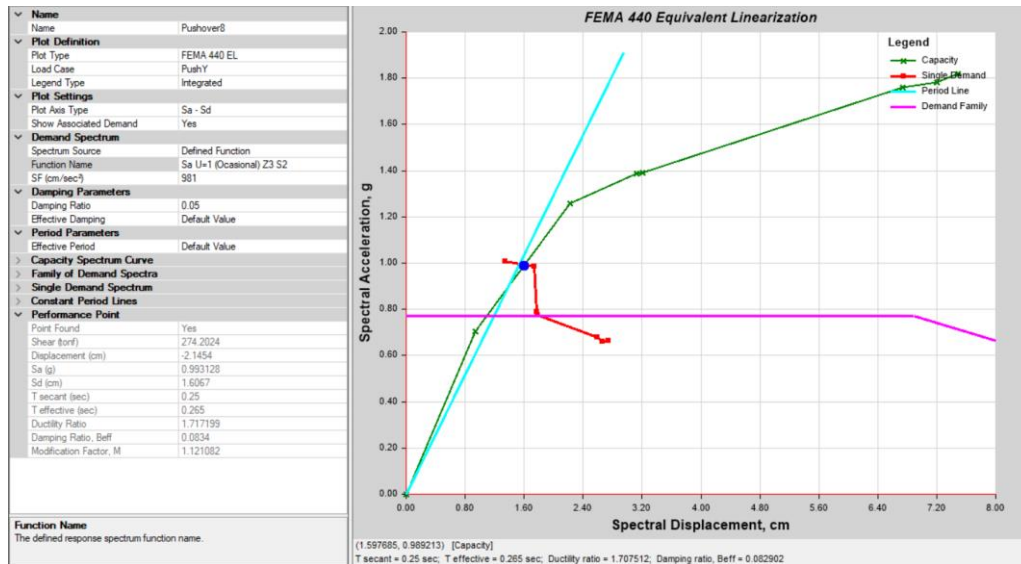
En el registro de un sismo frecuente, se observa que el punto de desempeño se encuentra dentro de la curva de capacidad, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.39 cm (A), 0.67 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 0.49 g (A), 0.5 g (B).

Figura 229

Punto de desempeño para un Sismo Ocasional en dirección Y-Y.



A



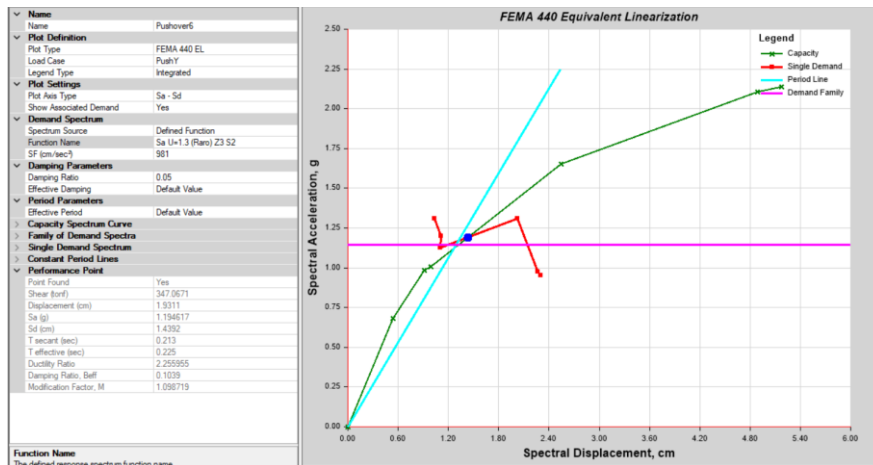
B

Nota. Punto de desempeño (SO) en Y-Y para: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

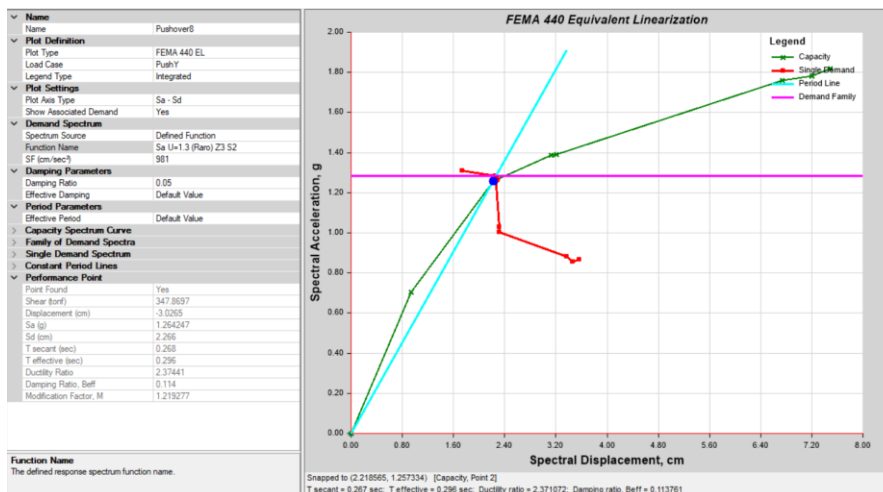
En el registro de un sismo ocasional, se observa que el punto de desempeño se encuentra dentro de la curva de capacidad, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.85 cm (A), 1.59 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 0.93 g (A) 0.98 g (A).

Figura 230

Punto de desempeño para un sismo Raro en dirección Y-Y



A



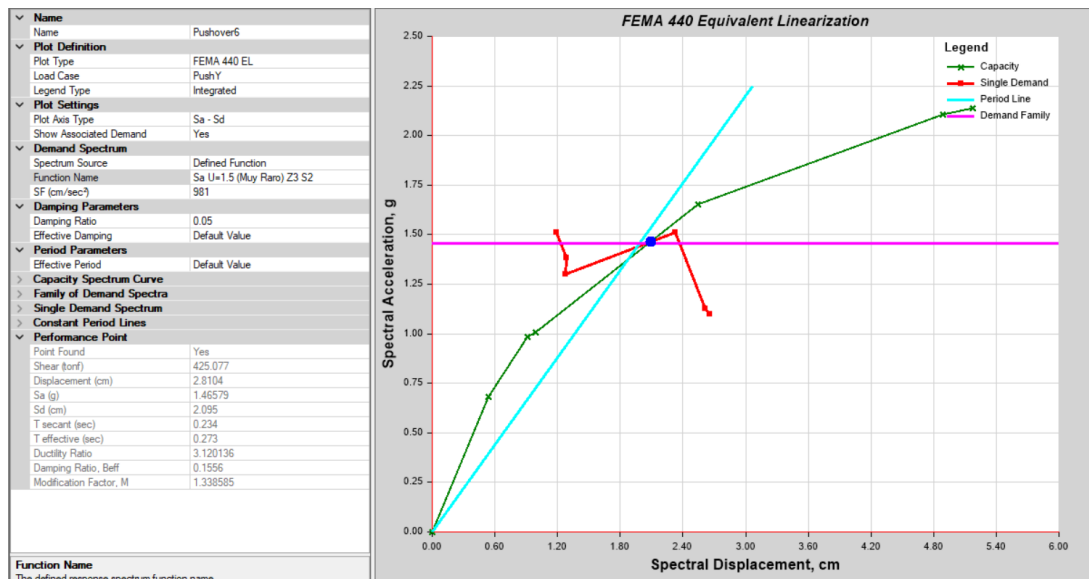
B

Nota. Punto de desempeño (SR) en Y-Y para: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

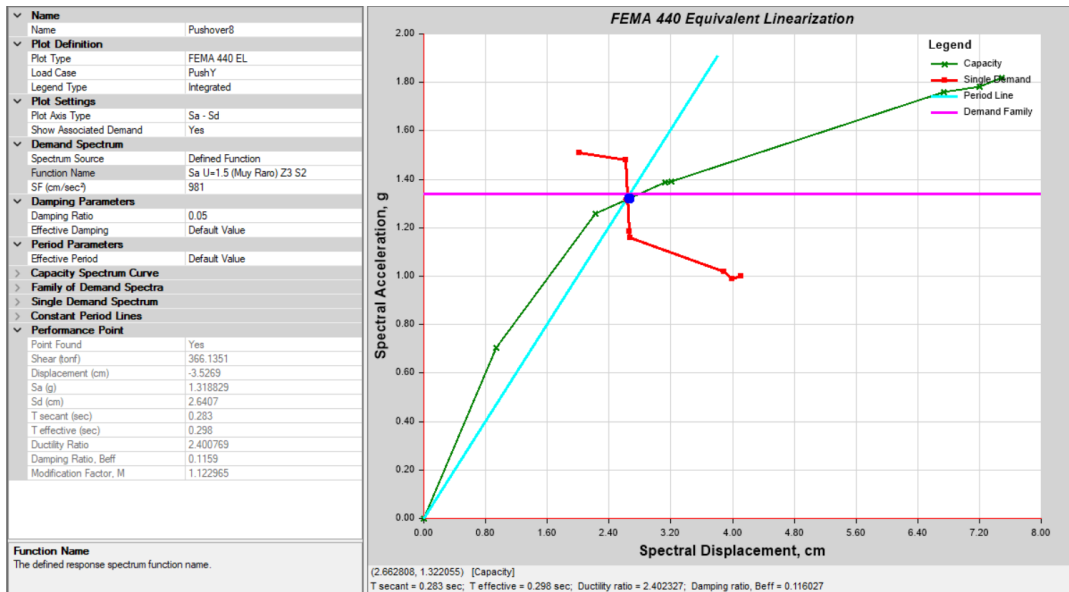
En el registro de un sismo raro, se observa que el punto de desempeño se encuentra fuera de la curva de capacidad analizada, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 1.94 cm. (A), 2.22 cm (B) Y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 1.19 g. (A), 1.26 g (B).

Figura 231

Punto de desempeño para un sismo Muy Raro en dirección Y-Y



A



B

Nota. Punto de desempeño (SMR) en Y-Y para: “A” Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B” Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

En el registro de un sismo muy raro (SMR), se observa que el punto de desempeño se encuentra fuera de la curva de capacidad analizada, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 2.1 cm (A), 2.64 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración de 1.47 g. (A) y 1.31 g (B).

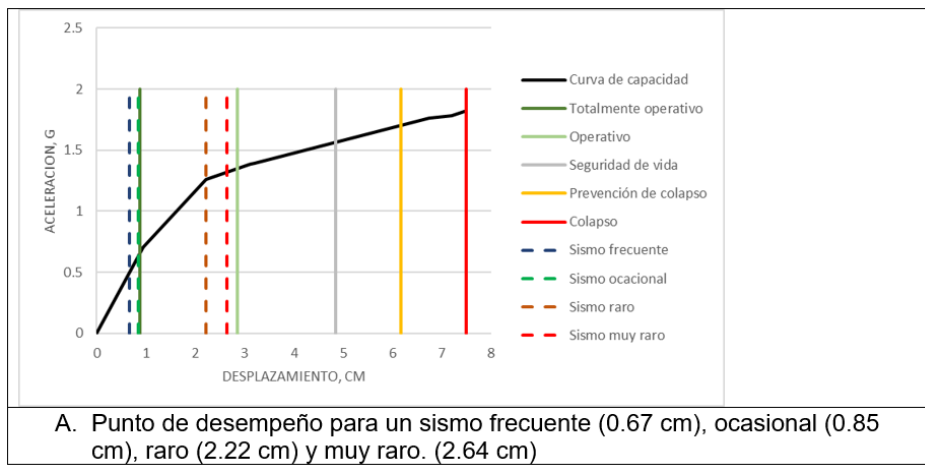
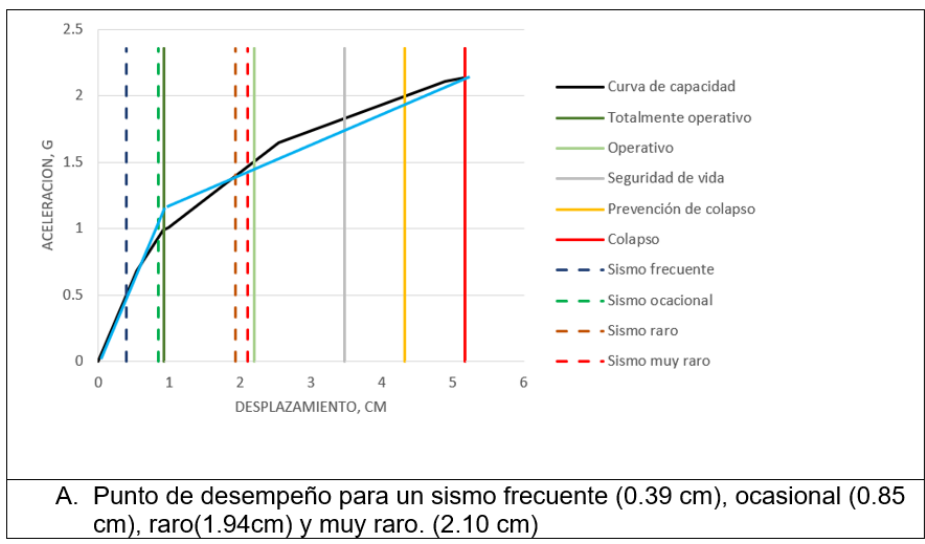
4.3.3.1.6 Sectorización y desempeño sísmico en Y-Y.

Para determinar el comportamiento de las propuestas de reforzamiento para el bloque 1 en el eje Y-Y, se basó en los criterios de VISION 2000, que divide los niveles de desempeño proporcionalmente a la cantidad de daño que puede recibir la

estructura ante un evento sísmico, como se observa en el grafico el cual nos muestra una sectorización basado en el SEOAC para los desplazamientos inelásticos (Δp) en la edificación, para el cálculo de dicho desplazamiento se toma en cuenta el desplazamiento efectivo de fluencia d_y y para cada nivel de comportamiento sísmico, posteriormente se grafica los desempeños sísmicos en el formato ADSR y mediante la curva bilineal para sectorizarnos dentro de los parámetros de la SEOAC.

Figura 232

Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje Y-Y



Nota. “A”. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

Figura 233

Desempeño del bloque 1 en el eje Y-Y

Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC	Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente					Frecuente				
Ocasional					Ocasional				
Raro					Raro				
Muy raro					Muy raro				

A **B**

Nota. Desempeño: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023). Se analiza el desempeño sísmico de las propuestas de reforzamiento A y B para el Bloque 1 según los desempeños en cada eje que se detallan a continuación.

Tabla 129

Desempeño de propuestas de reforzamiento – Bloque 1

Sismo	Prop. Reforzamiento	Desp. (cm)	Eje	Desempeño
Sismo Frecuente	A	0.13	X-X	Totalmente Operacional
Sismo Frecuente		0.39	Y-Y	Totalmente Operacional
Sismo Frecuente	B	0.79	X-X	Totalmente Operacional
Sismo Frecuente		0.67	Y-Y	Totalmente Operacional
Sismo Ocasional	A	0.43	X-X	Totalmente Operacional
Sismo Ocasional		0.85	Y-Y	Totalmente Operacional
Sismo Ocasional	B	1.83	X-X	Operacional
Sismo Ocasional		0.85	Y-Y	Totalmente Operacional
Sismo Raro	A	0.52	X-X	Operacional
Sismo Raro		1.94	Y-Y	Operacional
Sismo Raro	B	2.03	X-X	Operacional
Sismo Raro		2.22	Y-Y	Operacional
Sismo muy Raro	A	0.57	X-X	Operacional
Sismo muy Raro		2.10	Y-Y	Operacional
Sismo muy Raro	B	2.16	X-X	Seguridad de Vida
Sismo muy Raro		2.64	Y-Y	Operacional

Nota. Elaborado por los autores (2023)

4.3.3.2 Bloque 2

Comportamiento sísmico mediante el Método de Pushover tipo estático no lineal en eje X-X con elementos estructurales reforzados.

4.3.3.2.1 Curva de capacidad en X-X elementos reforzados

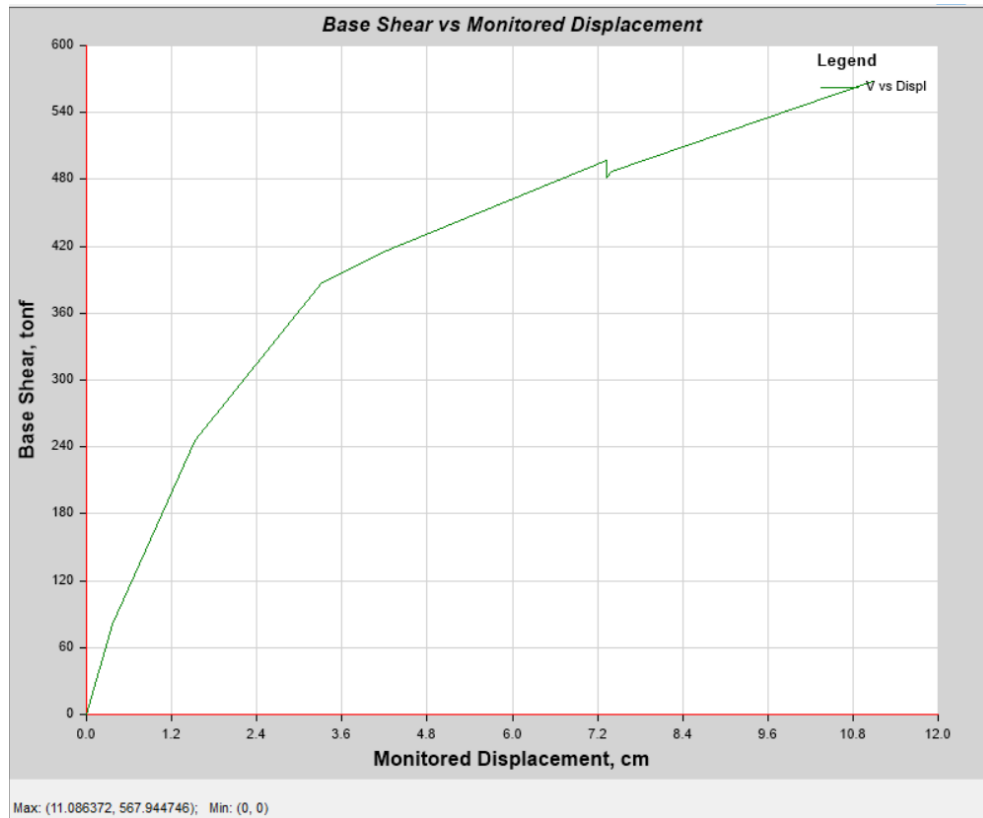
La curva de capacidad del bloque 2 se obtuvo sometiendo a cargas laterales incrementales en la estructura hasta el punto en el cual la edificación alcanzo su punto de capacidad máxima aplicando el programa Etabs Vs 21.1, la estructura muestra un desplazamiento máximo que alcanza la estructura de 8.42 cm (A), 11.08 cm (B) y un cortante basal de 698.15 ton.f (A), 597.94 ton.f (B) que representa el punto de colapso total.

Figura 234

Curva de capacidad en la dirección X-X del Bloque “2” reforzada.



A



B

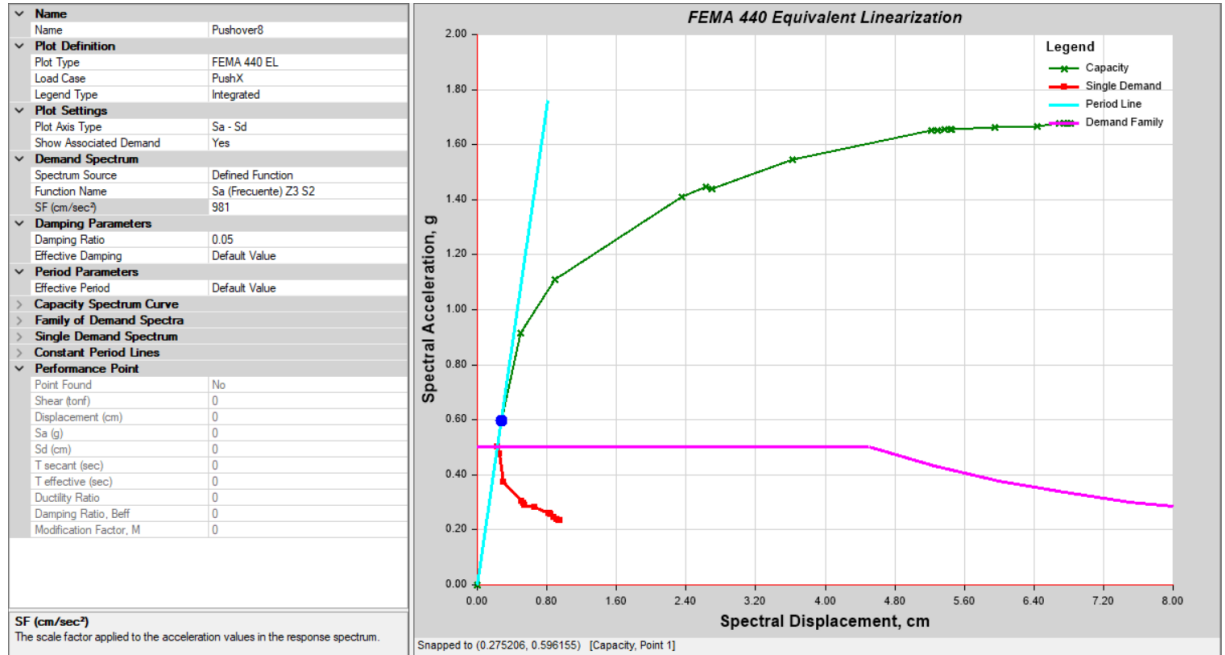
Nota. Curva de capacidad para: “A” Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

4.3.3.2 Punto de desempeño en X-X reforzada

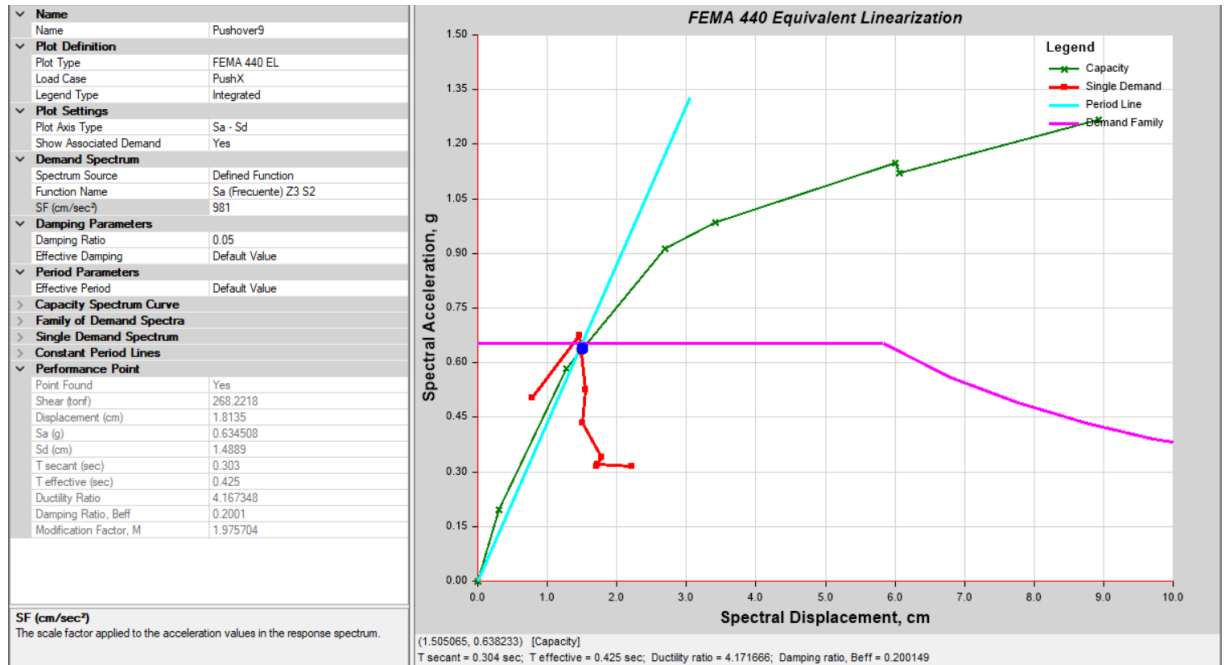
Para obtener el punto de desempeño luego de determinar la curva de capacidad, es necesario convertir esta curva a un espectro de capacidad para que esta misma pueda actuar en el formato ADRS (Espectros de respuesta al desplazamiento de aceleración) que se obtienen en el siguiente grafico basándonos en el criterio de FEMA 440, con el que se hallaron puntos de desempeño para los diferentes sismos.

Figura 235

Punto de desempeño para un sismo frecuente (SF) en dirección X-X



A



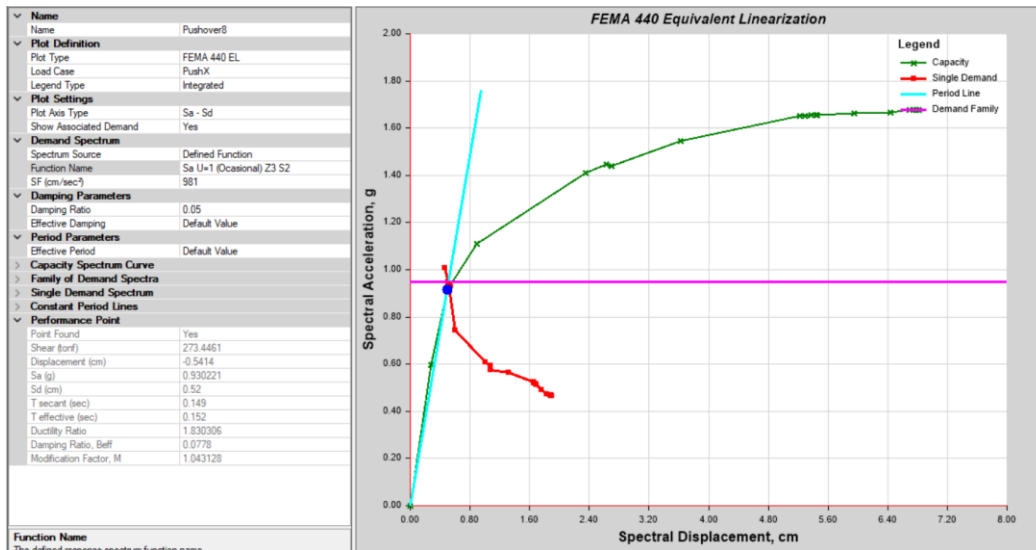
B

Nota. Punto de desempeño (SF) en X-X para: “A” Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B” Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

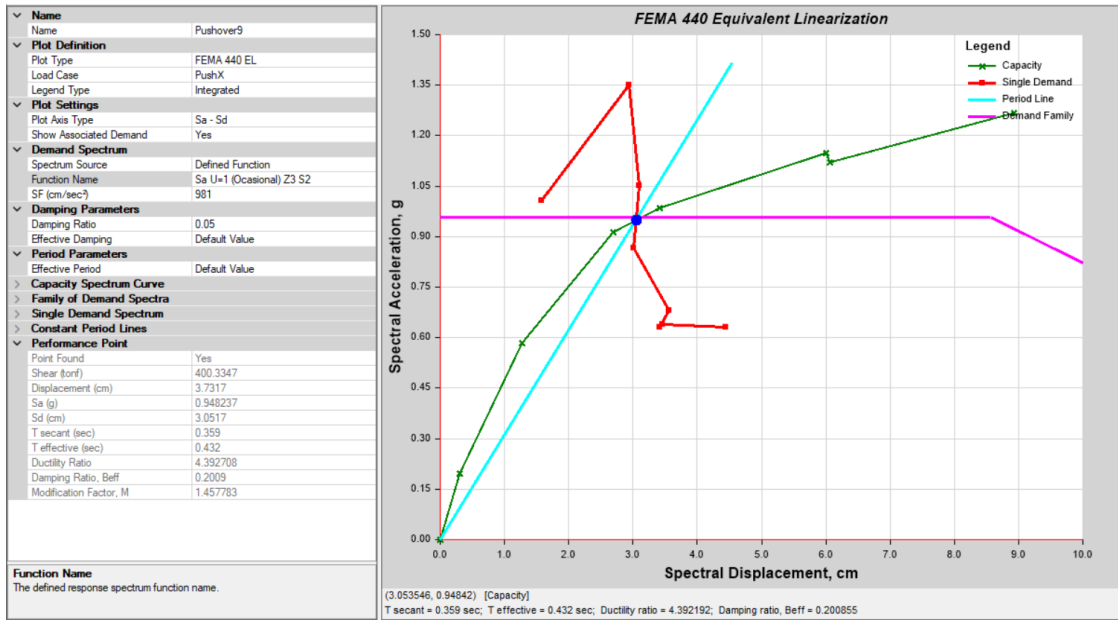
En el registro de un sismo frecuente, se observa que el punto de desempeño se encuentra dentro de la curva de capacidad, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.275 cm (A), 1.50 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 0.59 g (A), 0.64 g (B).

Figura 236

Punto de desempeño para un sismo ocasional (SO) en dirección X-X



A



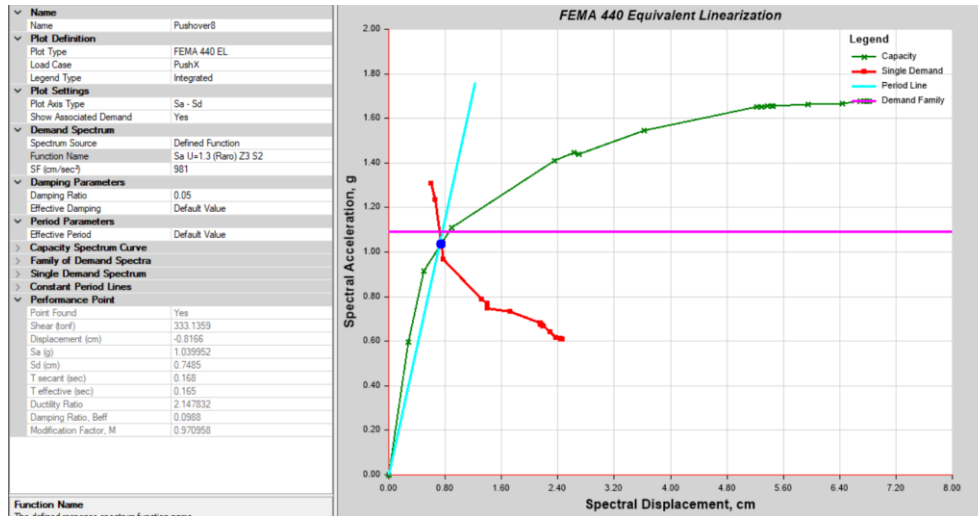
B

Nota. Punto de desempeño (SO) en X-X para: “A” Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

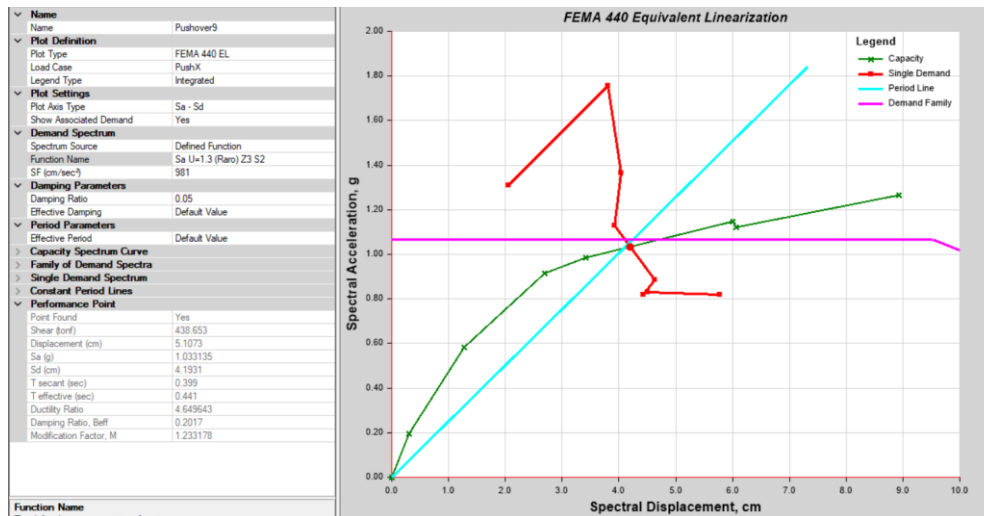
En el registro de un sismo ocasional, se observa que el punto de desempeño se encuentra dentro de la curva de capacidad, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.52 cm (A), 3.05 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 0.93 g. (A), 0.95 g (B).

Figura 237

Punto de desempeño para un Sismo Raro (SR) en dirección X-X



A



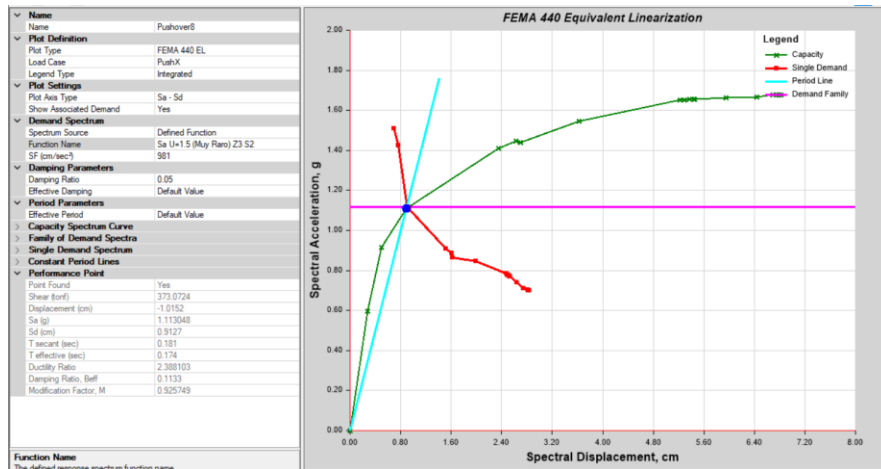
B

Nota. Punto de desempeño (SR) en X-X para: “A”. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

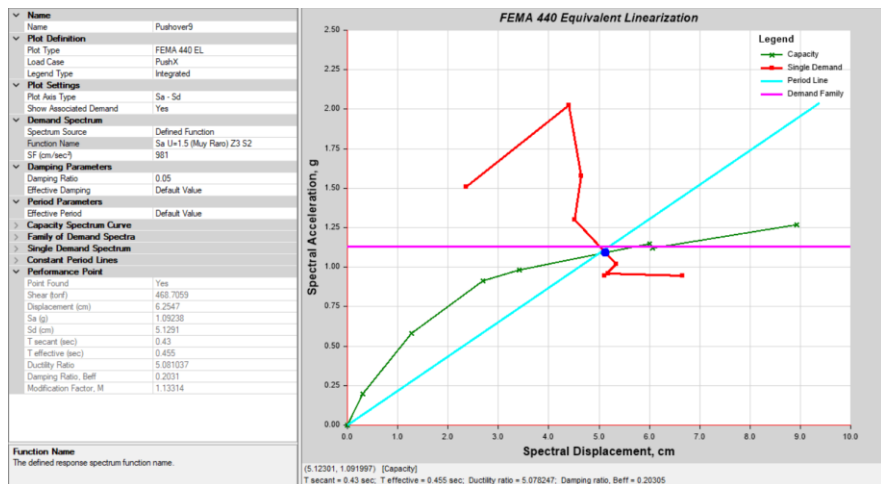
En el registro de un sismo raro, se observa que el punto de desempeño se encuentra dentro de la curva de capacidad analizada, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.74 cm. (A), 4.19 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 1.04 g (A), 1.03 g (B).

Figura 238

Punto de desempeño para un sismo Muy Raro (SMR) en dirección X-X



A



B

Nota. Punto de desempeño (SMR) en X-X para: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

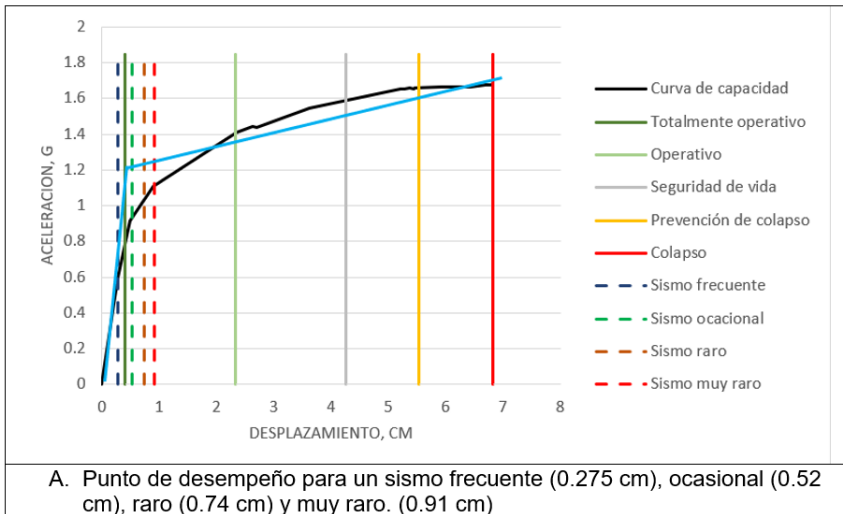
En el registro de un sismo muy raro, se observa que el punto de desempeño se encuentra dentro de la curva de capacidad analizada, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.91 cm (A), 5.12 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 1.11 g (A), 1.09 g (B).

4.3.3.2.3 Sectorización y desempeño sísmico en X-X

Para determinar el comportamiento de las propuestas de reforzamiento del Bloque 2 en el eje X-X, se basó en los criterios de VISION 2000, que divide los niveles de desempeño proporcionalmente a la cantidad de daño que puede recibir la estructura ante un evento sísmico, como se observa en el gráfico el cual nos muestra una sectorización basado en el SEOAC para los desplazamientos inelásticos (Δ_p) en la edificación, para el cálculo de dicho desplazamiento se toma en cuenta el desplazamiento efectivo de fluencia d_y para cada nivel de comportamiento sísmico, posteriormente se grafica los desempeños sísmicos en el formato ADSR y mediante la curva bilineal para sectorizarnos dentro de los parámetros de la SEOAC.

Figura 239

Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje X-X



Nota. Desempeño sísmico para: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

Figura 240

Desempeño de reforzamiento del bloque 2 en el eje X-X

Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC	Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente	Green				Frecuente	Green			
Ocasional		Green			Ocasional		Green		
Raro		Green			Raro			Red	
Muy raro		Green			Muy raro			Green	

A **B**

Nota. Desempeño para: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

Comportamiento sísmico mediante el Método de Pushover tipo estático no lineal en eje Y-Y.

4.3.3.2.4 Curva de capacidad en Y-Y

La curva de capacidad del bloque 2 se obtuvo sometiendo a cargas laterales incrementales en la estructura hasta el punto en el cual la edificación alcanzó su punto de capacidad máxima aplicando el programa Etabs Vs 21.1, donde se puede observar donde inicia la pérdida de la linealidad en el eje Y-Y, la estructura muestra un desplazamiento máximo que alcanza la estructura de 2.63 (A) cm a un cortante basal de 1051.94 ton.f (A) y de 1.50(B) cm a un cortante basal de 437.80 ton.f (A) que representa el punto de colapso total.

Figura 241

Curva de capacidad en la dirección Y-Y del Bloque “2”



A



B

Nota. Curva de capacidad para: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

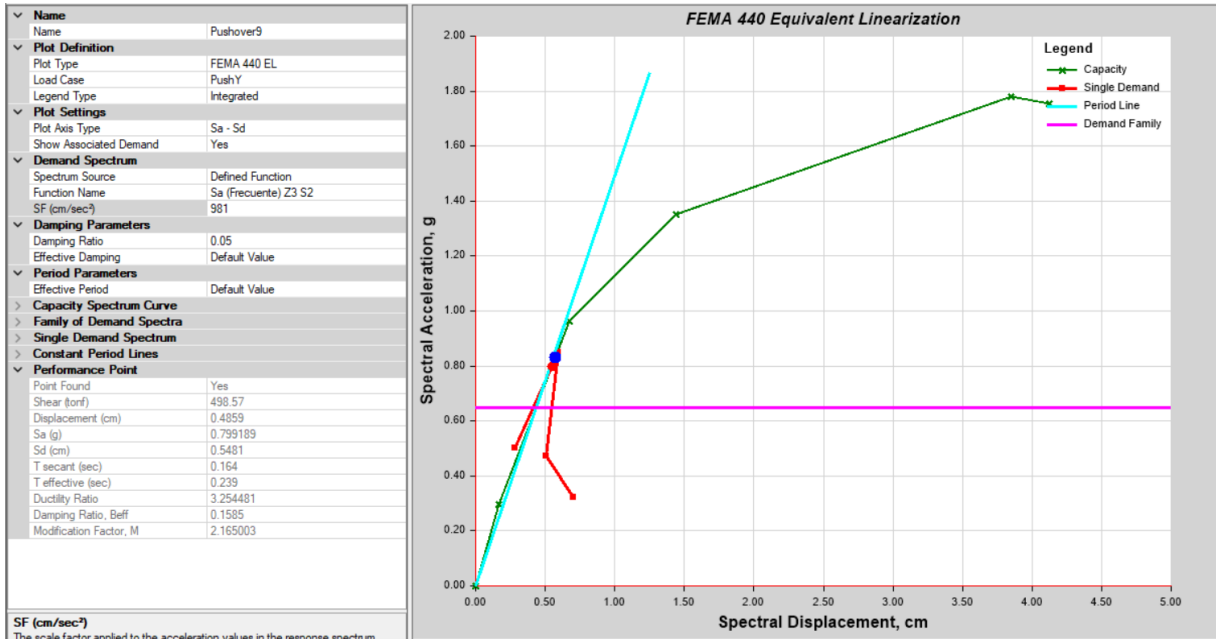
4.3.3.2.5 Punto de desempeño en Y-Y

Para obtener el punto de desempeño

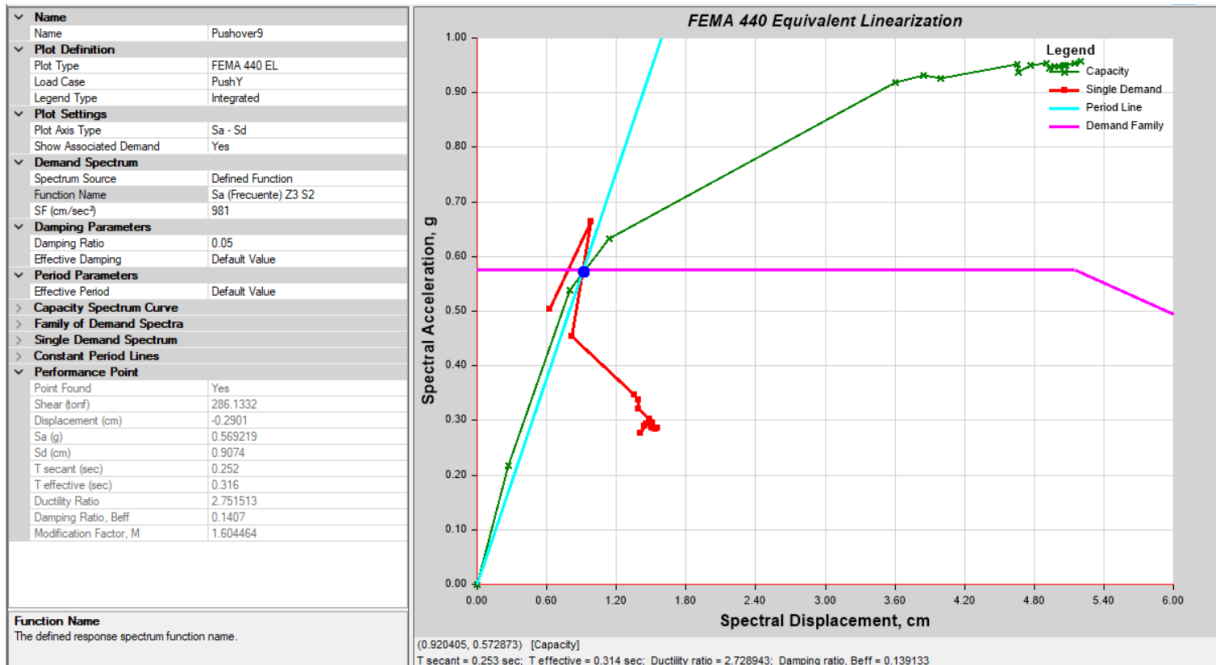
Luego de determinar la curva de capacidad, es necesario convertir esta curva a un espectro de capacidad para que esta misma pueda actuar en el formato ADRS (Espectros de respuesta al desplazamiento de aceleración) que se obtienen en el siguiente grafico basándonos en el criterio de FEMA 440, con el que se hallaron puntos de desempeño para los diferentes sismos.

Figura 242

Punto de desempeño para un sismo frecuente (SF) en dirección Y-Y.



A



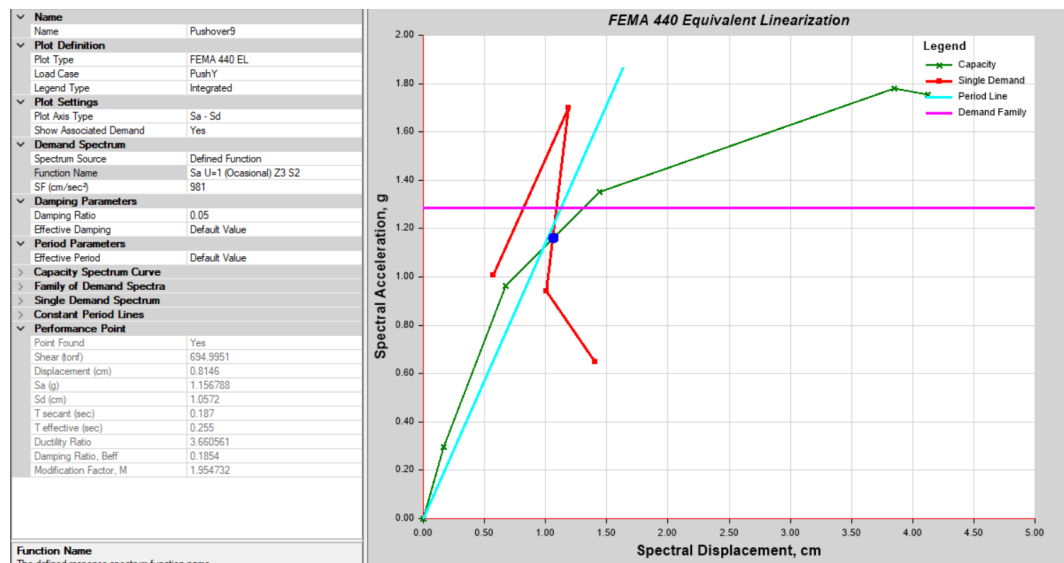
B

Nota. Punto de desempeño (SF) para: “A”. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

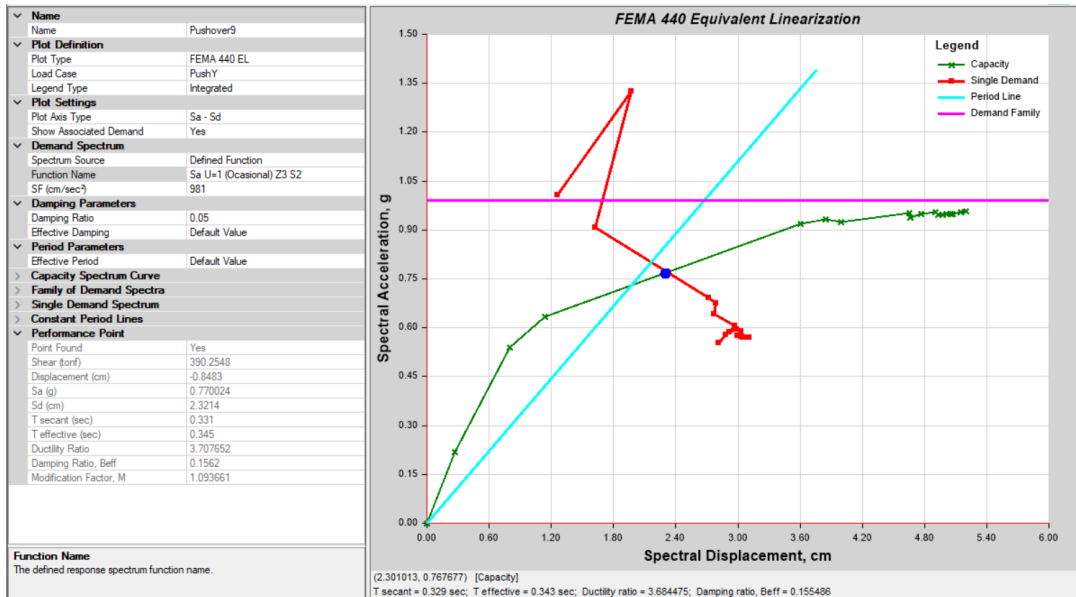
En el registro de un sismo frecuente, se observa que el punto de desempeño se encuentra dentro de la curva de capacidad, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 0.55 cm (A), 0.91 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 0.80 g. (A), 0.56 g (B).

Figura 243

Punto de desempeño para un sismo ocasional (SO) en dirección Y-Y.



A



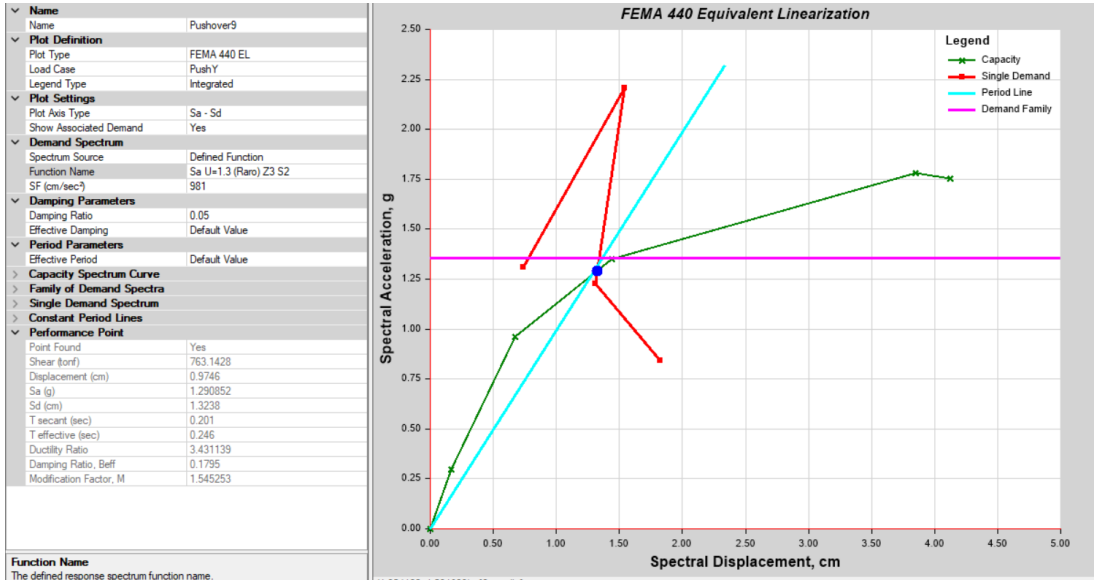
B

Nota. Punto de desempeño (SO) para: A. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. B. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

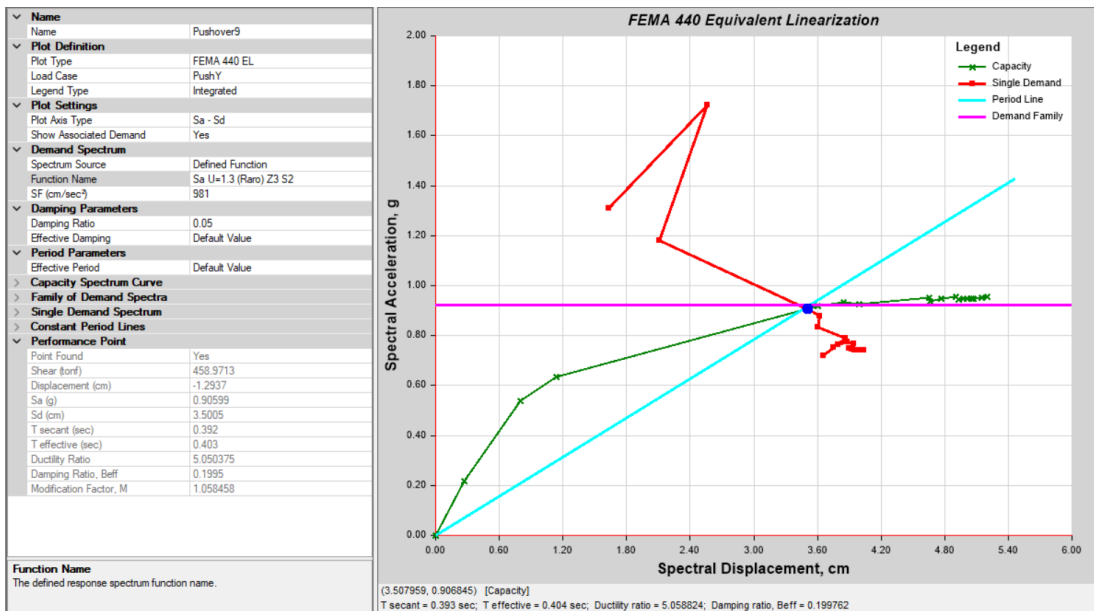
En el registro de un sismo ocasional, se observa que el punto de desempeño se encuentra dentro de la curva de capacidad, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 1.03 cm (A) 2.32 (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 1.16 g. (A), 0.77 g (B).

Figura 244

Punto de desempeño para un Sismo Raro (SR) en dirección Y-Y



A



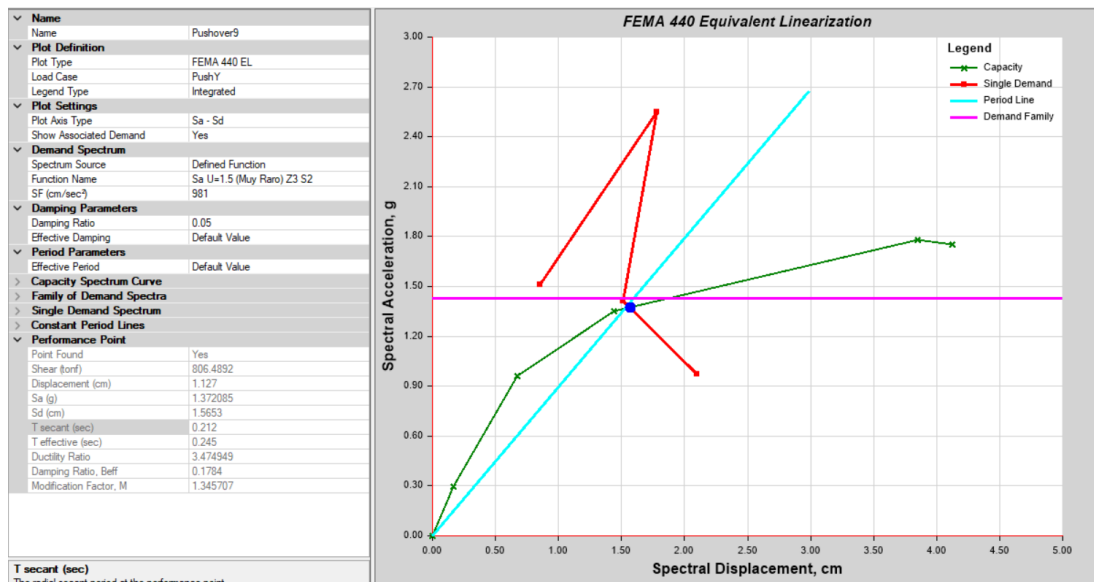
B

Nota. Punto de desempeño (SR) para: “A”. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

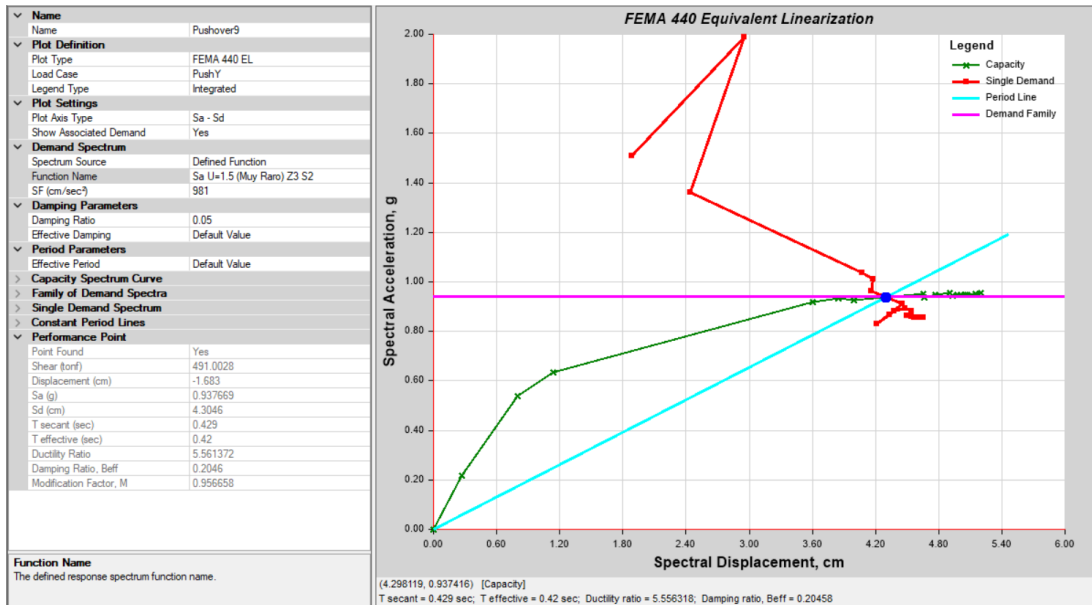
En el registro de un sismo raro, se observa que el punto de desempeño se encuentra fuera de la curva de capacidad analizada, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 1.32 cm. (A), 3.50 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración de 1.29 g. (A), 0.91 g (B).

Figura 245

Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro (SMR) en dirección Y-Y



A



B

Nota. Punto de desempeño (SMR) para: “A”. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

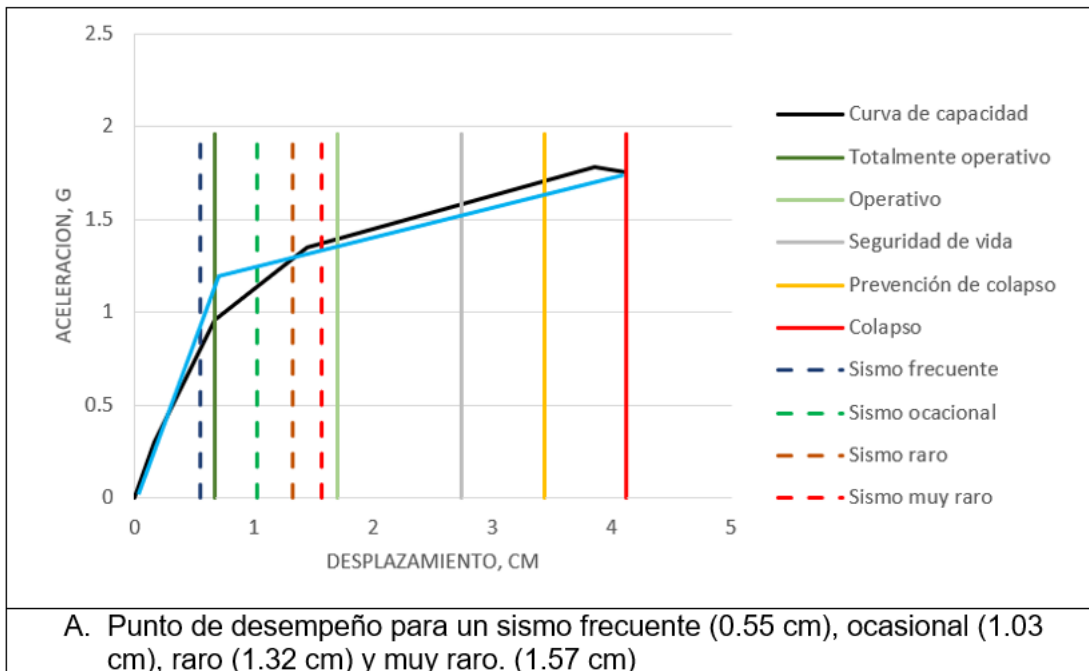
En el registro de un sismo muy raro, se observa que el punto de desempeño se encuentra fuera de la curva de capacidad analizada, obteniéndose como punto de intersección en el eje de las abscisas un pseudo desplazamiento límite de 1.57 cm (A), 4.30 cm (B) y para el eje de las ordenadas una pseudo aceleración espectral de 1.37 g. (A), 0.94 g (B).

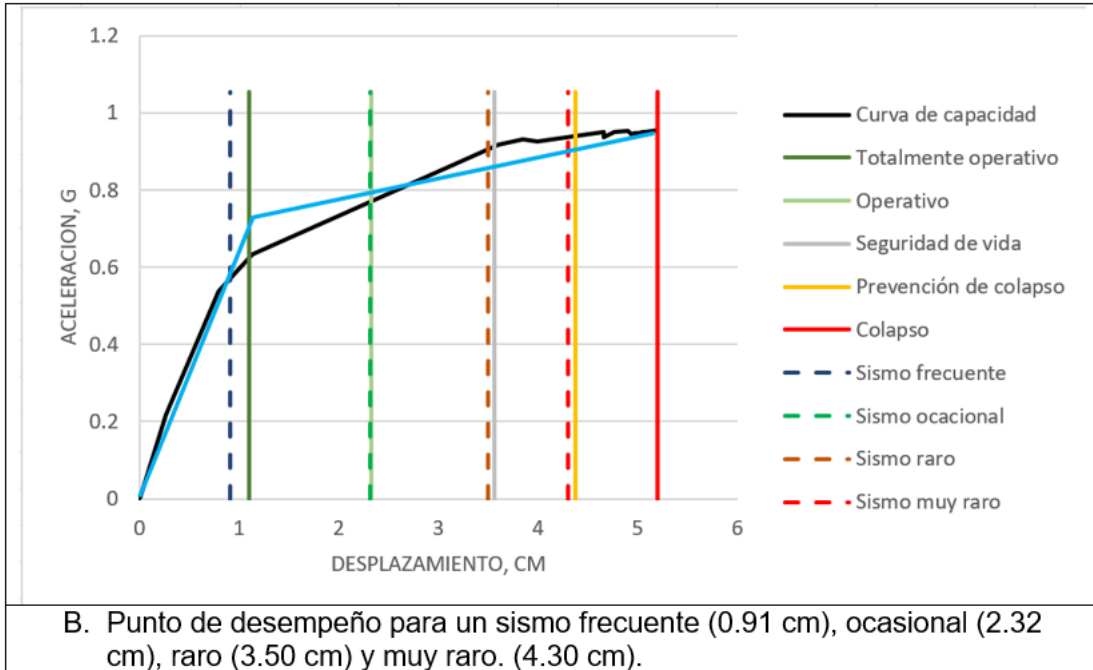
4.3.3.2.6 Sectorización y desempeño sísmico en Y-Y.

Para determinar el comportamiento de las propuestas de reforzamiento del Bloque 2 en el eje Y-Y, se basó en los criterios de VISION 2000, que divide los niveles de desempeño proporcionalmente a la cantidad de daño que puede recibir la estructura ante un evento sísmico, como se observa en el gráfico el cual nos muestra una sectorización basado en el SEOAC para los desplazamientos inelásticos (Δ_p) en la edificación, para el cálculo de dicho desplazamiento se toma en cuenta el desplazamiento efectivo de fluencia d_y para cada nivel de comportamiento sísmico, posteriormente se grafica los desempeños sísmicos en el formato ADSR y mediante la curva bilineal para sectorizarnos dentro de los parámetros de la SEOAC.

Figura 246

Desempeño sísmico en curva bilineal en el eje Y-Y





Nota. Desempeño sísmico para: “A”. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

Figura 247

Desempeño de reforzamiento de bloque 2 en el eje Y-Y

Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC	Amenaza sísmica	TO	O	SV	PC
Frecuente					Frecuente				
Ocasional					Ocasional				
Raro					Raro				
Muy raro					Muy raro				

A B

Nota. Desempeño sísmico para: “A”. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas. Elaborado por los autores (2023).

Se analiza el desempeño sísmico de las propuestas de reforzamiento A y B para el Bloque 2 según los desempeños obtenidos en cada eje que se detallan a continuación.

Tabla 130

Desempeño de propuestas de reforzamiento – Bloque 2

Sismo	Prop. Reforzamiento	Desp. (cm)	Eje	Desempeño
Sismo Frecuente	A	0.28	X-X	Totalmente Operacional
		0.55	Y-Y	Totalmente Operacional
Sismo Frecuente	B	1.50	X-X	Totalmente Operacional
		0.91	Y-Y	Totalmente Operacional
Sismo Ocasional	A	0.52	X-X	Operacional
		1.03	Y-Y	Operacional
Sismo Ocasional	B	3.05	X-X	Operacional
		2.32	Y-Y	Operacional
Sismo Raro	A	0.74	X-X	Operacional
		1.32	Y-Y	Operacional
Sismo Raro	B	4.19	X-X	Seguridad de vida
		3.50	Y-Y	Seguridad de vida
Sismo muy Raro	A	0.91	X-X	Operacional
		1.57	Y-Y	Operacional
Sismo muy Raro	B	5.12	X-X	Seguridad de vida
		4.30	Y-Y	Prevención al colapso

Nota. Elaborado por los autores (2023)

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Contratación de Hipótesis

5.1.1 Hipótesis General HG: Vulnerabilidad y Propuesta de diseño

La evaluación sísmica determina el grado de vulnerabilidad y propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la “Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores”.

Luego del análisis realizado, se determinó que los Bloques 1 y 2 son vulnerables mediante el método Hirosawa, el desempeño estructural de los Bloques 1 y 2 se ubica cerca al colapso por lo que es necesario reforzar la estructura, aplicando el reforzamiento mediante el encamisado de columnas y la adición de placas de concreto se logra que los Bloques 1 y 2 tengan un desempeño Operacional ante un Sismo Raro.

Por lo que es verdadera la hipótesis general, debido a que la evaluación sísmica indica que la muestra requiere una propuesta de diseño de reforzamiento estructural.

Hipótesis General	Métodos Aplicados	Resultado	Observaciones
La evaluación sísmica determina el grado de vulnerabilidad y propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores.	Método Hirosawa Método Análisis Estático Lineal Pushover. Adición de placas de concreto y encamisado de columnas	Se identificó un comportamiento sísmico negativo en los bloques, ya que se sitúan en un rango cerca al colapso por lo que se requiere reforzar la estructura. Mediante la adición de placas de concreto y encamisado de columnas se logra determinar un comportamiento favorable en el rango operacional.	Es verdadera la hipótesis general debido a que la evaluación sísmica determino el grado de vulnerabilidad y la propuesta de diseño es favorable para la estructura.

5.1.1 Hipótesis Especifica H1: Método Hirosawa

El Método Hirosawa determina un comportamiento sísmico vulnerable con un índice de resistencia menor al índice de demanda en la estructura de la Institución Educativa.

Respecto a los resultados obtenidos para la metodología Hirosawa, ambos bloques son de sistema aporticado, el Iso para ambos bloques es de 0.063.

El Is del Bloque 1 es de 0.045 siendo el Iso > Is por lo que se considera con un comportamiento inseguro frente a un sismo.

El Is del Bloque 2 es de 0.047 siendo el Iso > Is por lo que se considera inseguro frente a un sismo.

Por lo tanto, se determinó un comportamiento sísmico inseguro para ambos bloques; por lo que la hipótesis planteada es verdadera. Esta hipótesis se justifica debido a que al ser un sistema aporticado las columnas deberían ser de mayor dimensión.

Hipótesis Especifica	Métodos Aplicados	Resultado	Observaciones
H1: El Método Hirosawa determina un comportamiento sísmico vulnerable con un índice de resistencia menor al índice de demanda en la estructura de la Institución Educativa.	Método Hirosawa	Se determino que para ambos bloques el Iso en ambas direcciones X-X y Y-Y es de 0.063. Para el bloque 1 el Is representativo de la estructura es de 0.058, siendo Is<Iso. Para el bloque 2, el Is representativo de la estructura es de 0.043 por lo que Is<Iso.	Es verdadera la hipótesis 1 debido a que el método Hirosawa para ambos bloques de la Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores determina un comportamiento sísmico inseguro. Esta se justifica debido a que el método se basa en el sistema estructural de la edificación siendo el aporticado el de la muestra.

5.1.2 Hipótesis Especifica H2: AENL – Pushover

El análisis estático no lineal Pushover determina que el nivel de desempeño para un sismo raro es de seguridad de vida de la estructura de la Institución Educativa.

Los resultados obtenidos para el bloque 1, indican que es operacional el nivel de desempeño cuando un sismo es frecuente; mientras que el desempeño es de resguardo de vida cuando hay un sismo ocasional; por último, es cerca al colapso, el nivel de desempeño, para un sismo muy raro.

Los resultados obtenidos para el bloque 2, indican que es operacional el nivel de desempeño estructural cuando un sismo es frecuente; mientras que el desempeño es de resguardo de vida cuando es un sismo ocasional; por último, es cerca al colapso, el nivel de desempeño, para un sismo muy raro y muy raro.

Por lo que la hipótesis 2 es falsa, debido a que se determinó un nivel de desempeño máximo de colapso para un sismo raro.

Hipótesis General	Métodos Aplicados	Resultado	Observaciones
H2: El análisis estático no lineal pushover determina que el nivel de desempeño para un sismo raro es de seguridad de vida de la estructura de la Institución Educativa.	Método de análisis estático no lineal - Pushover	En base a los resultados obtenidos para los bloques 1 y 2, se determinó que para un sismo frecuente el nivel de desempeño es operacional; para un sismo ocasional el desempeño es de resguardo de vida y para un sismo raro y muy raro la estructura se encontraría en colapso.	Es falsa la hipótesis 2, debido a que el análisis estático no lineal – Pushover determina un nivel de desempeño máximo de colapso para un sismo raro. Por lo que es necesario proponer un reforzamiento a fin de tener un desempeño operacional.

5.1.3 Hipótesis Especifica H3: Reforzamiento

Las placas de concreto armado y encamisado de columnas proporcionan un desempeño sísmico operacional en la estructura de la Institución Educativa.

Los resultados obtenidos demuestran que el encamisado de columnas y la adición de placas de concreto, optimizan de manera favorable el desempeño sísmico estructural en ambos bloques; por lo que, se mantendría el rango operacional incluso si la edificación estuviera expuesta a un sismo raro.

Por lo que la hipótesis es verdadera, debido a que la adición de placas nos determina un desempeño sísmico operacional.

Hipótesis General	Métodos Aplicados	Resultado	Observaciones
H3: Las placas de concreto armado y encamisado de columnas proporcionan un desempeño sísmico operacional en la estructura de la Institución Educativa.	Adición de placas de concreto y encamisado de columnas.	<p>El reforzamiento propuesto para cada bloque es de encamisado de columnas y adición de placas de concreto.</p> <p>Para el Bloque 1, se han encamisado las columnas C1 y C2 teniendo una nueva medida de 0.80 m*0.45m y 0.75*0.45 m respectivamente. Se adicionan placas de concreto de 1.50m*0.30m con una cuantía de acero que va desde 1% a 1.2%.</p> <p>Para el Bloque 2 se han encamisado las columnas C1, C2, y C3, teniendo una nueva dimensión de: 0.50mx0.75m, 0.50mx1.05m y 0.50x0.65m respectivamente así mismo se adicionaron dos tipos de placas de concreto de las siguientes medidas: 1.50mx0.30m y 3.23mx0.30m.</p> <p>Se evalúa nuevamente el desempeño estructural de la edificación reforzada teniendo para un sismo raro un desempeño operacional en ambos bloques.</p>	<p>La hipótesis es verdadera debido a que la adición de placas de concreto proporciona un desempeño sísmico operacional de la estructura, brindando de esta forma el desempeño esperado para una edificación esencial.</p>

5.2 Discusión de Antecedentes

5.2.1 Antecedentes Internacionales

Caiza Changoluisa (2022) en su trabajo experimental, determinó que la edificación en evaluación no cumplía con el mínimo de acero requerido en sus elementos estructurales, así mismo las derivas de piso de cada bloque evaluado sobrepasan el límite del 2% establecido por la norma NEC- 2015 por lo que propone un reforzamiento mediante arriostres metálicos de acero concéntricos en forma de X en los pórticos de la edificación y encamisado de 3 columnas con ángulos y platinas para cumplir con los lineamientos de la norma vigente, el estudio de la estructura reforzada mediante métodos estáticos no lineales también determina un desempeño en el rango de ocupación inmediata y operacional por lo que se verifica que el reforzamiento de la estructura garantiza la seguridad a sus ocupantes.

De acuerdo a lo anterior expuesto esta investigación coincide la presente debido a que el AENL de la estructura reforzada presenta un desempeño operacional, que es el requerido para edificaciones esenciales.

Antecedente Internacional	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
(Caiza Changoluisa, 2022) en su trabajo experimental "Análisis de vulnerabilidad sísmica y medición de vibraciones en losas de entrepiso para el reforzamiento estructural del edificio del centro de idiomas, campus Huachi Chico de la Universidad Técnica de Ambato"	- FEMA -P154 - NEC 15 - Análisis Modal Espectral - Análisis Estático Lineal Pushover	El análisis modal espectral identifica que el 50% de los elementos estructurales no cumplen con el acero requerido; las derivas sobrepasan el límite del 2% por lo que se determina que es necesario reforzar la estructura. - La edificación reforzada mediante arriostres metálicos y encamisado de 3 columnas con ángulos y platinas, presenta un desempeño de ocupación inmediata y operacional según el análisis estático no lineal – pushover.	Esta investigación coincide con la presente, ya que el Análisis Estático No Lineal Pushover de la estructura reforzada presenta un desempeño en el rango operacional siendo este el requerido según normas nacionales e internacionales para edificaciones clasificadas como esenciales.

5.2.2 Antecedentes Nacionales

Urcia Osorio & Moncayo Belevan (2021) en su tesis determinó mediante el análisis estático no lineal el desempeño de la estructura en el eje X-X para un sismo de diseño es de resguardo de vida y para un sismo máximo es de colapso y en el eje Y-Y el desempeño para un sismo de diseño se ubica en la zona funcional y para un sismo máximo es de resguardo de vida por lo que se debe reforzar en el eje crítico.

La propuesta de reforzamiento es de encamisado de columnas del eje X-X que soportan vigas y reemplazar las columnas de confinamiento de los muros por otras de mayor dimensión y mayor cantidad de acero, por lo que realizado en análisis estático no lineal a la estructura reforzada determina un

desempeño en el eje X-X para un sismo de diseño es operacional y para un sismo máximo se ubica en la zona funcional.

El resultado se ajusta al del actual estudio en lo que se refiere al análisis estático no lineal de la estructura del Bloque 1 y del Bloque 2 para un sismo de diseño (sismo raro) y un sismo máximo (muy raro) determina un punto de desempeño de la estructura que ubica en la zona de prevención al colapso y colapso por lo que se requiere reforzar la estructura. La propuesta de reforzamiento consiste en el encamisado de las columnas con espesor de 10cm y cuantía de acero entre el 1% a 1.5% según el mínimo requerido por la normativa así mismo la adición de placas de concreto en los ejes X-X y Y-Y, el análisis estático no lineal de la estructura reforzada para el Bloque 1 como para el Bloque 2 nos determina un desempeño para un sismo raro y muy raro en el rango operacional por lo que la edificación garantiza de esta manera la continuidad de sus servicios luego de estos eventos.

Antecedente Nacional	Métodos Aplicados	Resultados Obtenidos	Observaciones
(Urcia Osorio & Moncayo Belevan, 2021), según su tesis "Evaluación del desempeño sísmico y propuesta de reforzamiento del colegio 780-PRE I.E. N° 1172 Ciro Alegría mediante el Análisis Estático no Lineal".	-Análisis Lineal -Análisis no Lineal	El análisis estático no lineal determina para el eje X-X de la estructura un desempeño para un sismo de diseño de resguardo de vida y para un sismo máximo es de colapso y en el eje Y-Y el desempeño para un sismo de diseño se ubica en la zona funcional y para un sismo máximo es de resguardo de vida por lo que se debe reforzar en el eje crítico. La estructura reforzada mediante en encamisado de columnas y reemplazo de columnas de confinamiento tienen un desempeño según en AENL para un sismo de diseño es operacional y para un sismo máximo se ubica en la zona funcional.	Esta investigación coincide con la presente debido a que el AENL del estado actual de la estructura presenta un nivel de desempeño para un sismo raro y muy raro de prevención de colapso y colapso por lo que es necesario reforzar la estructura. Se propone reforzar mediante encamisado de columnas y adición de placas de concreto en ambos ejes. El AENL de la estructura reforzada nos determina un desempeño ubicado en el rango operacional para un sismo raro y muy raro.

CONCLUSIONES

1. La evaluación sísmica mediante los métodos Hirosawa y Pushover nos determinan que el comportamiento frente a un sismo raro; de la estructura de la Institución no es favorable por lo que se requiere un reforzamiento estructural para garantizar la seguridad a sus ocupantes y el desempeño esperado por la norma sismorresistente.
2. El método Hirosawa evaluado a cada bloque componente de la estructura de Institución determina un índice Iso de 0.063 y un índice Is para el Bloque 1 de 0.045 y para el Bloque 2 un Is de 0.047, por lo que se determina un comportamiento sísmico vulnerable en ambos bloques.
3. El análisis estático no lineal de la estructura actual de la Institución, según la curva de capacidad propuesta por la normativa VISION 2000 (SEAOC) nos determina para el Bloque 1 en el eje X-X un desempeño de prevención al colapso para un sismo de diseño (sismo raro) y colapso para un sismo muy raro (máximo); y en el eje Y-Y un desempeño de resguardo de vida para un sismo raro y para un sismo muy raro prevención al colapso; para el Bloque 2 para el eje X-X el desempeño se ubica para un sismo raro y muy raro en colapso y para el eje Y-Y en prevención al colapso y colapso.
4. Se propone como reforzamiento la adición de placas de concreto de 1.40mx0.35m para el Bloque 1 y de 1.50mx0.30m y 3.25mx0.30m para el bloque 2 y encamisado de 0.10cm en las columnas; este reforzamiento influye de forma óptima en la estructura de la Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores. Realizado en Análisis estático no lineal, se obtiene

un desempeño en el rango operacional para un sismo frecuente, ocasional, raro y muy raro en ambos ejes X-X y Y-Y. Cumpliéndose así con un óptimo desempeño para las edificaciones de tipo esencial garantizando de esta forma la seguridad a los ocupantes y la continuidad del servicio educativo.

5. Con la adición de placas de concreto armado y el encamisado de columnas la infraestructura educativa tiene un sistema estructural dual en ambos bloques de la institución educativa, cumpliendo de esta forma con las exigencias de la normativa vigente NTP E-030.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la visita a la edificación, tomar de forma adecuada las medidas y observaciones que se puedan plasmar en los planos de las especialidades de arquitectura y estructuras, debido a que las edificaciones antiguas carecen de documentación como planos y especificaciones técnicas así mismo se desconoce el proceso de su construcción y antiguamente e incluso hasta en la actualidad algunos colegios son edificados mediante la “autoconstrucción” por la comunidad o APAFA.
2. Realizar ensayos no destructivos para determinar las características de los elementos estructurales como escaneo de elementos, esclerometría, suelos con la finalidad de obtener resultados más precisos y reales del estado actual de la edificación, estos ensayos no destructivos nos permiten preservar el estado de la edificación.
3. Verificar las medidas de los elementos estructurales de la edificación para evaluar mediante el método Hirosawa, así mismo identificar e investigar los daños que ha podido sufrir la estructura debido al tiempo de uso, identificar las irregularidades que contempla el método, aplicar de forma correcta y su adaptación con la normativa peruana.
4. Modelar y asignar las características de los materiales de forma correcta, así mismo una correcta aplicación de la normativa internacional FEMA 440 y el código de VISION 2000 (SEAOC, 1995) para la evaluación mediante el AENL.

5. Realizar la evaluación funcional de la edificación existente para verificar si esta cumple con las normas arquitectónicas correspondientes a instituciones educativas según normativas de diseño arquitectónico actuales.
6. Realizar el análisis dinámico tiempo – historia para identificar el comportamiento de la estructura frente a sismos ocurridos anteriormente en la zona de estudio como para una evaluación más profunda.
7. Considerar otros tipos de reforzamiento que determinen un desempeño operacional de la estructura y reduzcan la vulnerabilidad de la infraestructura educativa peruana como dispositivos de disipación de energía y reforzamiento mediante fibra de carbono.
8. Realizar el estudio de viabilidad económica de la propuesta de reforzamiento propuesta comparado con otros tipos de reforzamiento.
9. Incluir en la Norma Técnica Peruana E-030 el Análisis Estático no Lineal para el diseño de edificaciones de tipo esencial para garantizar de esta forma el desempeño propuesto por el SEAOC para edificaciones esenciales y de seguridad crítica; de esta manera garantizar la seguridad a los usuarios y continuidad de los servicios.
10. Incluir en los estudios de pregrado de ingeniería civil temas sobre tipos de reforzamiento de edificaciones existentes como de análisis más detallado como el AENL Pushover.

REFERENCIAS

- Alshaheen, A., & Aljassim, S. (2022). Impact of Ground Motion Selection on The Seismic Assessment of Reinforced Concrete Buildings. *Iraqi Journal of Civil Engineering*, 15(2), 59-71. https://ijce.uoanbar.edu.iq/article_176742.html
- American Concrete Instituto [ACI] (2016). Código ACI 318-14 en español. <https://aulaseproinca.blogspot.com/2016/02/codigo-aci-318-14-en-espanol.html>
- American Concrete Institute [ACI] (2023). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Concrete Buildings - Code and Commentary (ACI CODE-369.1-22). https://www.udocz.com/apuntes/739474/aci-369-1-22-seismic-evaluation-and-retrofit-of-ex?shared_by=101594
- American Society of Civil Engineers [ASCE] (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. (ASCE/SEI 7-10). https://www.udocz.com/apuntes/739542/asce-7-10?shared_by=101594
- American Society of Civil Engineers [ASCE] (2017). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings.(ASCE/SEI 41-17).<https://www.amiralikhalvati.com/wp-content/uploads/2021/11/ASCE-41-17-Sabzsaze.pdf>.
- Applied Technology Council [ATC] (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Vol. (1) (ATC-40). <http://tanbakoochi.com/File/www.tanbakoochi.com-ATC40.pdf>
- Borja Fernández, F. (2020). Importancia del análisis por desempeño en el proceso de diseño de un edificio de hormigón armado para uso educativo, ubicado en la ciudad de Cuenca-Ecuador. [Trabajo de graduación, Universidad del Azuay]. Repositorio académico de la Universidad del Azuay. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10541>.
- Cáceres Perez, G., & Pichihua Alata, N. (2020). Reforzamiento estructural para mejorar el nivel de desempeño del Hospital Santa Rosa, implementando el diseño apropiado de amortiguadores fluido viscoso. [Tesis de titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico de la UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/652677>.
- Cáceres Vargas, A. (2023). Análisis de vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de la unidad nueva del Hospital Básico El Puyo, ubicado en la provincia de Pastaza, Ecuador. [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato.]. Repositorio académico de la UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37720>.
- Caiza Changoluisa, J. (2022). Análisis de Vulnerabilidad Sísmica y Medición de vibraciones en losas de entrepiso para el reforzamiento estructural del Edificio del Centro de Idiomas Campus Huachi Chico de la Universidad Técnica de Ambato. [Trabajo experimental, Universidad Técnica de Ambato.]. Repositorio

académico de la UTA.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/35904>.

- Carranza Mestanza, J. (2022). *“Estudio comparativo de la evolución de las normas sísmicas en el Perú y su aplicación al análisis sismorresistente de un edificio de concreto armado de 7 pisos en la ciudad de Chiclayo.* [Tesis de titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.]. Repositorio académico de la UNPRG. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11419>.
- Chiuyari Veramende, J. L., & Olivas Inocente, M. P. (2018). Evaluación y propuesta de reparación estructural de la Institución Educativa Mariano Melgar de Huariaca aplicando el analisis no lineal pushover. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Hermilio Valdizán - Huánuco.]. Repositorio académico de la UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/3982>.
- Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas. (23 de Diciembre de 2021). Ingeniería Civil para dummies. Las estructuras y su clasificación. <https://ingenieros-civiles.es/actualidad/actualidad/1/1075/ingenieria-civil-para-dummies-las-estructuras-y-su-clasificacion>
- Condori Mayta, R., & Vilca Cayllahua , A. (2022). Evaluación del desempeño estructural aplicando un análisis estático no lineal (pushover) en la I. E. N.º 40230 San Antonio del Pedregal Majes - Caylloma - Arequipa. [Tesis de titulación, Universidad Continental.]. Repositorio académico de la CONTINENTAL. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11785>.
- Cueva Sanchez, J., & Huamanchumo Jacinto, C. (2022). *Evaluación estructural de la edificación esencial I.E N°10133-Mochumí, mediante el análisis estáico no lineal Pushover.* [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica del Perú.]. Repositorio académico de la UTP. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6187>.
- Diario Gestión. (27 de mayo de 2019). Ministerio de Educación suspende clases en 511 colegios tras sismo en Loreto. [https://gestion.pe/peru/ministerio-educacion-suspende-clases-511-colegios-sismo-loreto-nndc-268344-noticia/#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Educaci%C3%B3n%20\(Minedu,domingo%20gran%20parte%20del%20pa%C3%ADs](https://gestion.pe/peru/ministerio-educacion-suspende-clases-511-colegios-sismo-loreto-nndc-268344-noticia/#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Educaci%C3%B3n%20(Minedu,domingo%20gran%20parte%20del%20pa%C3%ADs).
- Dimovska, S. (2023). Methodology for seismic vulnerability assessment of existing masonry buildings in urban centres. application to the eixample district in barcelona. [Tesis de Doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya.]. Repositorio académico de la UPC. <http://hdl.handle.net/2117/388434>
- Federal Emergency Management Agency [FEMA] (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures (FEMA 440). <https://mitigation.eeri.org/wp-content/uploads/fema-440.pdf>

- Federal Emergency Management Agency [FEMA] (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook.- Third Edition (FEMA P-154). <https://www.fema.gov/es/node/619771>
- GERDAU CORSA. (2021). *Uso de Contravientos de Acero*. https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/USO%20DE%20CONTRAVIENTOS%20DE%20ACERO.pdf.
- Guillermo La Torre, A. A., & Silva Tupac Yupanqui, S. (2019). Evaluación y Diseño de dos Propuestas de Reforzamiento para Vigas y Columnas de Concreto Armado en una Edificación de Hotel. [Tesis de Titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.]. Repositorio académico de la UPC <http://hdl.handle.net/10757/628230>.
- Hernández, E. (12 de Octubre de 2022). *Aplicación del método del espectro de capacidad para la evaluación del desempeño sísmico de estructuras*. Recuperado el 2023, de Inesa Tech: <https://www.inesa-tech.com/blog/aplicacion-metodo-espectro-de-capacidad-evaluacion-desempeno-sismico-estructuras/>
- Hernández Sampieri , R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta Edición). Mc Graw Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista- Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hidalgo Leiva, D. (2021). 30 años después, ¿Qué aprendimos con el terremoto de Limón 1991 en el diseño de edificios y viviendas?. *Revista Geológica de América Central*, 65, 416-429. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0256-70242021000200416
- Ingeniería Civil UC Departamento de Estructuras y Geotécnica. (2019). *La ingeniería antisísmica*. https://ciperchile.cl/wp-content/uploads/DocumentoUC.sobre_normas.pdf.
- Instituto Geofísico del Perú [IGP] (15 de noviembre de 2023). *Reporte de Sismos*. <https://ultimosismo.igp.gob.pe/ultimo-sismo/sismos-reportados>
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI] (2001). Informes de los principales desastres ocurridos en el País. <https://portal.indeci.gob.pe/direccion-politicas-y-planos/compendios-estadisticos/edicion-multimedia-de-compendios-estadisticos/2001-2/>
- Instituto Geológico,Minero y Metalúrgico [INGEMMET] (2021). *Fallas Geológicas: El origen de los terremotos*.

https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3610/2/2021-Fallas_geologicas.pdf.

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - Bogotá. (30 de mayo de 2023). Caracterización General del Escenario de Riesgo Sísmico. <https://www.idiger.gov.co/rsismico>

Instituto Geofísico del Perú [IGP] (2020). Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/4893>

Instituto Geofísico del Perú [IGP] (2020). Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú. [https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/4893/ESCENARIO SISMICO PERU IGP2020.pdf](https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/4893/ESCENARIO_SISMICO_PERU_IGP2020.pdf).

Llanos Veliz , P., & Mora Castañeda, L. (2020). *Análisis de propuestas de reforzamiento estructural para módulo educativo tipo Apenkai en la I.E.I. “3048 – Santiago Antúnez de Mayolo” en Independencia.* [Tesis de Titulación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.] Repositorio académico de la UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653126?show=full&locale-attribute=es>.

Llocle Helaccama, A. (2021). *Evaluación de desempeño estructural utilizando Análisis Estático no lineal (Pushover) del bloque del nivel secundario del colegio Emblemático Ladislao Espinar ubicado en la ciudad de Espinar – Cusco.* [Tesis de Titulación, Universidad Peruana Unión.] Repositorio Académico de la UPEU. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4515/Adolfo_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Marcillo Gutierrez, G. (2019). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica basada en los métodos benedetti y petrini; fema 154 del edificio carrera de ingeniería agropecuaria - unesum.* [Proyecto de titulación, Universidad Estatal del Sur de Manabí.] Repositorio Digital de la UNESUM. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2275>.

Masias Cumpa, J. (2021). Colegio Politécnico en Huaraz [Tesis de Titulación, Universidad Ricardo Palma.] Repositorio Institucional URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3520>.

Ministerio de Educación [MINEDU] (2017). *Plan Nacional de Infraestructura Educativa al 2025.* <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/5952>

Ministerio de Educación [MINEDU] (2020). *Guía de Índice de Seguridad de Instituciones Educativas ISIE.* <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/8211>.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Chile. (2018). *Manual de Reparaciones y Refuerzos Estructurales.* <https://csustentable.minvu.gob.cl/wp->

content/uploads/2018/04/MANUAL-DE-REPARACIONES-Y-REFUERZOS-ESTRUCTURALES-2018.pdf.

- Mires Acuña, N. (2019). *Desempeño sismorresistente de la institución educativa técnica Rafael Loayza Guevara utilizando el método Pushover y propuesta de mejora*. [Tesis de Titulación, Universidad Privada del Norte.]. repositorio academico de la UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22304>.
- Miyamoto International Inc. . (2021). *Introducción a la evaluación post-sísmica de construcciones en el contexto de la Gestión Integral de Riesgos*. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00Z5P8.pdf.
- Moncayo Belevan, V., & Urcia Osorio, M. (2021). Evaluación del desempeño sísmico y propuesta de reforzamiento del colegio 780-PRE I.E N° 1172 Ciro Alegría mediante el Análisis Estático no Lineal. [Tesis de Titulación, Universidad San Ignacio de Loyola.] Repositorio academico de la USIL. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/11794>
- Moreto Tuesta, C., Mechato Jiménez, M., & Diaz Jauregui, G. (2021). Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas aplicando el método de benedetti-petrini. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 4(2), 57-65. <https://doi.org/10.25127/ucni.v4i2.728>
- Moscoso Alcantara, E. (2021). *Evaluación, Rehabilitación, Reforzamiento de Estructuras*. <https://ccipperu.com/producto/ep-evaluacion-rehabilitacion-y-reforzamiento-de-estructuras/>
- Mota, S. (8 de Setiembre de 2020). *Comportamiento de Piso Blando y Propuesta de Reacondicionamiento Sísmico*. Recuperado el 2023, de INESA TECH: <https://www.inesa-tech.com/blog/comportamiento-piso-blando-y-reacondicionamiento-sismico/>
- Muñoz Peláez, A. (2020). *Comentarios a la norma peruana E.030 Diseño Sismorresistente*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS_A_LA_NORMA_PERUANA_E.030_DISEÑO_SISMORRESISTENTE.pdf.
- Najam, F. A. (2018). Nonlinear Static Analysis Procedures for Seismic Performance Evaluation of Existing Buildings – Evolution and Issues [Sesión de congreso] "Sustainable Civil Infrastructures: Innovative Infrastructure Geotechnology" <https://www.researchgate.net/publication/318461796>
- National Geographic. (16 de Enero de 2023). El palpitante Cinturón de Fuego https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/palpitante-cinturon-fuego_15178

- National Geographic. (24 de febrero de 2023). ¿Qué son las placas tectónicas y qué ocasiona sus movimientos? <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-son-las-placas-tectonicas-y-que-ocasiona-sus-movimientos>
- Organización Panamericana de la Salud [OPS] (2004). Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADR369.pdf.
- Orozco Orellana, A. (2021). Estudio Del Desempeño Sísmico Estructural del Edificio Hospital Pedro de Bethancourt, Antigua Guatemala, Sacatepéquez con el Método del Análisis Estático No Lineal (Pushover). [Trabajo de graduación de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala.]. Repositorio academico de la USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0849_MT.pdf.
- Ospina Molina, E., & Castrillón Arenas, R. (2021). Alternativas de mejoramiento para reparaciones y reforzamiento de estructuras en concreto reforzado. [Tesis de Titulación, Universidad de Antioquia.] Repositorio Institucional Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/21562>.
- Park, R., & Paulay, T. (1983). *Estructuras de concreto reforzado*. <https://www.libreriaingeniero.com/2017/10/estructuras-de-concreto-reforzado-park-paulay.html>.
- Perez Neyra, C. (2022). *Evaluación del Desempeño Sísmico de un Edificio de Muros Estructurales de Mediana Altura en Base a Desplazamientos y Costos de Reparación Probables*. [Tesis de Magister, Pontificia Universidad Católica del Perú.] Repositorio Institucional de la PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/23901/PE_REZ_NEYRA_CARLOS_EVALUACION%20DESEMPE%3%91O_SISMICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Pineda, M. (Junio de 2023). Refuerzo de Contraventeos. https://www.linkedin.com/posts/mariopineda_estructurasmetalicas-refuerzoestructural-activity-7066807378062553089-5D4r?utm_source=share&utm_medium=member_desktop
- Queiroz Rodrigues, P., da Costa Pantoja, J., & Tavares Miranda, P. (2023). Implementación computacional para la evaluación sísmica de estructuras existentes. *Revista Foco*, 13. <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/3198/2095>
- Quinto Quinto, W., & Chaverra Moya, E. (2022). *Análisis Estático No Lineal (Pushover) y Punto de Desempeño Sísmico en una Edificación de Tres Pisos Existente – Revisión Bibliográfica Y Caso Ejemplo*. [Tesis de Titulación, Universidad de Antioquia.] Repositorio Academico Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/33261>.
- Ramos Yachi, F. Y. (2022). *Evaluación Del Desempeño Sísmico Aplicando El Análisis Estático No Lineal (Pushover) Del Edificio De La Compañía De Bomberos Voluntarios N°56, Huancavelica - 2021*. [Tesis de Titulación, Universidad

Nacional de Huancavelica] Repositorio Academico de UNH
<https://repositorio.unh.edu.pe/items/2796e489-7bcc-40ed-b758-4dc3acda6f52>.

Reymundo Espeza, R. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico de viviendas multifamiliares de sistema mixto con métodos estáticos, San Ramón, Junín 2022*. [Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo.] Repositorio Academico Universidad César Vallejo.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91310>

Rojas, E. (2017). *Evaluación De La Vulnerabilidad Sísmica En Vivienda De Albañilería Confinada Del Asentamiento Humano San Marcos De Ate, Santa Anita, 2017*. Universidad César Vallejo, Lima. [Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo.] Repositorio Academico de la Universidad César Vallejo.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/13037>

Ruiz Garcia, J., & Ramos Cruz, J. (2022). *El sismo de Coalcomán, Michoacán, del 19 de septiembre de 2022 (M7.7) [Informe Virtual Preliminar 26-09-2022]*.
https://www.learningfromearthquakes.org/images/2022_09_19_Michoacan_Mexico/Sismo-Coalcoman-Michoacan-19-09-2022-M7.7.pdf.

Structural Engineers Association of California [SEAOC] (1995). *Performance Based Seismic Engineering of Buildings*. <https://www.hsd.org/?view&did=788527>.

Segura Hernández, O. (2021). *Comparación del Desempeño Sísmico Mediante Análisis Estático No Lineal (Pushover) de dos Edificaciones en Concreto Reforzado Situadas en Zona de Amenaza Sísmica Alta con Grado de Disipación de Energía DES, Diseñadas Bajo los Criterios del AIS 114-17 y la norma NSR-10*. [Tesis de titulación, Universidad Militar Nueva Granada.] Repositorio institucional de la UMNG.
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/39676>.

SIKA. (2017). *Reforzamiento de Estructuras de Concreto*.
<https://col.sika.com/dms/getdocument.get/c5fbb55d-9240-3b09-9eee-edf695806345/Reforzamiento%20Estructuras%202017.pdf>.

SIMULEXA. (2023). Análisis Dinámico Lineal: ¿cuales son y qué tipos hay?

<https://www.simulexa.com/analisis-dinamico-linealcuales-son-y-que-tipos-hay/>

SOLIDWORKS. (2023). Análisis estático lineal

https://help.solidworks.com/2022/spanish/SolidWorks/sldworks/c_Linear_Static_Analysis.htm


Sudha, C., Aakash K., S., Kannan Rajkumar, P., & Jegan, M. (Diciembre de 2022). Investigation on the performance of reinforced concrete columns jacketed by conventional concrete and geopolymer concrete. *Engineering Science and*

- Tavera, H. (2014). *Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú*. <https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/IGP/777/peligrosismos-Per%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tavera, H. (2020). *Terremotos vs Sismos*. <https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/IGP/4851/Terremotos-vs-sismos-Hernando-Tavera.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- TodoMateria. (02 de 2023). Placas Tectónicas: Qué son, cuales son y sus movimientos. <https://www.todamateria.com/placas-tectonicas/>
- Universidad de Costa Rica. (23 de enero de 2019). ¿Qué tipos de bordes de placas tectónicas existen?. <https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/618-tipos-de-bordes-de-placas>
- Valencia Falcón, O. (2022). *Pruebas Experimentales de un Disipador de Fricción. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Autónoma de México.] Repositorio Institucional de la UNAM*. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/RepoFi/17832/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Vara Horna, A. (2018). *7 pasos para una tesis exitosa*. <https://www.administracion.usmp.edu.pe/investigacion/files/7-PASOS-PARA-UNA-TESIS-EXITOSA-Desde-la-idea-inicial-hasta-la-sustentaci%C3%B3n.pdf>.
- Villafuerte Olazabal, J., & Arellano Herrera, A. (2021). *Estudio y Diseño de Sistemas de Reforzamiento Estructural en Concreto Armado*. [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú.] Repositorio Institucional de la PUCP. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/180117>.

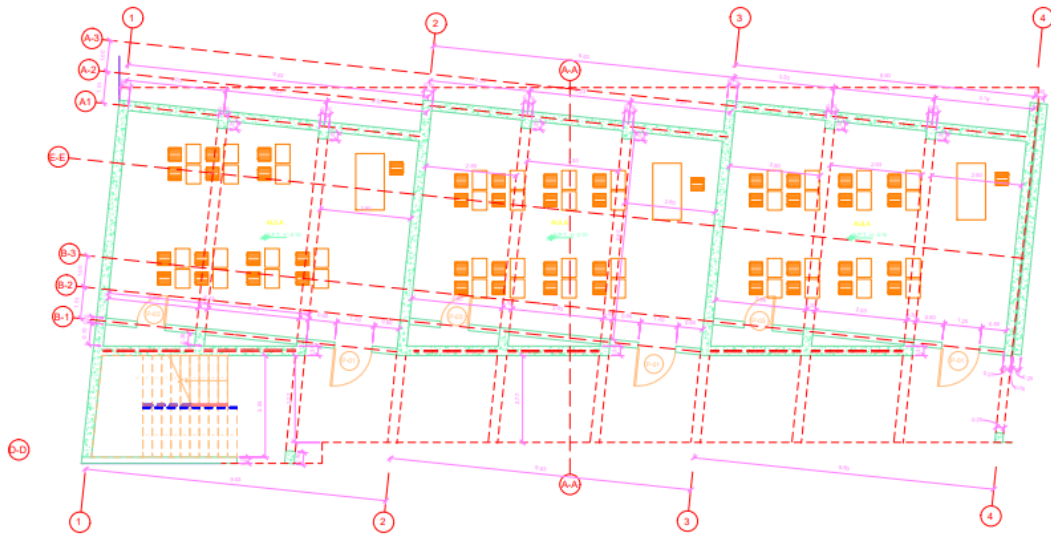
ANEXOS

ANEXO I	:	MATRIZ DE CONSISTENCIA
ANEXO II	:	PLANOS DE BLOQUE 1
ANEXO III	:	PLANOS DE BLOQUE 2
ANEXO IV	:	PLANO REFORZADO BLOQUE 1
ANEXO V	:	PLANO REFORZADO BLOQUE 2
ANEXO VI	:	DESARROLLO DE HIROSAWA BLOQUE 1
ANEXO VII	:	DESARROLLO DE HIROSAWA BLOQUE 2
ANEXO VIII	:	DIAGRAMA DE ITERACION DE COLUMNAS
ANEXO IX	:	ESTUDIO DE SUELOS
ANEXO X	:	ESCANEADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
ANEXO XI	:	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN ESCLEROMETRO
ANEXO XII	:	CERTIFICADOS DE ROTURA

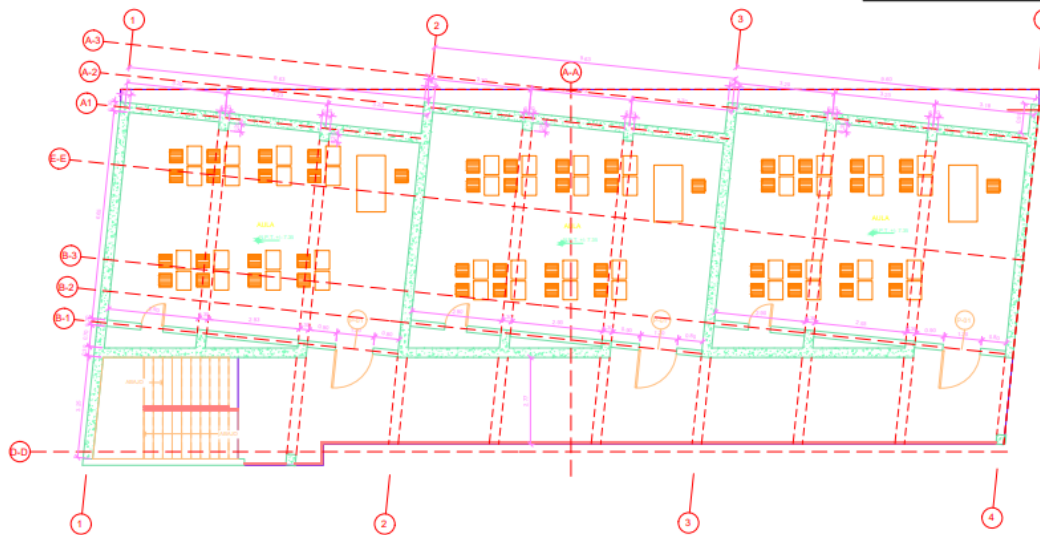
ANEXO I: MATRIZ DE CONSISTENCIA

 MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TITULO DE TESIS: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA						
Elaborado por: Pajares Chambi Catherine - Yugar Linares Frank Abel						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			Diseño
¿Cuál es la influencia de la evaluación sísmica para la propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores?	Realizar la evaluación sísmica para la propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores	La evaluación sísmica determina el grado de vulnerabilidad y propuesta de diseño en el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora De Los Dolores	X: EVALUACIÓN SISMICA	Metodo Hirosawa	Indice de configuración estructural	Tipo de Investigación: Aplicada
					Indice de juicio estructural	
				Análisis Estático No lineal pushover	Espectro de capacidad	Nivel de Investigación: Explicativo
					Espectro de Demanda	Diseño de Investigación: No experimental
					Nivel de desempeño	Población y Muestra
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente			
¿Cuál es la influencia del método Hirosawa en la evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa?	Realizar el método Hirosawa en la evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa	El Método Hirosawa determina un comportamiento sísmico vulnerable con un índice de resistencia menor al índice de demanda en la estructura de la Institución Educativa.	Y: Reforzamiento Estructural	Placas de concreto armado	Factor de Zona	La población son los 3 bloques que componen la Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores ubicada en el distrito de Cerro Colorado - Arequipa. La muestra son los bloques 1 y 2 de la Institución Educativa.
					Perfil de suelo	
					Parametros de sitio	
			Factor de uso			
			Elementos de borde			
			Dimensiones			
			Cuantía de acero			
			Verificación por corte			
			Verificación por flexión			
			Verificación según AENL - Pushover			
¿Cuál es la influencia del análisis estático no lineal pushover en la evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa?	Realizar el análisis estático no lineal pushover en la evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa.	El análisis estático no lineal pushover determina que el nivel de desempeño para un sismo raro es de seguridad de vida de la estructura de la Institución Educativa.		Encamisado de columnas	Espesor de encamisado	Instrumentos Evaluación preliminar: Se utiliza la técnica de observación para la identificación de la estructura, inspección visual de la edificación, toma de medidas. Evaluación detallada: Elaboración de planos, estudio de suelos, esclerometría, escaneo de elementos, Software ETABS.
					Cuantía de acero	
					Resistencia del concreto	
¿Cuál es la influencia de la propuesta de reforzamiento con placas de concreto armado y encamisado de columnas para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa?	Realizar el diseño de reforzamiento con placas de concreto armado y encamisado de columnas para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa	Las placas de concreto armado y encamisado de columnas proporcionan un desempeño sísmico operacional en la estructura de la Institución Educativa.			Verificación según AENL - Pushover	Procedimiento
						Elaborar los planos de los bloques a evaluar, ensayos de esclerometría a los elementos estructurales, determinación de la cuantía del acero, inspección de daños. Aplicación de los métodos para determinar el comportamiento sísmico.

ANEXO II:
PLANOS DE BLOQUE 1



1RA PLANTA ARQUITECTURA BLOQUE 2
ESC. 1/100



2DA PLANTA ARQUITECTURA BLOQUE 2
ESC. 1/100



EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

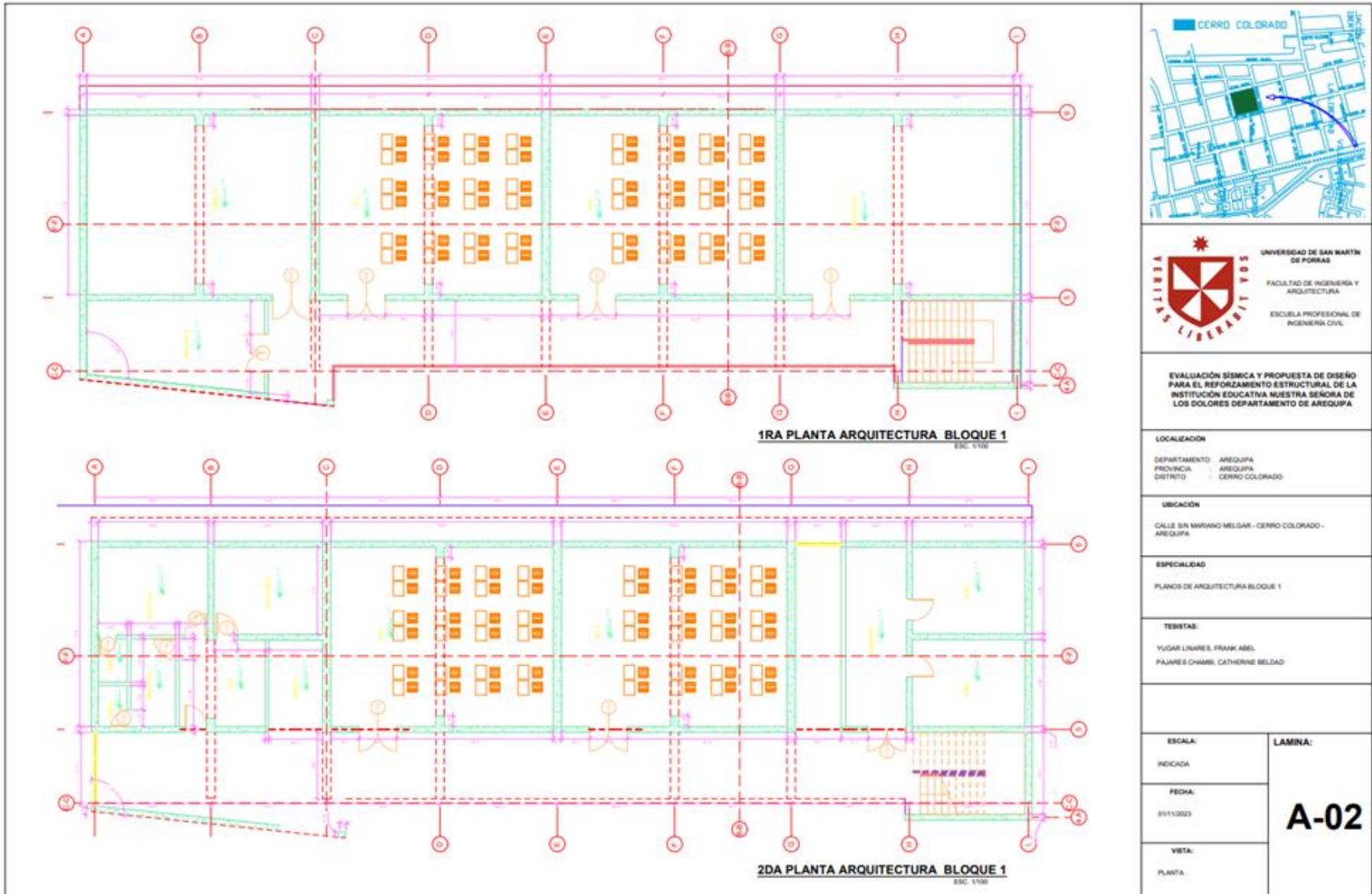
LOCALIZACIÓN
 DEPARTAMENTO : AREQUIPA
 PROVINCIA : AREQUIPA
 DISTRITO : CERRO COLORADO

UBICACIÓN
 CALLE SAN MARIANO MELGAR - CERRO COLORADO - AREQUIPA

ESPECIALIDAD
 PLANOS DE ARQUITECTURA BLOQUE 2

TESISTAS:
 YUGAR LINARES, FRANK ABEL
 PAJARES CHAMBI, CATHERINE BELDAD

ESCALA: INDICADA	LAMINA: A-01
FECHA: 01/11/2023	
VISTA: PLANTA	



EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

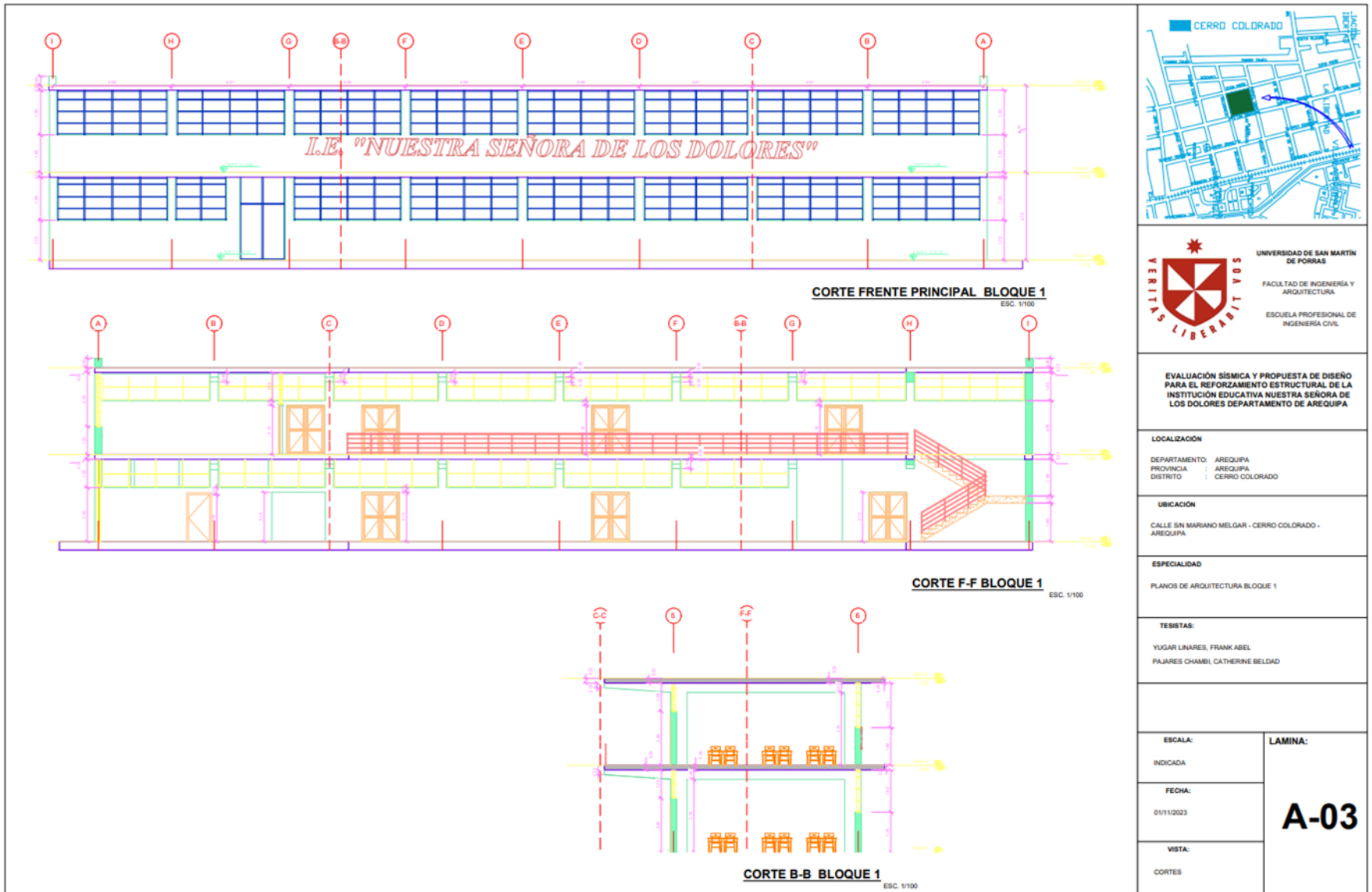
LOCALIZACIÓN
DEPARTAMENTO: AREQUIPA
PROVINCIA: AREQUIPA
DISTRITO: CERRO COLORADO

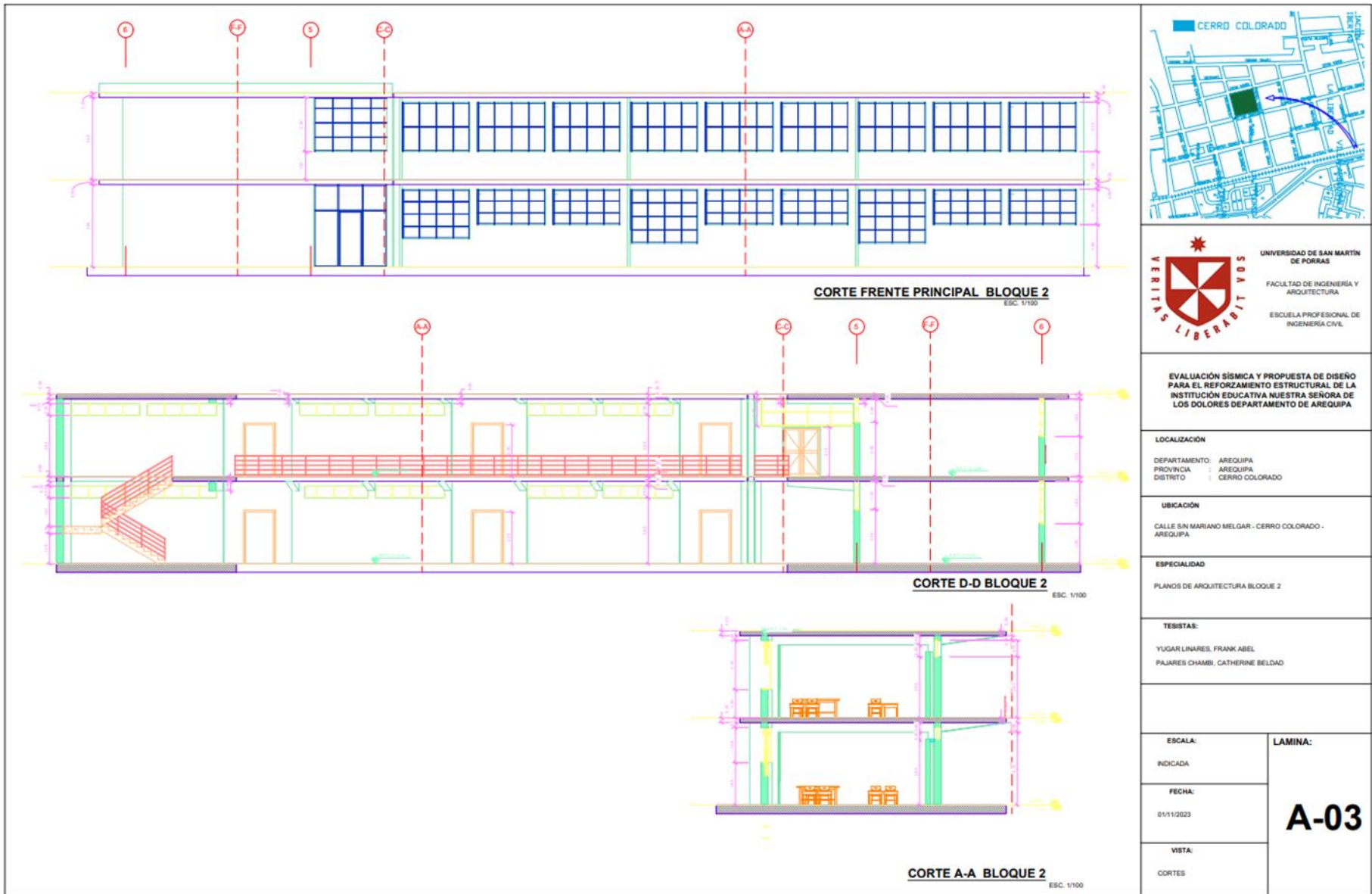
UBICACIÓN
CALLE SAN MIRIANO MELGAR - CERRO COLORADO - AREQUIPA

ESPECIALIDAD
PLANOS DE ARQUITECTURA BLOQUE 1

TESISTAS:
YUGAR LINARES, FRANK ARIEL
PAJARES CHAMBI, CATHERINE BELDAD

ESCALA: INDICADA	LAMINA: A-02
FECHA: 01/11/2023	
VISTA: PLANTA	






UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRAS
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

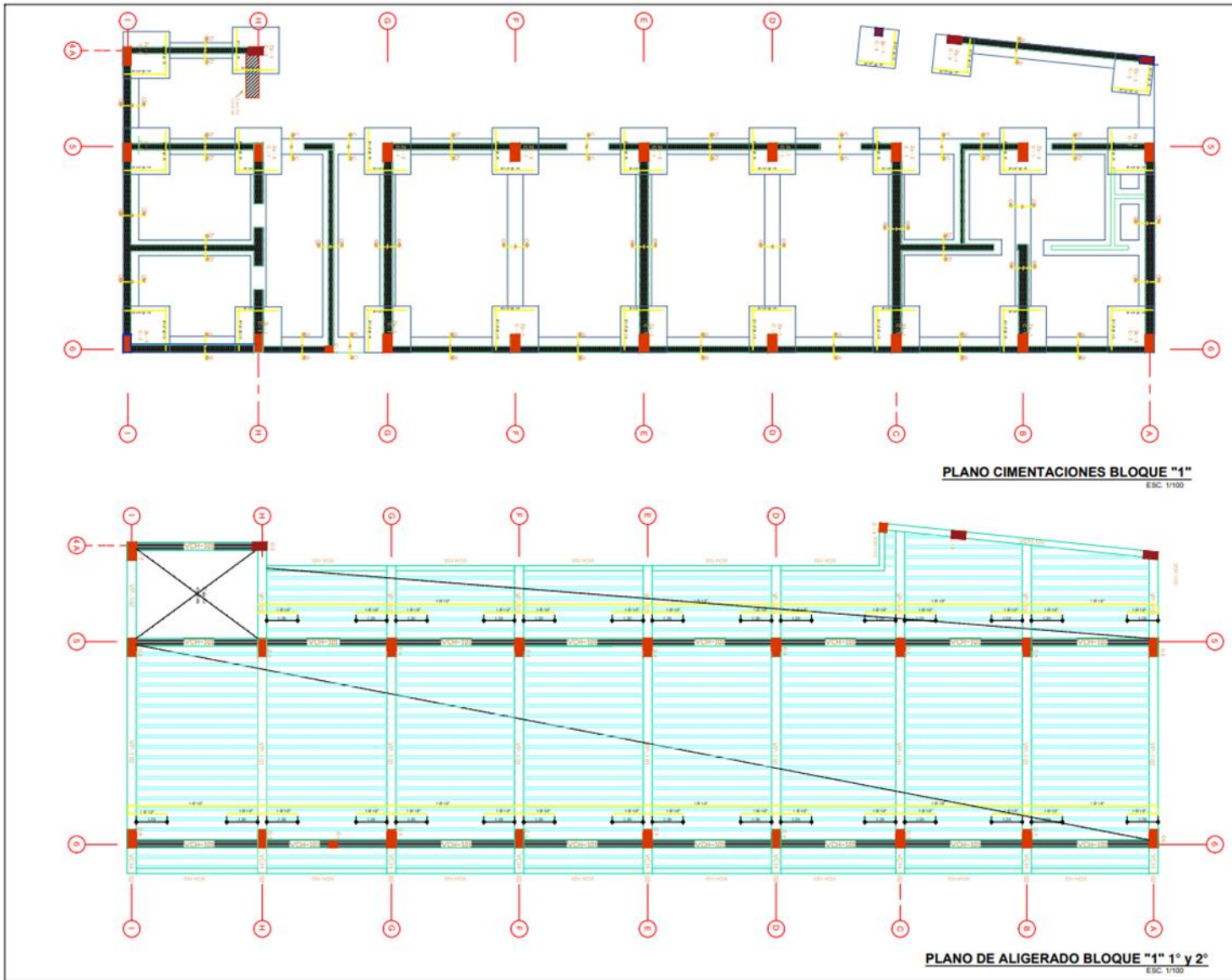
LOCALIZACIÓN
 DEPARTAMENTO: AREQUIPA
 PROVINCIA: AREQUIPA
 DISTRITO: CERRO COLORADO

UBICACIÓN
 CALLE SAN MARIANO MELGAR - CERRO COLORADO - AREQUIPA

ESPECIALIDAD
 PLANOS DE ARQUITECTURA BLOQUE 2

TESISTAS:
 YUGAR LINARES, FRANK ABEL
 PAJARES CHAMBI, CATHERINE BELDAD

ESCALA: INDICADA	LAMINA: A-03
FECHA: 01/11/2023	
VISTA: CORTE	



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRAS
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

EVALUACIÓN SISMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

LOCALIZACIÓN
 DEPARTAMENTO : AREQUIPA
 PROVINCIA : AREQUIPA
 DISTRITO : CERRO COLORADO

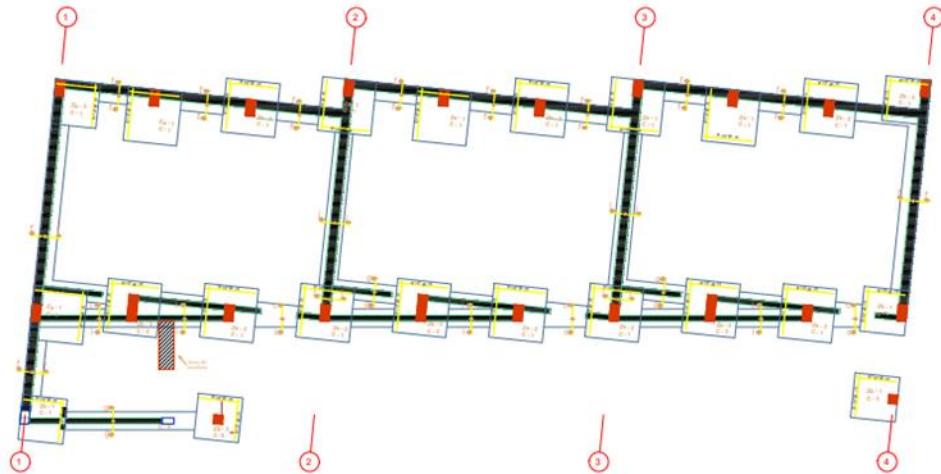
UBICACIÓN
 CALLE SAN MARIANO MELGAR - CERRO COLORADO - AREQUIPA

ESPECIALIDAD
 PLANOS DE ESTRUCTURAS BLOQUE 1

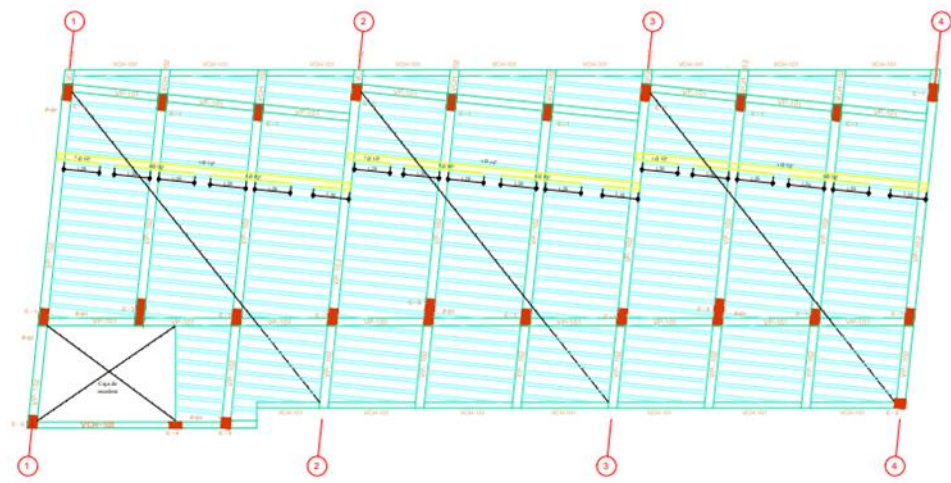
TESISTAS:
 YUGAR LINARES, FRANK ABEL
 PAJARES CHAMBI, CATHERINE BELDAD

ESCALA:
 INDICADA
 FECHA:
 01/11/2023
 VISTA:
 PLANTA

LAMINA:
E-01



PLANO CIMENTACIONES BLOQUE "2"
ESC. 1/100



PLANO DE ALIGERADO BLOQUE "2" 1° y 2°
ESC. 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN
DE PORRAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO
PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE
LOS DOLORS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

LOCALIZACIÓN
DEPARTAMENTO: AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : CERRO COLORADO

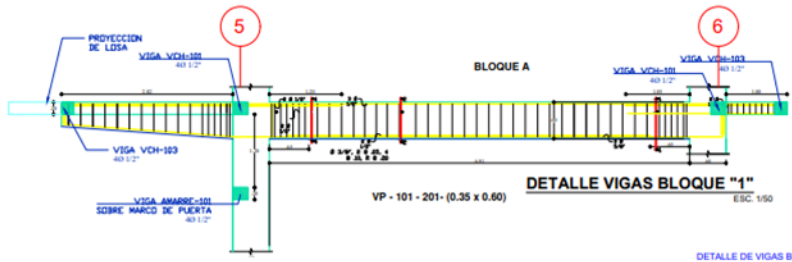
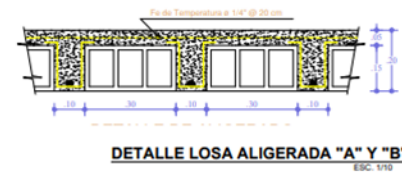
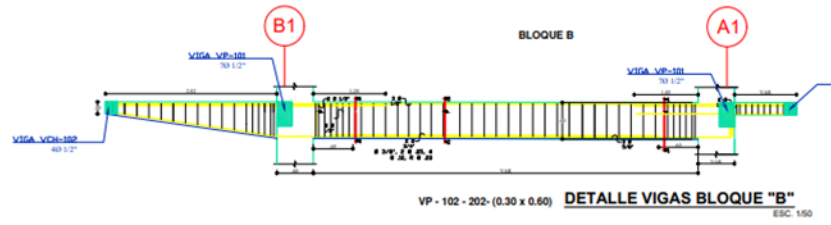
UBICACIÓN
CALLE SAN MARIANO MELGAR - CERRO COLORADO -
AREQUIPA

ESPECIALIDAD
PLANOS DE ESTRUCTURAS BLOQUE 2

TESISTAS:
YUGAR LINARES, FRANK ABEL
PAJARES CHAMBI, CATHERINE BELDAD

ESCALA:
INDICADA
FECHA:
01/11/2023
VISTA:
PLANTA

LAMINA:
E-02

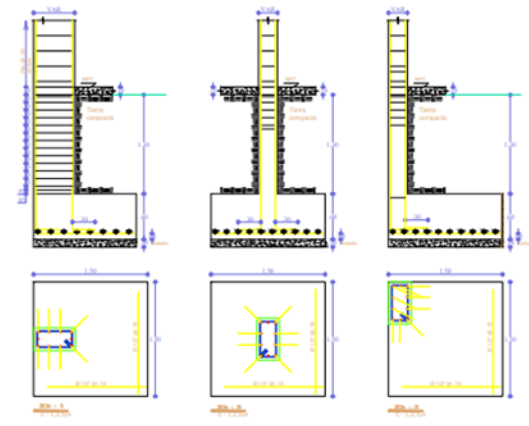


DETALLE DE COLUMNAS BLOQUE 1
ESCALA: 1/25

TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C-1		C-2		C-3		C-4	
Ø 300.00m		Ø 300.00m		Ø 300.00m		Ø 300.00m	
4 Ø 5/8" x 0.12"		4 Ø 5/8" x 0.12"		Ø 8" 1/2"		Ø 8" 1/2"	

DETALLE DE VIGAS BLOQUE 1
ESCALA: 1/25

TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS
VP-101		VP-102		VCH-101		VCH-102	
Ø 300.00m		Ø 300.00m		Ø 300.00m		Ø 300.00m	
7 Ø 1/2"		7 Ø 1/2"		4 Ø 1/2"		Ø 8" 1/2"	



DETALLE DE COLUMNAS BLOQUE "2"
ESCALA: 1/25

TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
C-1		C-2		C-3		C-4	
Ø 300.00m		Ø 300.00m		Ø 300.00m		Ø 300.00m	
4 Ø 3/4" x 0.12"		4 Ø 3/4" x 0.12"		Ø 8" 1/2"		Ø 8" 1/2"	

DETALLE DE VIGAS BLOQUE "2"
ESCALA: 1/25

TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS	TIPO	VIGAS
VP-101		VP-102		VCH-101		VCH-102	
Ø 300.00m		Ø 300.00m		Ø 300.00m		Ø 300.00m	
7 Ø 1/2"		7 Ø 1/2"		Ø 8" 1/2"		Ø 8" 1/2"	



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN
DE PORRAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO
PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE
LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

LOCALIZACIÓN
DEPARTAMENTO : AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : CERRO COLORADO

UBICACIÓN
CALLE SAN MARIANO MELGAR - CERRO COLORADO -
AREQUIPA

ESPECIALIDAD
PLANOS DE DETALLES BLOQUES A Y B

TESISTAS:
YUGAR LINARES, FRANK ABEL
PAJARES CHAMBI, CATHERINE BELDAD

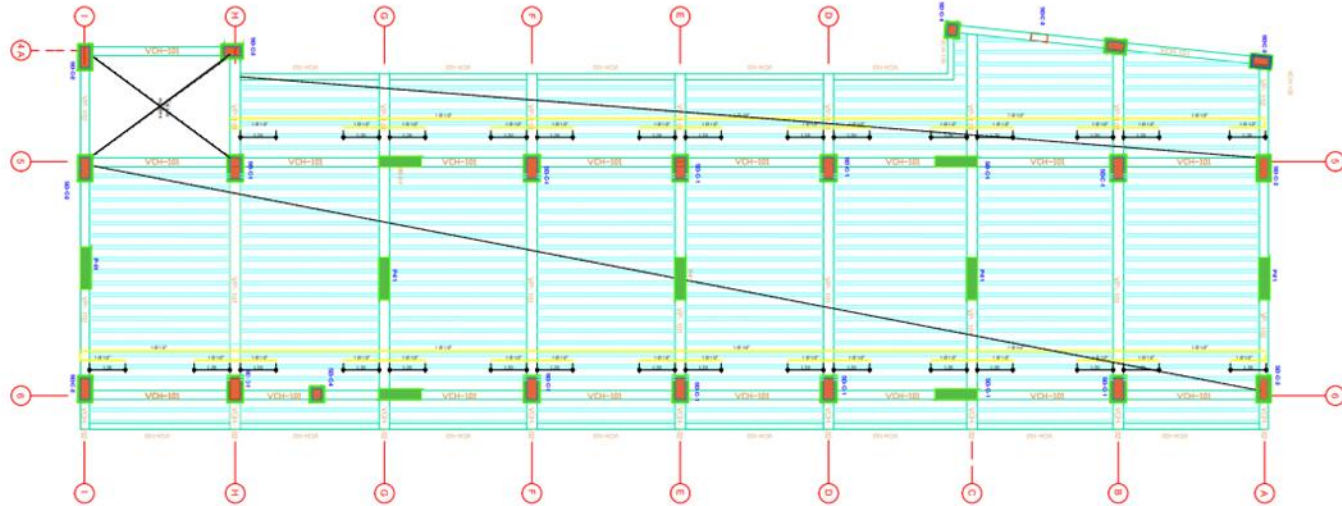
ESCALA:
INDICADA

FECHA:
01/11/2023

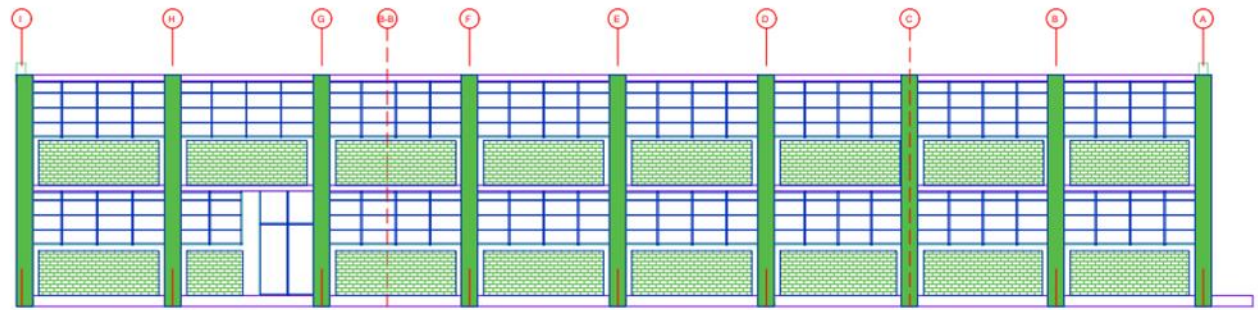
VISTA:
DETALLES

LAMINA:

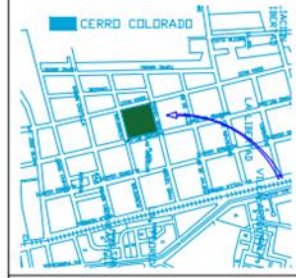
E-03



PLANO REFORZAMIENTO BLOQUE "1"
ESC. 1/100



ELEVACIÓN FRENTE REFORZADO BLOQUE "1"
ESC. 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN
DE PORRAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO
PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE
LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

LOCALIZACIÓN

DEPARTAMENTO: AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : CERRO COLORADO

UBICACIÓN

CALLE S/N MARIANO MELGAR - CERRO COLORADO -
AREQUIPA.

ESPECIALIDAD

PLANOS DE REFORZAMIENTO BLOQUE 1

TESTIGAS:

YUGAR LINARES, FRANK ABEL
FAJARES CHAMBI, CATHERINE BELDAD

ESCALA:

INDICADA

FECHA:

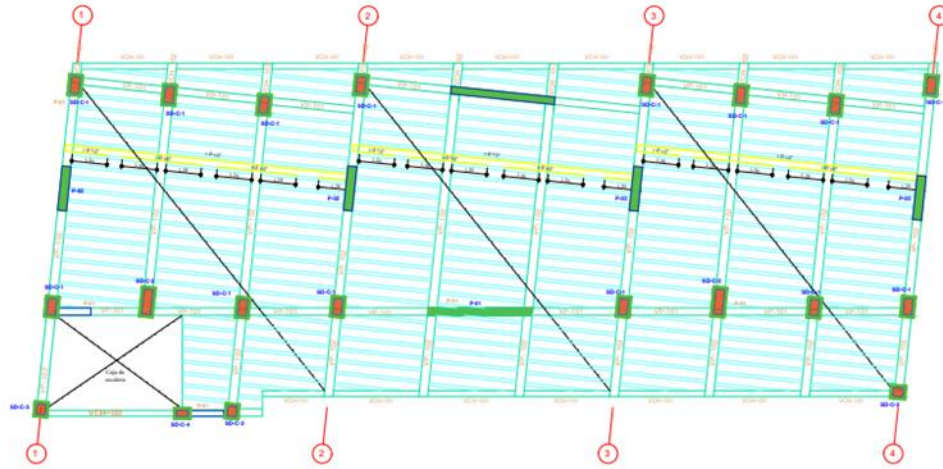
18/11/2023

VISTA:

PLANTA

LAMINA:

R-01



PLANO REFORZAMIENTO BLOQUE "2"
ESC. 1/100



ELEVACIÓN FRENTE REFORZADO BLOQUE "2"
ESC. 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN
DE PORCÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO
PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE
LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

LOCALIZACIÓN
DEPARTAMENTO: AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : CERRO COLORADO

UBICACIÓN
CALLE S/N MARIANO MELGAR - CERRO COLORADO -
AREQUIPA

ESPECIALIDAD
PLANOS DE REFORZAMIENTO BLOQUE 2

TEBISTAS:
YUGAR LINARES, FRANK ABEL
PAJARES CHAMBI, CATHERINE BELDAD

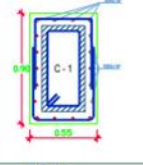
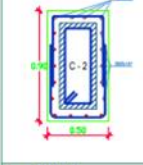
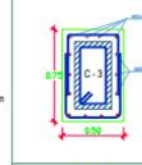
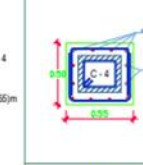
ESCALA:
INDICADA

FECHA:
18/11/2023

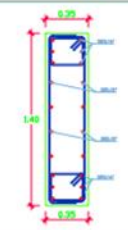
VISTA:
PLANTA

LAMINA:

R-02

TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
SD-C-1 (0.50x0.90)m		SD-C-2 (0.50x0.90)m		SD-C-3 (0.50x0.75)m		SD-C-4 (0.50x0.55)m	
	18 Ø 3/4"		18 Ø 3/4"		14 Ø 3/4"		12 Ø 3/4"

DETALLE COLUMNAS BLOQUE "1"
ESC. 1/25

TIPO	PLACA
P-01 (0.35x1.40 m)	
	12 Ø 3/4" + 8 Ø 1/2" 3/8"Ø:1@.05 6@.10.4@.15, rto. @.20

DETALLE PLACA BLOQUE "1"
ESC. 1/25



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN
DE PORRAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO
PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE
LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

LOCALIZACIÓN

DEPARTAMENTO: AREQUIPA
PROVINCIA : AREQUIPA
DISTRITO : CERRO COLORADO

UBICACIÓN

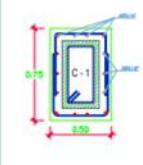
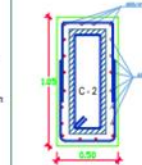
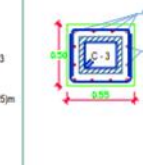
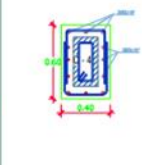
CALLE SAN MARIANO MELGAR - CERRO COLORADO -
AREQUIPA

ESPECIALIDAD

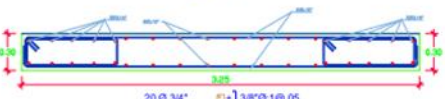
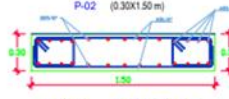
PLANOS DE DETALLES DE REFORZAMIENTO

TESISTAS:

YUGAR LINARES, FRANK.ABEL
PAJARES CHAMBI, CATHERINE BELDAD

TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS	TIPO	COLUMNAS
SD-C-1 (0.50x0.75)m		SD-C-2 (0.50x1.05)m		SD-C-3 (0.30x0.25)m		SD-C-4 (0.40x0.20)m	
	14 Ø 3/4"		4 Ø 3/4" + 6 Ø 5/8"		6 Ø 1/2"		12 Ø 3/4"

DETALLE COLUMNAS BLOQUE "2"
ESC. 1/25

P-01 (0.30x3.20 m)		P-02 (0.30x1.50 m)	
	20 Ø 3/4" + 16 Ø 1/2" 3/8"Ø:1@.05 6@.10.4@.15, rto. @.20		16 Ø 3/4" + 8 Ø 1/2" 3/8"Ø:1@.05 6@.10.4@.15, rto. @.20

DETALLE PLACAS BLOQUE "2"
ESC. 1/25

ESCALA:

INDICADA

FECHA:

18/11/2023

VISTA:

DETALLES

LAMINA:

R-03



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambí - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado: Bloque 1

DATOS DE LA EDIFICACIÓN

Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²) 280

DIMENSIONES BASICAS

Número de pisos de la edificación	np	2	
Altura de entrepiso	1er piso	he1 (m)	3.7
	2do piso	he2 (m)	3.5
Altura de la edificación	ht (m)	7.2	
Area de la techo/losa	1er nivel	Alosa (m ²)	491.89
	2do nivel	A cobertura (m ²)	491.89
Espesor de la losa	1er nivel	elosa (m) "peso p.	0.2
	2do nivel	elosa (m) "peso p.	0.2
Columnas	sección	Número de columnas	Area (m ²)
	0.70 x 0.35	14	0.2450
	0.70 x 0.30	4	0.2100
	0.55 x 0.30	2	0.1650
	0.35 x 0.30	2	0.1050
Vigas	sección	Descripcion	Area (m ²)
	0.35 x 0.60	Viga VP 1	0.21
	0.30 x 0.60	Viga VP 2	0.18
	0.25 x 0.20	Viga VCH 1	0.05
	0.35 x 0.20	Viga VCH 2	0.07
	0.20 x 0.20	Viga VCH 3	0.04

METRADO DE CARGAS

METRADO DE COLUMNAS

TIPO	LARGO (D)	ANCHO (L)	PISO 1	PISO 2	(KG/CM ³)	# VECES	PESO 1 (KG)	PESO 2 (KG)
C-1	0.70	0.35	3.7	3.7	2400	14	30458.40	30458.40
C-2	0.70	0.30	3.7	3.7	2400	4	7459.20	7459.20
C-3	0.55	0.30	3.7	3.7	2400	2	2930.40	2930.40
C-4	0.35	0.30	3.7	3.7	2400	2	1864.80	932.40
							42712.80	41780.40
							1er Piso	2do Piso



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares

Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa

Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores

Modulo evaluado: Bloque 1

METRADO DE VIGAS

TIPO	ANCHO (D)	ALTURA (M)	LARGO (M)	(KG/CM3)	# VECES	PESO 2 (KG)	
VP 1	0.35	0.60	67.32	2400	1	33929.28	
VP 2	0.30	0.60	16.51	2400	1	7133.18	
VCH 1	0.25	0.20	75.00	2400	9	81002.16	
VCH 2	0.35	0.20	9.00	2400	9	13608.00	
VCH 3	0.20	0.20	32.782	2400	9	28323.65	
						1er Piso	163996.27
						2do Piso	163996.27

METRADO DE LOSA

PISO	E Losa	(KG/CM2)	AREA	PESO 2 (KG)
1er Piso	0.20	300.00	403.92	24235.20
2do Piso	0.20	300.00	403.92	24235.20

METRADO DE ACABADO

PISO	Area (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)
1er Piso	491.89	100.00	49189.00
2do Piso	491.89	100.00	49189.00

METRADO DE TABIQUERIA

PISO	VOLUMEN	(KG/CM3)	Peso (KG)
1er Piso	84.96	1800.00	152928.00
2do Piso	75.19	1800.00	135342.00

SOBRECARGA EN AULAS

PISO	Area (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)	Area (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)
1er Piso	355.12	250.00	88780	96.93	400.00	38772.00
2do Piso	355.12	250.00	88780	96.93	400.00	38772.00

SOBRECARGA EN PASADIZO

Wj (Peso por nivel kg)

Nivel de evaluación	Peso de columna	Peso de vigas	Peso de techo/losa	Peso de Tabiquería	S/C Sobrecarga	Peso del piso (Wj)
1	42712.80	163996.27	24235.20	152928.00	127552.00	511424.27
2	41780.40	163996.27	24235.20	135342.00	127552.00	492905.87



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares

Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa

Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores

Modulo evaluado: Bloque 1

CALCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

$$I_s = E_0 * SD * T$$

CALCULO DEL INDICE SISMICO BASICO DE COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_1 * (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 * C_w + \alpha_3 * C_c) * F$$

Factores	Valor
Cmar: Índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería	0
Csc: Índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de concreto armado	0
Ca: Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinado	0
Cma: Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada	0
Cw: Índice de resistencia proporcionada por los muros de concreto armado	0
Cc: Índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto armado	≠ 0

simplificando:

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_3 * C_c) * F$$

Cc					
Nivel	f'c (kg/cm2)	Ac1 (cm2)	Ac2 (cm2)	Wj (Kg)	Cc
1	288	0	7250	511424.27	0.073
2	288	0	7250	492905.870	0.148

Valores del coeficiente α

Tipo	α_1	α_2	α_3	Modo de falla
A	1	0.7	0.5	Columnas cortas y paredes portantes controlan la falla
B	0	1	0.7	Muro de concreto armado controlan la falla
C	0	0	1	Columnas de concreto armado controlan la falla

F (Índice de ductilidad asociado a los elementos verticales)

F	1	Si Cmar, Ca y Csc son iguales a cero
F	0.8	Si Cmar, Ca y Csc son diferentes a cero



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado: Bloque 1

E_0 (Índice sísmico básico de comportamiento estructural)		
$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_3 * C_c) * F$		
Número de pisos a calcular		
E0 piso	1	0.072764918
E0 piso	2	0.111197702

CÁLCULO DEL ÍNDICE SÍSMICO DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

$$SD = q_1 * q_2 * \dots * q_8$$

Dónde:

$$q_i = \{1.0 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8$$

$$q_i = \{1.2 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 6$$

Item	Gi			Ri	SD	
	1	0.9	0.8			
1 Regularidad	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1	0.8	
2 Relación largo - ancho	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0.5	0.95	3.36
3 Contracción de planta	$0.8 \leq C$	$0.5 \leq C \leq 0.8$	$C < 0.5$	0.5	0.95	0.69
4 Atrio o patio interior	$Rap = 0.1$	$0.1 < Rap \leq 0.3$	$0.3 < Rap$	0.5	-	
5 Excentricidad de atrio o patio interior	$f1 = 0.4$ $f2 = 0.1$	$f1 \leq 0.4$ $0.1 < f2 \leq 0.3$	$0.4 < f1$ $0.3 < f2$	0.25	-	
6 Subterráneo	$1 \leq Ras$	$0.5 \leq Ras < 1.0$	$Ras < 0.5$	1	-	
7 Junta de dilatación	$0.01 \leq s$	$0.005 \leq s < 0.01$	$s < 0.005$	0.5	0.95	0.007
8 Uniformidad de altura de piso	$0.8 \leq Rp$	$0.7 \leq Rh < 0.8$	$Rh < 0.7$	0.5	1	1
					0.686	



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares

Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa

Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores

Modulo evaluado: Bloque 1

CALCULO DEL INDICE DE DETERIORO DE LA EDIFICACION

Deformación permanente (T1)	
Características	T1
El edificio presente inclinación debido a asentamiento diferencial	0.7
El edificio esta construido sobre relleno artificial	0.9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas	0.9
Tiene visibles deformaciones de vigas o columnas	0.9
No presenta signos de deformación	1

Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T2)	
Características	T2
Presenta filtración con corrosión visible	0.8
Presenta grietas inclinadas visibles en columnas	0.9
Presenta grietas visibles en muros	0.9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras	0.9
Nada de lo anterior	1

Incendio (T3)	
Características	T3
Ha experimentado incendio pero no fue reparado	0.7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado	0.8
No ha experimentado incendio	1

Uso del cuerpo o bloque (T4)	
Características	T3
Almacena sustancias químicas	0.8
No contiene sustancias químicas	1

Tipo de daño estructural (T5)	
Características	T3
Presenta daño estructural grave	0.8
Presenta daño estructural fuerte	0.9
Presenta daño estructural ligero o no estructural	1

Resultados (T)	
T1	1
T2	0.9
T3	1
T4	1
T5	1
Valor mas bajo de deterioro (T)	0.9



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis:	EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista:	Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación:	Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada:	Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado:	Bloque 1

Clasificación del daño producido por un sismo	
Tipo de daño	Descripción
No estructural	Daños unicamente en elementos no estructurales
Estructural ligero	Grietas de menos de 0.5 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de menos de 3mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural fuerte	Grietas de 0.5 a 1mm de espesor en elementos de hormigon armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañolería.
Estructural grave	Grietas de más de 1 mm de espesor en elementos de hormigon armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del hormigon, rotura de estribos y pandeo de refuerzos en vigas, columnas y muros de hormigón armadura. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio en más de 1% de su altura. Asentamiento de más de 20 cm.

Is (resistencia provista para el edificio)	
$Is = E0 * Sd * T$	
Parámetro	Valor
E0 piso 2	0.1112
E0 piso 1	0.0728
SD	0.69
T	0.90
Is piso 2	0.069
Is piso 1	0.045
Is	0.045



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares

Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa

Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores

Modulo evaluado: Bloque 1

CALCULO DEL ÍNDICE DE JUICIO ESTRUCTURAL

Según la norma E-030

$$I_{50} = E_{50} * Z * G * U$$

ZONIFICACION	
Zona	Z3
Z	0.35

ZONIFICACION	
Perfil tipo	S1
S	1.15
Tp (S)	0.6
Tl (S)	2.0

CATEGORIA DE EDIFICACIÓN	
Categoría	A
U	1.5

esencial

COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS		
Sistema estructural	Porticos	
R0	8	
Irregularidad (No presenta irregularidades)	la	1
	lp	1
R	8	

FACTOR TOPOGRÁFICO "G"	
Con pendiente	1.1
sin pendiente	1

FACTOR "C"	
Ct	35
hn	7.2
T	0.21
C	2.5

Resistencia sísmica "Eso"	
Eso	0.109

 USMP UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES	UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES	
	Facultad de Ingeniería y Arquitectura	
	Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA		
Tesis:	EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	
Tesista:	Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares	
Ubicación:	Distrito de Cerro Colorado - Arequipa	
Edificación evaluada:	Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores	
Modulo evaluado:	Bloque 1	

CÁLCULO DEL "Is"	
$Iso = Eso * Z * G * U$	
Parámetro	Valor
Eso	0.109
Z	0.35
G	1.1
U	1.5
Iso	0.063

CONCLUSIÓN		
Is	<	Iso
0.045		0.063

TENDRÁ UN COMPORTAMIENTO INSEGURO FRENTE A UN EVENTO SISMICO "ES VULNERABLE"





UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado: Bloque B

DATOS DE LA EDIFICACIÓN

Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²) 237

DIMENSIONES BASICAS

Número de pisos de la edificación	np	2	
Altura de entrepiso	1er piso	he1 (m) 3.7	
	2do piso	he2 (m) 3.5	
Altura de la edificación	ht (m)	7.4	
Area de la techo/losa	1er nivel	Alosa (m ²) 339.2	
	2do nivel	A losa (m ²) 339.2	
Espesor de la losa	1er nivel	300kg/m ² 0.2	
	2do nivel	300kg/m ² 0.2	
Columnas	Sección	Número de columnas	Área (m ²)
	0.55 x 0.30	18	0.1650
	0.85 x 0.30	3	0.2550
	0.35 x 0.30	1	0.1050
Vigas	sección	Descripcion	Área (m ²)
	0.30 x 0.60	Viga VP 102	0.18
	0.25 x 0.40	Viga VS 101	0.10
	0.20 x 0.20	Viga VCH 101	0.04
	0.20 x 0.30	Viga VCH 102	0.06

METRADO DE CARGAS

METRADO DE COLUMNAS

TIPO	LARGO (L)	ANCHO (D)	PISO 1	PISO 2	(KG/CM ³)	# VECES	PESO 1 (KG)	PESO 2 (KG)
C-1	0.55	0.30	3.7	3.7	2400	18	26373.60	26373.60
C-2	0.85	0.30	3.7	3.7	2400	3	6793.20	6793.20
C-3	0.35	0.30	3.7	3.7	2400	1	932.40	932.40
							34099.2	34099.2
							1er Piso	2do Piso



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado: Bloque B

METRADO DE VIGAS

TIPO	ANCHO (D)	ALTURA (M)	LARGO (M)	(KG/CM3)	# VECES	PESO 2 (KG)	
VP 102	0.30	0.60	91.29	2400	1	39437.28	
VS 101	0.25	0.40	52.38	2400	1	12571.2	
VCH 101	0.20	0.20	46.72	2400	1	4485.12	
VCH 102	0.20	0.30	8.06	2400	1	1160.64	
						1er Piso	57654.24
						2do Piso	57654.24

METRADO DE LOSA

PISO	E Losa	(KG/CM2)	AREA	PESO 2 (KG)
1er Piso	0.20	300.00	273.24	16394.40
2do Piso	0.20	300.00	273.24	16394.40

METRADO DE ACABADO

PISO	Area (M2)	(KG/CM2)	Peso (KG)
1er Piso	339.20	100.00	33920.00
2do Piso	339.20	100.00	33920.00

METRADO DE TABIQUERIA

PISO	VOLUMEN	(KG/CM3)	Peso (KG)
1er Piso	63.62	1800.00	114516.00
2do Piso	63.62	1800.00	114516.00

SOBRECARGA EN AULAS

PISO	Area (M2)	(KG/M2)	Peso (KG)
1er Piso	235.06	250.00	58765.00
2do Piso	67.39	250.00	16847.50

SOBRECARGA EN PASADIZO

Area (M2)	(KG/M2)	Peso (KG)
67.39	400.00	26956.00
67.39	400.00	26956.00

Wj (Peso por nivel kg)

Nivel de evaluación	Peso de columna	Peso de vigas	Peso de techo/losa	Peso de Tabiqueria	S/C Sobrecarga	Peso del piso (Wj)
1	34099.20	57654.24	16394.40	114516.00	85721.00	308384.84
2	34099.20	57654.24	16394.40	114516.00	43803.50	266467.34



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado: Bloque B

CALCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

$$I_s = E_0 * SD * T$$

CÁLCULO DEL ÍNDICE SISMICO BÁSICO DE COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_1 * (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 * C_w + \alpha_3 * C_c) * F$$

Factores	Valor
C _{mar} : Índice de resistencia proporcionada por los muros de relleno de albañilería	0
C _{sc} : Índice de resistencia proporcionada por las columnas cortas de concreto armado	0
C _a : Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería no reforzada o parcialmente confinado	0
C _{ma} : Índice de resistencia proporcionada por los muros de albañilería confinada	0
C _w : Índice de resistencia proporcionada por los muros de concreto armado	0
C _c : Índice de resistencia proporcionada por las columnas no cortas de concreto armado	≠ 0

simplificando:

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_3 * C_c) * F$$

C _c					
Nivel	f'c (kg/cm ²)	Ac1 (cm ²)	Ac2 (cm ²)	Wj (Kg)	C _c
1	237	0	5250.00	308384.84	0.076
2	237	0	5250.00	266467.34	0.163

Valores del coeficiente α

Tipo	α1	α2	α3	Modo de falla
A	1	0.7	0.5	Columnas cortas y paredes portantes controlan la falla
B	0	1	0.7	Muro de concreto armado controlan la falla
C	0	0	1	Columnas de concreto armado controlan la falla

F (Índice de ductilidad asociado a los elementos)

F	1	Si C _{mar} , C _a y C _{sc} son iguales a cero
F	0.8	Si C _{mar} , C _a y C _{sc} son diferentes a cero



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis:	EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista:	Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación:	Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada:	Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado:	Bloque B

(Índice sísmico básico de comportamiento estructural)

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_3 * C_c) * F$$

Número de pisos a calcular

E0 piso	1	0.075756432
---------	---	--------------------

E0 piso	2	0.122572479
---------	---	--------------------

CÁLCULO DEL ÍNDICE SÍSMICO DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

$$SD = q_1 * q_2 * \dots * q_8$$

Dónde:

$$q_i = \{1.0 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8$$

$$q_i = \{1.2 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 6$$

Item	Gi			Ri	SD	
	1	0.9	0.8			
1 Regularidad	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1	0.8	
2 Relación largo - ancho	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$B > 8$	0.5	0.95	2.57
3 Contracción de planta	$0.8 \leq C$	$0.5 \leq C \leq 0.8$	$C < 0.5$	0.5	0.95	0.7
4 Atrio o patio interior	$Rap = 0.1$	$0.1 < Rap \leq 0.3$	$0.3 < Rap$	0.5	-	
5 Excentricidad de atrio o patio interior	$f1 = 0.4$ $f2 = 0.1$	$f1 \leq 0.4$ $0.1 < f2 \leq 0.3$	$0.4 < f1$ $0.3 < f2$	0.25	-	
6 Subterráneo	$1 \leq Ras$	$0.5 \leq Ras < 1.0$	$Ras < 0.5$	1	-	
7 Junta de dilatación	$0.01 \leq s$	$0.005 \leq s < 0.01$	$s < 0.005$	0.5	0.95	0.007
8 Uniformidad de altura de piso	$0.8 \leq Rp$	$0.7 \leq Rh < 0.8$	$Rh < 0.7$	0.5	1	1
					0.686	

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis:	EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista:	Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación:	Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada:	Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado:	Bloque B

CALCULO DEL INDICE DE DETERIORO DE LA EDIFICACION

Deformación permanente (T1)	
Características	T1
El edificio presente inclinación debido a asentamiento diferencial	0.7
El edificio esta construido sobre relleno artificial	0.9
El edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas	0.9
Tiene visibles deformaciones de vigas o columnas	0.9
No presenta signos de deformación	1

Filtraciones en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (T2)	
Características	T2
Presenta filtración con corrosión visible	0.8
Presenta grietas inclinadas visibles en columnas	0.9
Presenta grietas visibles en muros	0.9
Presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras	0.9
Nada de lo anterior	1

Incendio (T3)	
Características	T3
Ha experimentado incendio pero no fue reparado	0.7
Ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado	0.8
No ha experimentado incendio	1

Uso del cuerpo o bloque (T4)	
Características	T4
Almacena sustancias químicas	0.8
No contiene sustancias químicas	1

Tipo de daño estructural (T5)	
Características	T5
Presenta daño estructural grave	0.8
Presenta daño estructural fuerte	0.9
Presenta daño estructural ligero o no estructural	1

Resultados (T)	
T1	1
T2	0.9
T3	1
T4	1
T5	1
Valor mas bajo de deterioro	0.9



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis:	EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista:	Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación:	Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada:	Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado:	Bloque B

Clasificación del daño producido por un sismo	
Tipo de daño	Descripción
No estructural	Daños unicamente en elementos no estructurales
Estructural ligero	Grietas de menos de 0.5 mm de espesor en elementos de hormigón armado. Grietas de menos de 3mm de espesor en muros de albañilería.
Estructural fuerte	Grietas de 0.5 a 1mm de espesor en elementos de hormigon armado. Grietas de 3 a 10 mm de espesor en muros de albañolería.
Estructural grave	Grietas de más de 1 mm de espesor en elementos de hormigon armado. Aberturas en muros de albañilería. Aplastamiento del hormigon, rotura de estribos y pandeo de refuerzos en vigas, columnas y muros de hormigón armadura. Agrietamiento de capiteles y consolas. Desplome de columnas. Desplome del edificio en más de 1% de su altura. Asentamiento de más de 20 cm.

Is (resistencia provista para el edificio)	
$Is = E0 * Sd * T$	
Parámetro	Valor
E0 piso 2	0.1226
E0 piso 1	0.0758
SD	0.69
T	0.90
Is piso 2	0.076
Is piso 1	0.047
Is	0.047



UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA

Tesis: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

Tesista: Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares

Ubicación: Distrito de Cerro Colorado - Arequipa

Edificación evaluada: Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores

Modulo evaluado: Bloque B

CALCULO DEL ÍNDICE DE JUICIO ESTRUCTURAL

Según la norma E-030

$$I_{SO} = E_{SO} * Z * G * U$$

ZONIFICACIÓN	
Zona	Z3
Z	0.35

ZONIFICACION	
Perfil tipo	S2
S	1.15
Tp (S)	0.6
Tl (S)	2.0

CATEGORIA DE EDIFICACIÓN	
Categoría	A esencial
U	1.5

COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS		
Sistema estructural	Porticos	
R0	8	
Irregularidad (No presenta irregularidades)	la	1
	lp	1
R	8	

FACTOR TOPOGRÁFICO "G"	
Con pendiente	1.1
sin pendiente	1

FACTOR "C"	
Ct	35
hn	7.2
T	0.21
C	2.5

Resistencia sísmica "Eso"	
Eso	0.109

 USMP UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES	UNIVERSIDAD DE SAN MARTIN DE PORRES
	Facultad de Ingeniería y Arquitectura
	Escuela Profesional de Ingeniería Civil
EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA POR EL MÉTODO HIROSAWA	
Tesis:	EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
Tesista:	Bach. Catherine Beldad Pajares Chambi - Bach. Frank Abel Yugar Linares
Ubicación:	Distrito de Cerro Colorado - Arequipa
Edificación evaluada:	Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores
Modulo evaluado:	Bloque B

CÁLCULO DEL "Is"	
$Iso = Eso * Z * G * U$	
Parámetro	Valor
Eso	0.109
Z	0.35
G	1.1
U	1.5
Iso	0.063

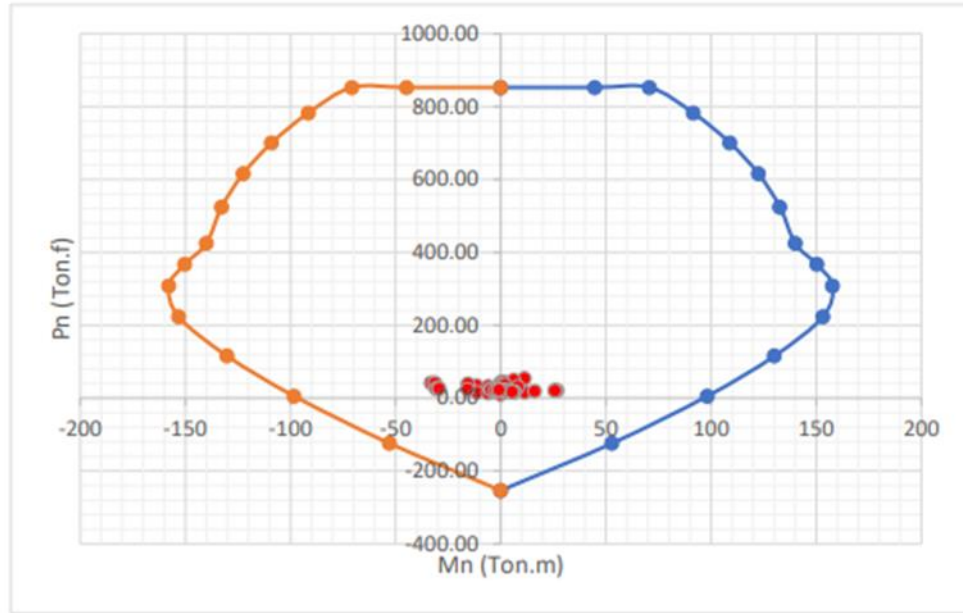
CONCLUSIÓN		
Is	<	Iso
0.047		0.063

TENDRÁ UN COMPORTAMIENTO INSEGURO FRENTE A UN EVENTO SISMICO "ES VULNERABLE"

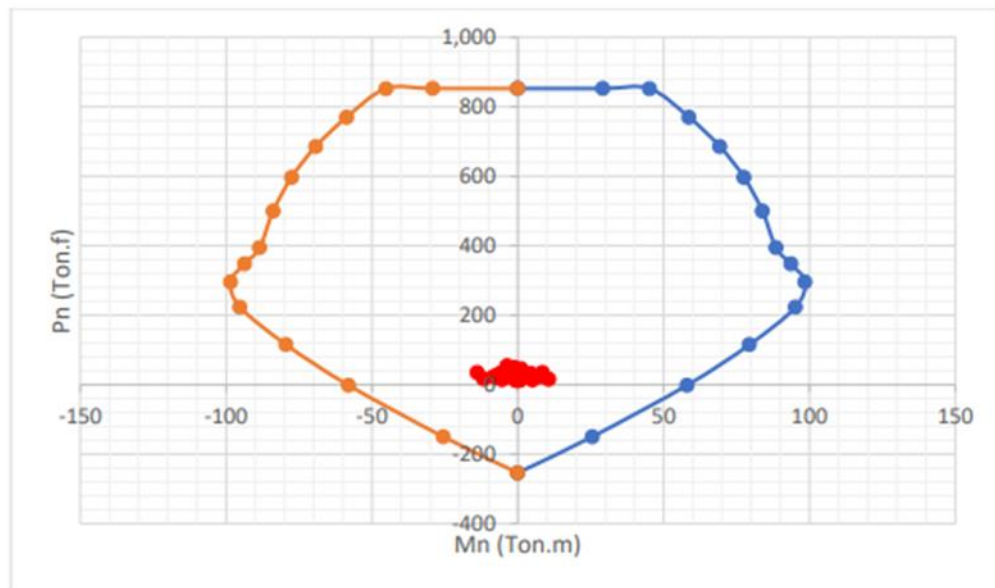


DIAGRAMA DE ITERACIÓN DE COLUMNAS BLOQUE 1

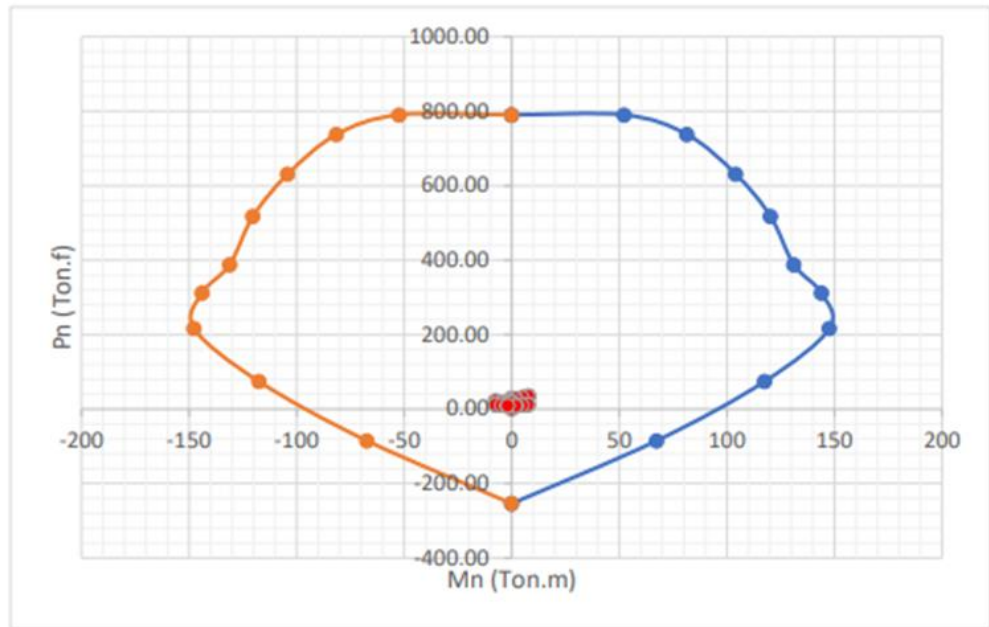
COLUMNA C1: EJE XX



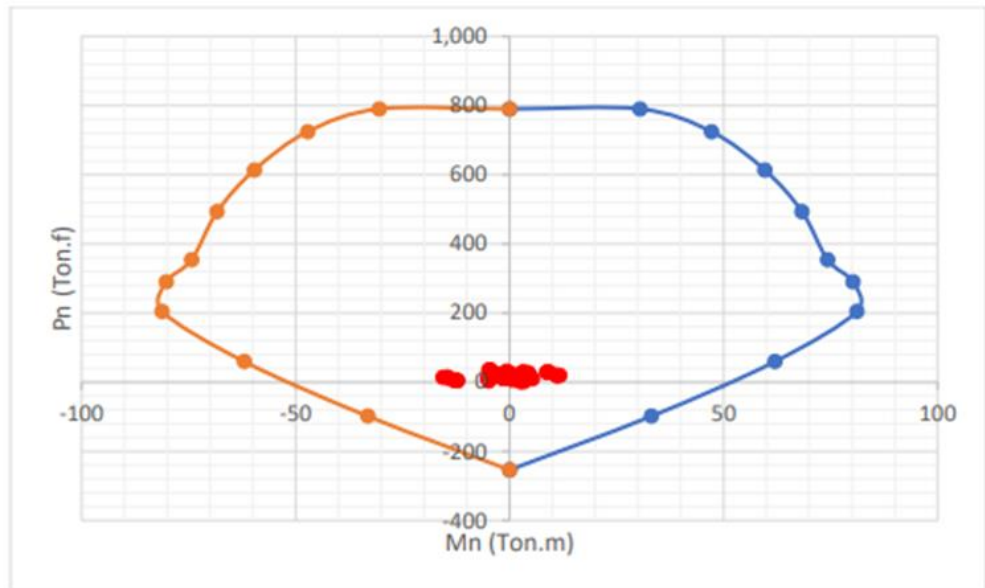
COLUMNA C1: EJE YY



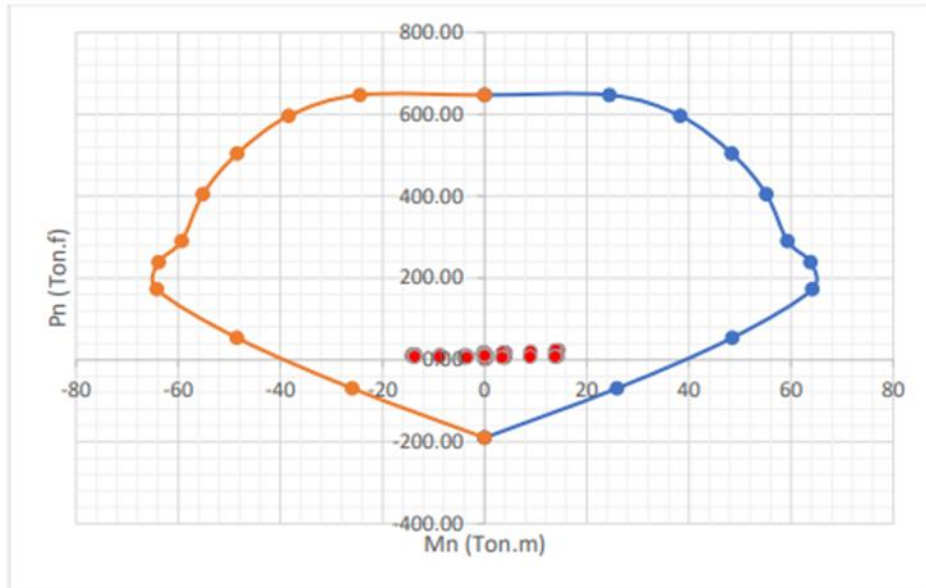
COLUMNA C2: EJE XX



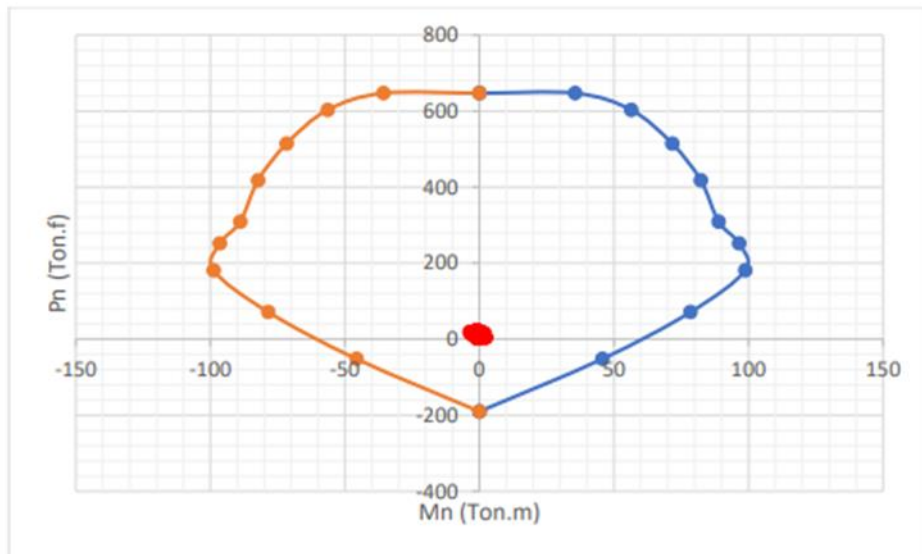
COLUMNA C2: EJE YY



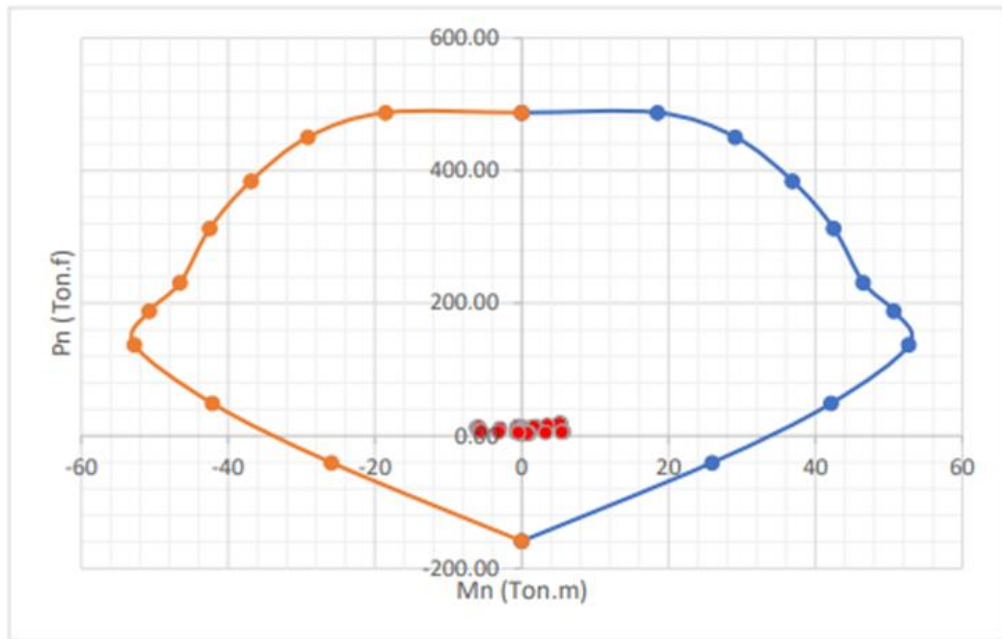
COLUMNA C3: EJE XX



COLUMNA C3: EJE YY



COLUMNA C4: EJE XX



COLUMNA C4: EJE YY

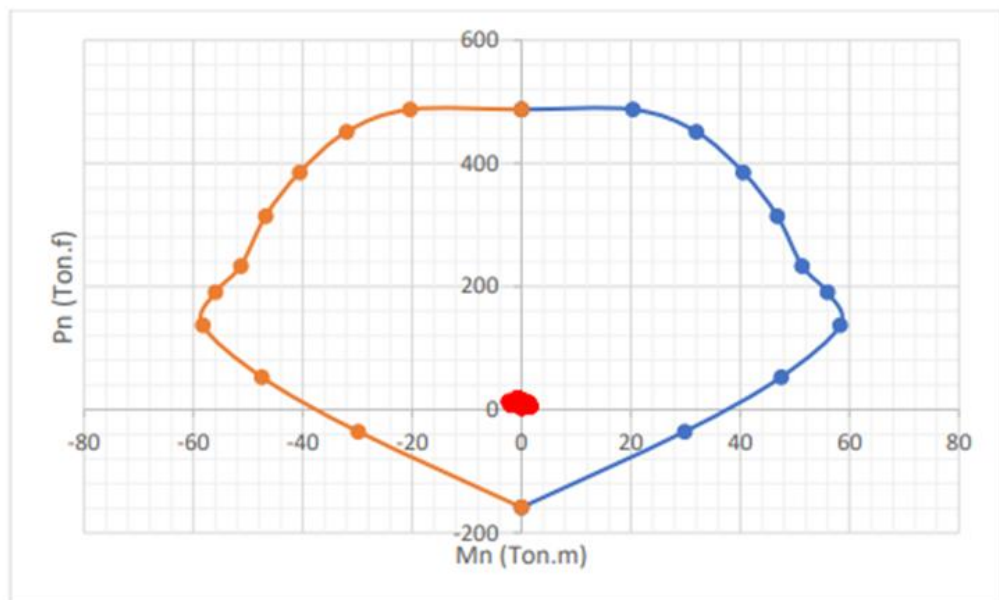
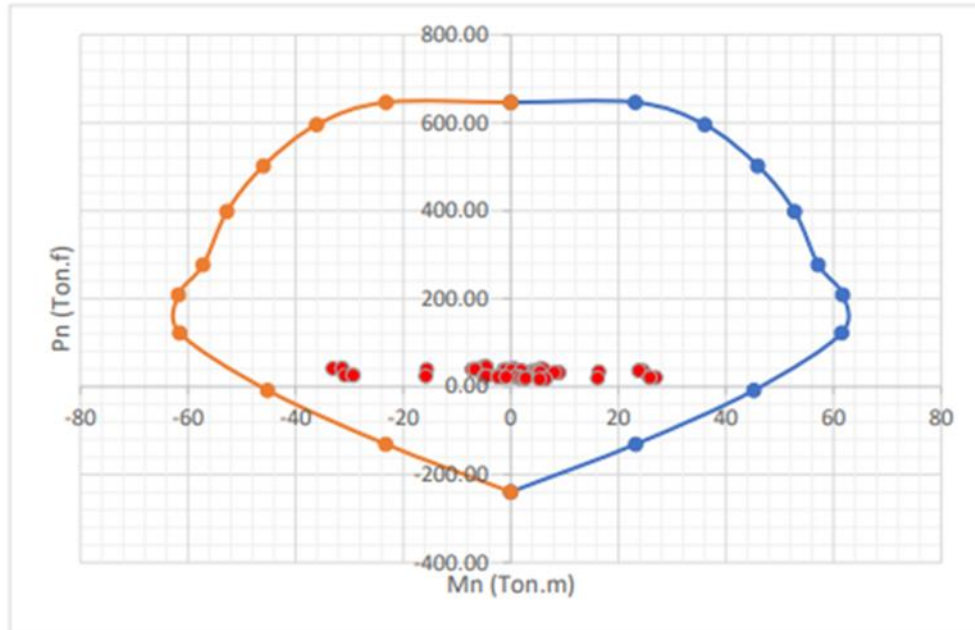
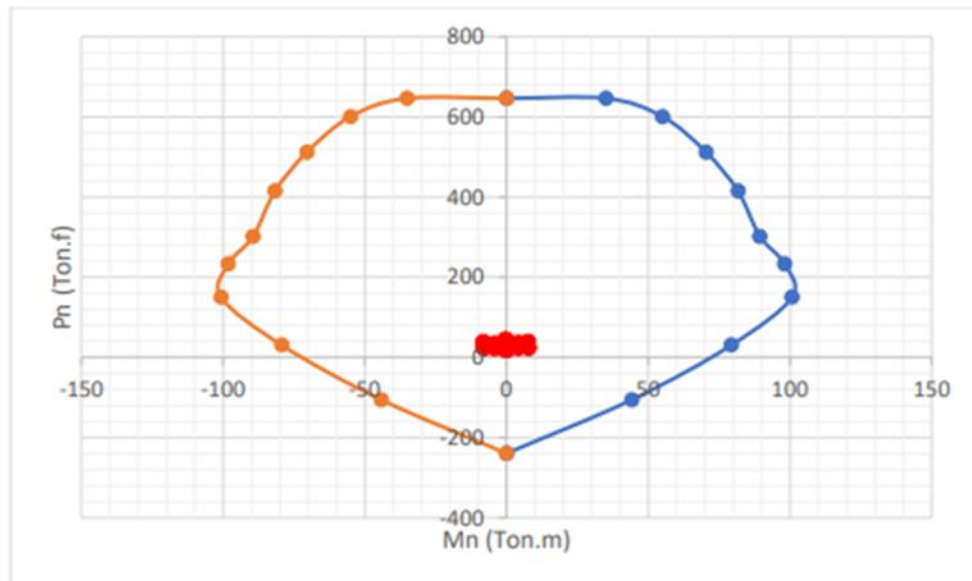


DIAGRAMA DE ITERACIÓN DE COLUMNAS BLOQUE 2

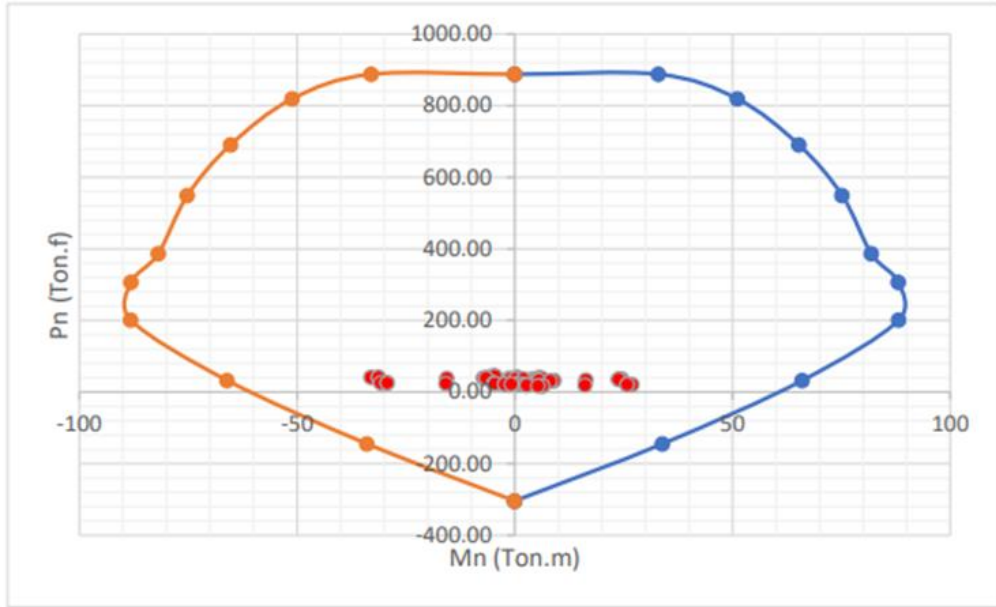
COLUMNA C1: EJE XX



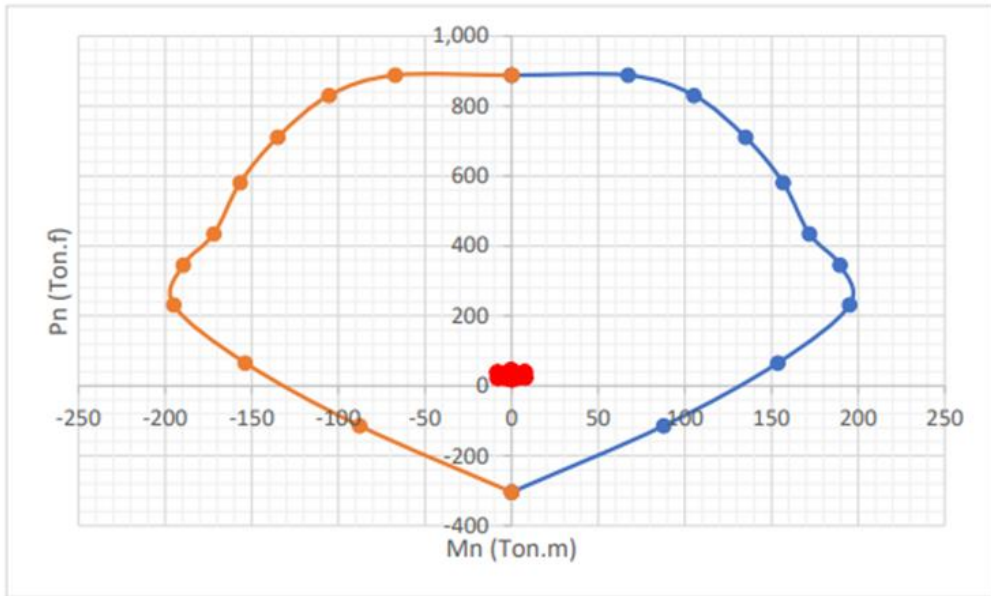
COLUMNA C1: EJE YY



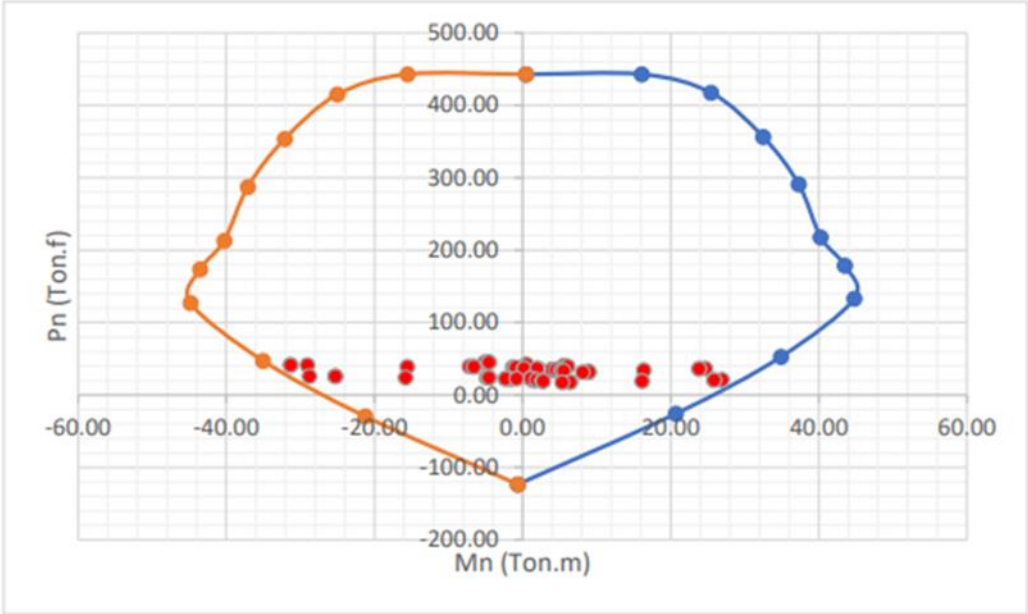
COLUMNA C2: EJE XX



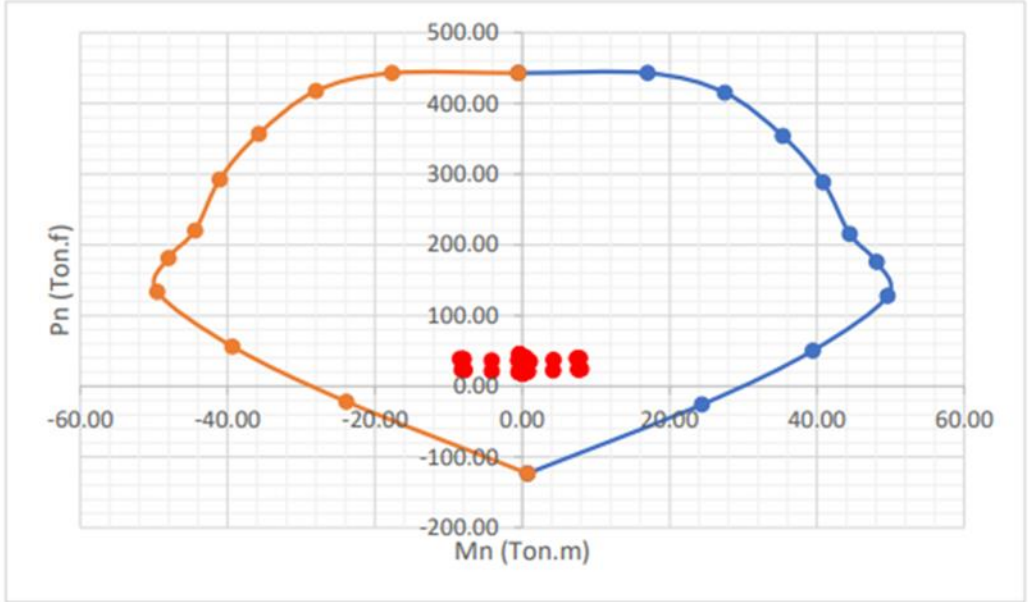
COLUMNA C2: EJE YY



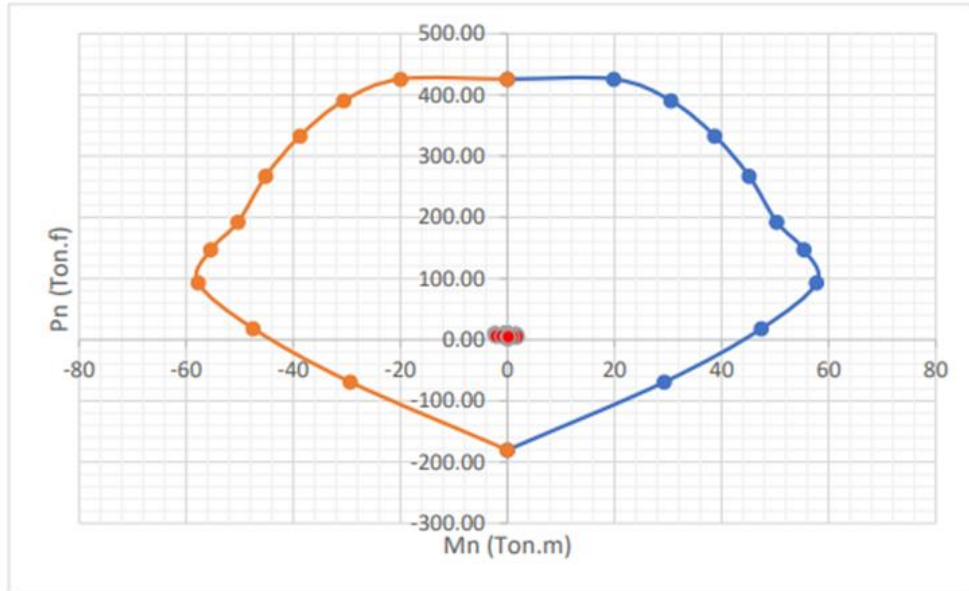
COLUMNA C3: EJE XX



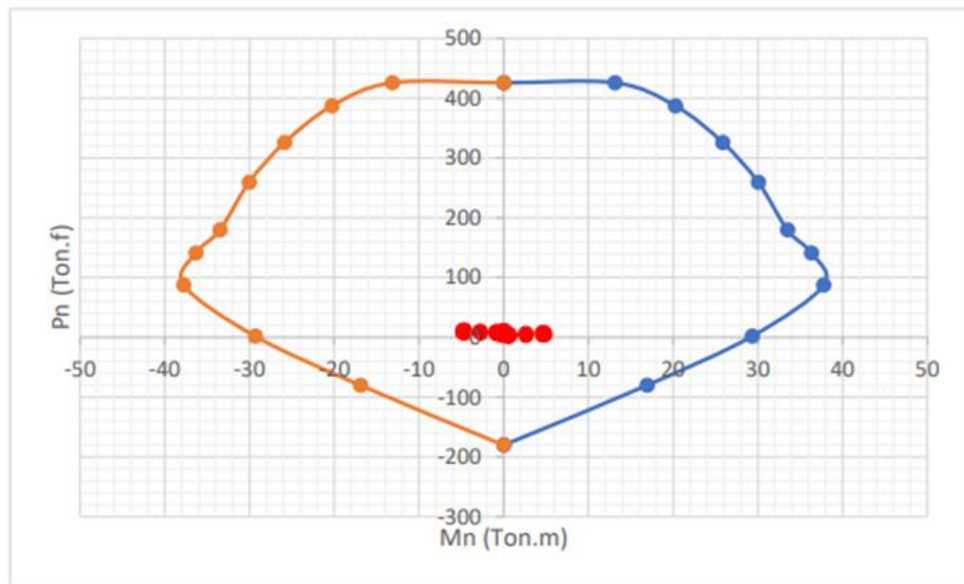
COLUMNA C3: EJE YY



COLUMNA C4: EJE XX



COLUMNA C4: EJE YY





LABORATORIO
ORPA
KARVOT GROUP SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

📍 UPIS Ramiro Priale, Zona B, Mz. N Lt. 4, Alto Selva Alegre

✉ comercial.lab.orpa@gmail.com

☎ 936047063 - 990858540

INFORME DE CONSULTORÍA

OP - IC - 055 - 2023

Página 1 de 25

INFORME TÉCNICO:

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

**EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL
REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN
EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES
DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**



SOLICITANTE: PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL

UBICACIÓN: CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO -
DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

F. EMISIÓN: OCTUBRE DEL 2023


Brainer Arce Priale
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



INDICE

1. RESUMEN DE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN	5
2. INFORMACIÓN PREVIA	6
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
2.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO	6
2.3. NORMATIVIDAD	6
2.4. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	6
2.5. ACCESIBILIDAD	7
2.6. RELIEVE Y TOPOGRAFÍA	7
2.7. CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD	8
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	8
4. EXPLORACIÓN DE CAMPO	8
5. ENSAYOS DE LABORATORIO	9
5.1. DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL NTP 339.150	10
5.2. CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.127	10
5.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS NTP 339.128	10
5.4. LÍMITES DE ATTERBERG NTP 339.129	11
5.5. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS NTP 339.134	11
5.6. ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTP 339.171	11
6. PERFIL DEL SUELO	12
7. NIVEL DE LA NAPA FREÁTICA	13
8. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN	13
8.1. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	13
8.2. CÁLCULO DE ASENTAMIENTO	16
8.3. CIMENTACIÓN SUPERFICIAL (CIMIENTO CORRIDO)	17
8.3.1. PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	17
8.3.2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	18
8.3.3. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS	18
8.4. CIMENTACIÓN SUPERFICIAL (ZAPATA AISLADA)	18
8.4.1. PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	18
8.4.2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	19
8.4.3. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS	19


Brainer A. Ramos
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



9. EFECTO DEL SISMO	20
10. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO	20
11. ANÁLISIS ADICIONALES	21
11.1. LICUACIÓN DE SUELOS	21
11.2. COLAPSABILIDAD DE SUELOS	22
11.3. EXPANSIÓN DE SUELOS	22
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24


Brimmer A. Priale
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717





MEMORIA DESCRIPTIVA DEL INFORME DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

1. RESUMEN DE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

Cuadro 1.1 Resumen de las Condiciones de Cimentación

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN	
Nombre del Proyecto:	Evaluación Sísmica y Propuesta de Diseño para el Reforzamiento Estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los Dolores Departamento de Arequipa
Ubicación:	Calle Miguel Grau 301, Urbanización La Libertad, Distrito de Cerro Colorado, Provincia y Departamento de Arequipa
Profesional Responsable:	Brinner Andreus Ordoñez Valero
Ing. Civil CIP:	199717
Tipo de Cimentación:	Zapatillas aisladas y cimientos corridos
Estrato de Apoyo de la Cimentación:	SP - SM (Arena pobremente graduada con limo y grava)
Profundidad de la Napa Freática:	No Presenta
Fecha de las Excavaciones:	03 de octubre del 2023
Parámetros de Diseño de la Cimentación:	I. Profundidad de Cimentación: 2.00 m II. Presión Admisible: 2.17 kg/cm ² III. Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico): 3.0 IV. Asentamiento Diferencial Máximo Tolerable: 0.8 cm A detalle en anexo de Memoria de Cálculo
Parámetros Sísmicos del Suelo	I. Zona Sísmica: 3 II. Tipo de Perfil del Suelo: S ₂ III. Factor del Suelo (S): 1.15 IV. Periodo TP (s): 0.60 V. Periodo TL (s): 2.00
Problemas Especiales de Cimentación	I. Licuación: Baja probabilidad de licuación II. Colapso: Potencial de colapsabilidad III. Expansión: Bajo potencial de expansión
Indicaciones Adicionales:	-

Brinner Andreus Ordoñez Valero
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



2. INFORMACIÓN PREVIA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente informe desarrolla el Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación del terreno en el cual se emplaza el proyecto **EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA** denominado de ahora en adelante El Proyecto.

El Proyecto comprende la evaluación de la construcción existente, la estructuración considera una fundación con **cimientos corridos y zapatas aisladas**.

2.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación es realizar una investigación geotécnica que involucra trabajos de campo y ensayos de laboratorio para determinar lo siguiente:

- Las características físicas y mecánicas de los suelos de fundación.
- Los parámetros geotécnicos para obtener la capacidad portante admisible.
- La profundidad de cimentación recomendada.
- El asentamiento elástico de la cimentación.
- Los parámetros de sismicidad del suelo

2.3. NORMATIVIDAD

Para la realización del presente estudio de suelos se tomará como referencia las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones:

- E.020 de Cargas
- E.030 de Diseño Sismorresistente
- E.050 de Suelos y Cimentaciones
- E.060 de Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones

2.4. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

El Proyecto se ubica en la Calle Miguel Grau 301, Urbanización La Libertad, Distrito de Cerro Colorado, Provincia y Departamento de Arequipa.

Brainer A. Muñoz Gracia
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



Ilustración 2.1 Ubicación de El Proyecto



2.5. ACCESIBILIDAD

Partiendo de la Plaza de Armas de la ciudad de Arequipa, se tienen varias alternativas a recorrer para ubicar el predio en estudio, sin embargo, para nuestros fines resaltaremos la siguiente:

- Tomamos la calle Puente Bolognesi, ubicada en la esquina Oeste de la Plaza de Armas, hasta cruzar el Puente del mismo nombre, seguimos por la Calle Beaterio hasta el cruce con la Calle La Recoleta, continuamos hasta la intersección con la Av. Ejército, avanzamos en dirección Noroeste, en el transcurso cambia de nombre a Prol. Av. Ejército y recorrería hasta la intersección con la calle Challapampa y posteriormente ingresar por la avenida Villa Hermosa con dirección Norte hasta llegar a la intersección con la calle Miguel Grau e ingresar a la misma y recorrería por dos cuadras para llegar al lugar en donde se ubica el terreno en estudio, todo el trayecto se encuentra asfaltado y el recorrido aproximado es de 20 minutos en buenas condiciones de tráfico.

2.6. RELIEVE Y TOPOGRAFÍA

Si bien el relieve de la ciudad de Arequipa es variado, el correspondiente a la zona que contiene el área de estudio es suave con ausencia de elevaciones y de poca o moderada inclinación, el


Bruno A. Torres
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



terreno se encuentra en las cotas intermedias del distrito, 2431 m.s.n.m., presenta una topografía llana con las zonas aledañas en la que las vías tienen pendientes suaves o moderadas.

2.7. CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD

El clima presente en la zona es templado, semi-árido, de terrenos con poca vegetación y pocas precipitaciones anuales o con lluvias eventuales que pueden ser fuertes, marcadas variaciones térmicas presentando clima caluroso durante el verano (diciembre a marzo) que pueden llegar a temperaturas de 25°C y con temperaturas bajas de hasta 8°C durante los meses de invierno acompañadas de densas nieblas y lluvias. La altitud de la zona varía de 2000 m.s.n.m. a 3000 m.s.n.m.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para los fines propuestos, se han realizado una serie de actividades mencionadas a continuación:

- El primero con reconocimiento del lugar, concepción de las estructuras y de acuerdo a sus necesidades reconocer las consideraciones a tener en cuenta para las labores de campo y laboratorio.
- El segundo con la exploración de campo mediante excavación de calcatas, muestreo y registro de información.
- El tercero con ensayos de laboratorio de muestras alteradas, caracterización geotécnica y determinación de parámetros de diseño para las estructuras de cimentación; capacidad portante admisible, asentamientos, entre otros.
- El cuarto con la elaboración del informe del estudio recopilando toda la información de las actividades anteriores.

4. EXPLORACIÓN DE CAMPO

Las labores de campo se realizaron el 03 de octubre del 2023 y consistió en la excavación de una (01) calcata, labores de muestreo de suelos y traslado de muestras al laboratorio por parte del servicio de consultoría ORPA.

En campo se excavó una calcata rectangular de 1.70 m. de largo, 0.70 m. de ancho y profundidad de 3.00 m., se procedió a hacer el muestreo y la identificación del material por medio de una descripción visual manual (NTP 339.150), los demás ensayos se analizaron en el laboratorio ORPA.

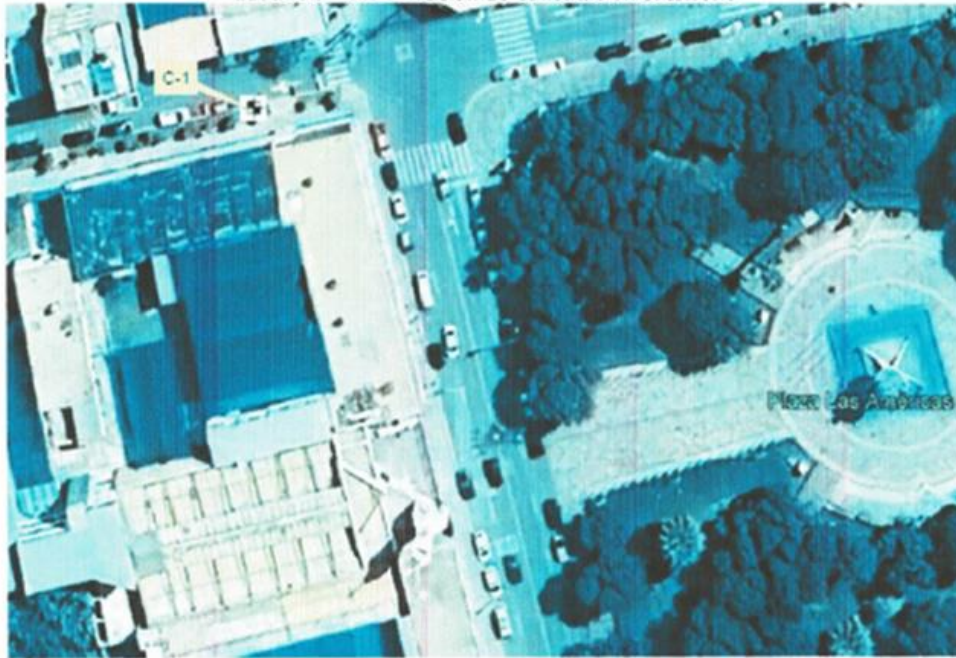
Brian A. Torres
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



Cuadro 4.1 Coordenadas y profundidad de calicatas

CALICATA	PROF.	COTA DE TERRENO NATURAL	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
C-1	3.00	2431	226419	8197711

Ilustración 4.1 Ubicación de Calicatas en el terreno



5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el objeto de identificar y clasificar el material de fundación conforme a sus propiedades físico - mecánicas, se han efectuado los siguientes ensayos de Laboratorio:

Cuadro 5.1 Ensayos realizados a las muestras extraídas

ENSAYO	NORMA
Descripción visual-Manual	NTP 339.150 (ASTM D2488)
Contenido de Humedad	NTP 339.127 (ASTM D2216)
Análisis Granulométrico de suelos	NTP 339.128 (ASTM D422)
Límites de Atterberg	NTP 339.129 (ASTM D4318)
Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D2487)
Corte Directo	NTP 339.171 (ASTM D3080)

Bruno A. M. Ochoa
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



5.1. DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL NTP 339.150

La normativa peruana nos indica el procedimiento para la descripción de los suelos para propósitos de ingeniería, como su semejante norteamericana ASTM D2488, basada en un examen visual-manual. Esta normativa se utiliza sólo para suelos naturales (disturbados o no disturbados), los resultados obtenidos en su mayoría serán cualitativos con aproximaciones cuantitativas según apreciación del analista que lo realice.

Nos brinda información acerca de la conformación del suelo (grava-arena-finos), forma y angularidad, color, olor, condición de humedad, consistencia, tamaño máximo de partículas, presencia de materiales extraños, etc. La forma de la descripción realizada será variable en función del tipo de suelo encontrado.

5.2. CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.127

El contenido de humedad de un suelo es la relación expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

El principio del método se basa en la eliminación del peso de agua secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno a temperatura controlada de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, el peso del suelo seco es usado como el peso de las partículas sólidas, por lo cual, la pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

El presente método no resulta confiable cuando en el suelo existe presencia de yeso u otros minerales que contengan gran cantidad de agua o cuando el contenido de materia orgánica es significativo, para ellos es confiable realizar el secado a temperatura de 60°C o en un desecador a temperatura ambiente por el tiempo que se requiera.

5.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS NTP 339.128

El ensayo nos permite definir la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como porcentaje del peso total de la muestra seca ensayada.

El principio del método consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos, utilizando el método de tamizado para las partículas mayores a $75\ \mu\text{m}$ (retenido en el tamiz N° 200) y el método de sedimentación para las partículas menores a $75\ \mu\text{m}$ (pasante del tamiz N° 200).

Para la finalidad del presente estudio, se realizó el método por tamizado efectuando movimiento laterales y verticales de la serie de tamices manteniendo la muestra en continuo movimiento, en ningún caso se ayuda a las partículas el atravesar los tamices con la mano.


Brianne A. Torres
INGENIERO CIVIL
CIP. 198717



5.4. LÍMITES DE ATTERBERG NTP 339.129

Los ensayos comprendidos no permiten hallar contenidos de humedad expresados en porcentaje para: cuando el suelo se halla en el límite entre los estados líquidos (límite líquido) y plástico y cuando el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido (límite plástico).

Para el límite líquido se designa el contenido de humedad para el cual el surco separador de dos mitades de una parte de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Para el límite plástico se designa el contenido de humedad más bajo para el cual el suelo puede ser rolado en hilos de 3.2 mm sin que se rompan en pedazos.

El índice de plasticidad es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente, numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

5.5. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS NTP 339.134

Este método de ensayo nos permite realizar la clasificación de suelos minerales y orgánicos minerales con propósitos de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice plástico, el sistema está limitado sólo a suelos naturales y su aplicación es cualitativa.

La porción del símbolo de grupo de este sistema está basada en ensayos de laboratorio realizados en la porción de una muestra de suelos que pasa la malla de 3" (75 mm).

5.6. ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTP 339.171

Este método de ensayo nos permite determinar la resistencia al corte consolidado drenado de un suelo.

El principio del método consiste en la deformación controlada de una muestra, con una velocidad de corte lo suficientemente baja para asegurar una condición drenada, en un plano de corte simple, por lo general, son 3 o más los especímenes ensayados, cada uno bajo una carga normal diferente para determinar los efectos sobre la resistencia al corte y desplazamiento, y las propiedades de resistencia cortante tal como la envolvente de resistencia de Mohr.

Los resultados del ensayo pueden ser afectados por la presencia de partículas de suelo o roca.

De esta forma, en aplicación de los conceptos anteriores y en respeto a la normativa propia de cada ensayo, se han obtenido los siguientes resultados:


Brianne Andrea Cruz Pacheco
INGENIERO CIVIL
CIP. 198717



Cuadro 5.2 Resultados de ensayos estándar

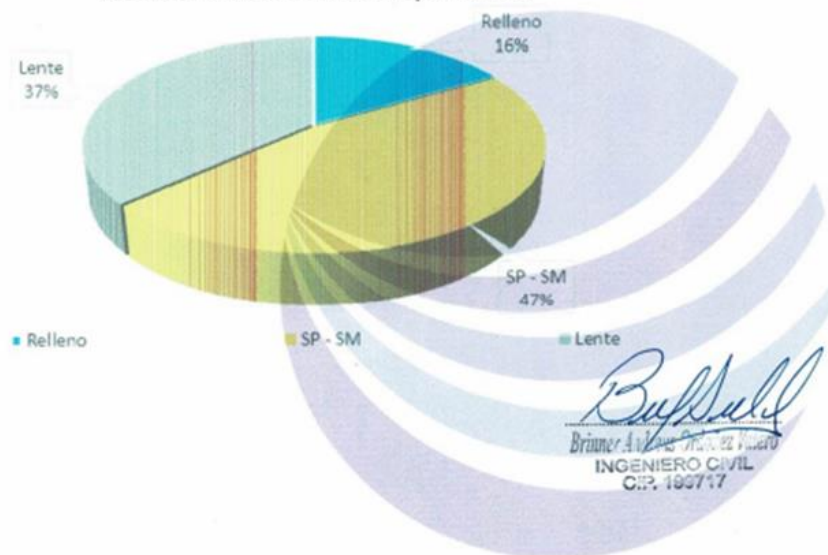
CALICATA	MUESTRA	PROF. (M)	C.H. (%)	GRANULOMETRÍA (%)			LÍMITES (%)			SUCS
				GRAVA	ARENA	FINO	LL	LP	IP	
C-1	Relleno	0.00 - 0.50		Material de relleno color café, contaminado.						
	Lente	0.50 - 0.70		Lente café, gravoso con bolonería, con raíces.						
	Lente	0.70 - 0.90		Lente fino café grisáceo, con raíces.						
	Lente	0.90 - 1.30		Lente café mostaza, gravoso con raíces.						
	Lente	1.30 - 1.60		Lente fino café mostaza, con raíces.						
	E-1	1.60 - 3.00	2.6	33.2	57.4	9.4	-	NP	NP	SP - SM

6. PERFIL DEL SUELO

De los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, observamos que los suelos encontrados en el estudio son arenas pobremente graduadas con limo y gravas, la forma predominante de las gravas es subangulosa y subredondeada, no presentan plasticidad, los estratos de las excavaciones presentan una estructura homogénea, así también, los contenidos de humedad están en el rango bajo y la compactación es media, asimismo, el grado de cementación se ha de considerar débil, las calicatas no presentaron olores extraños y los estratos presentaban coloración café.

A continuación, se presenta una ilustración con los porcentajes de composición de los suelos en función de su clasificación SUCS.

Ilustración 6.1 Distribución de Tipo de Suelo





7. NIVEL DE LA NAPA FREÁTICA

No se observó la presencia de nivel freático en la única (01) calicata efectuada, la excavación se realizó el 03 de octubre del año 2023.

8. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

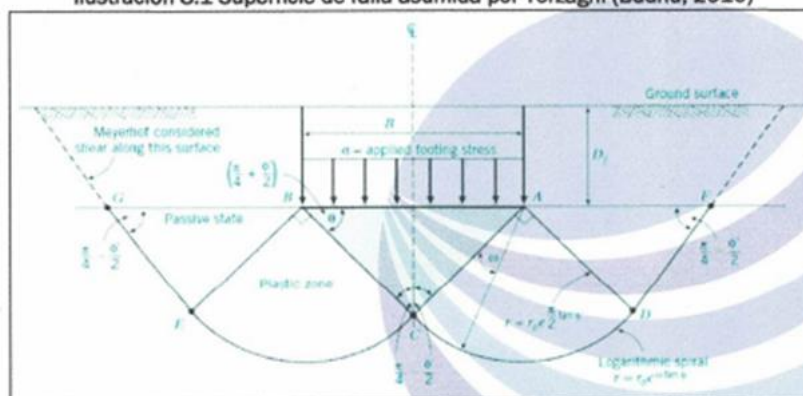
8.1. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Una de las primeras metodologías de cálculo de cimentaciones superficiales corridas fue propuesta por Terzaghi (1943). Su propuesta surgió a partir de ciertas modificaciones realizadas a la propuesta original de Prandtl (1920), basadas en la teoría de Plasticidad.

La capacidad de carga de un suelo homogéneo al cual se le aplica una carga vertical a través de una zapata en la superficie, puede ser estimada de modo relativamente fácil por la teoría convencional de Terzaghi (1943), la cual asume las siguientes condiciones:

- El suelo es homogéneo, isotrópico, rígido plástico y continuo.
- La relación entre la profundidad de cimentación (D_f) y el ancho de la cimentación (B) es pequeña.
- Durante el proceso de carga se produce en la cimentación una Falla General por Corte.
- El ángulo θ en la cuña es el ángulo de fricción del suelo (ϕ). Luego, Vesic (1943) demostró que dicho ángulo es $\theta = 45 + \phi/2$.
- La resistencia al corte del suelo ubicado por encima del nivel de fondo de cimentación no es considerada. Posteriormente, Meyerhof (1951) consideró la resistencia de esta zona.
- El suelo por encima del nivel de fondo de cimentación puede ser reemplazado por el esfuerzo ($\gamma * D_f$).

Ilustración 8.1 Superficie de falla asumida por Terzaghi (Budhu, 2010)



Budhu
Briener Andrés Quiroz Vitero
INGENIERO CIVIL
CIP. 196717



En base a las consideraciones anteriores, Terzaghi (1943) propuso la siguiente expresión para el cálculo de la capacidad de carga última de cimentaciones superficiales:

$$q_u = cN_c + \gamma_1 D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma$$

Donde:

- c : Cohesión del suelo de fundación
- D_f : Profundidad de desplante de la cimentación
- γ_1 : Peso específico del suelo por encima del nivel de cimentación
- γ_2 : Peso específico del suelo por debajo del nivel de cimentación
- B : Ancho de la cimentación
- N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de Carga

Para determinar la capacidad de carga última en cimentaciones cuadradas, la ecuación anterior es modificada a:

$$q_u = 1.3cN_c + \gamma_1 D_f N_q + 0.4\gamma_2 B N_\gamma$$

Los factores de capacidad de Carga para la ecuación de Terzaghi tienen sus propias expresiones. Esta metodología fue revisada por Meyerhof (1963), quién propuso una ecuación general para el cálculo de la capacidad de carga última.

Finalmente, la capacidad de carga última en suelos será determinada en base a la Ecuación General de Capacidad de Carga propuesto por Meyerhof (1963), cuya expresión es la siguiente:

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + (D_f \gamma_1) N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

- c : Cohesión del suelo de fundación
- D_f : Profundidad de desplante de la cimentación
- γ_1 : Peso específico del suelo por encima del nivel de cimentación
- γ_2 : Peso específico del suelo por debajo del nivel de cimentación
- B : Ancho de la cimentación
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: Factores de Forma
- $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: Factores de Profundidad
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$: Factores por Inclinación de la carga


Brimmer Aznar Ordóñez Nuñez
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



N_q, N_c, N_γ : Factores de capacidad de Carga

El cálculo de los coeficientes que forman parte de la ecuación señalada se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 8.1 Factores de Capacidad de Carga, Forma, Profundidad e Inclinación

FACTORES	ECUACIÓN	REFERENCIA
Capacidad de carga	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$	Reissner (1924)
	$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$	Prandtl (1921)
	$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$	Caquot y Kerisel (1953) y Vesic (1973)
Forma	$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \left(\frac{N_q}{N_c} \right)$ $F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$ $F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$	Beer (1970), Hansen (1970)
Profundidad	<p><i>Condición (a): $D_f/B \leq 1$</i></p> <p>Para $\phi = 0$:</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B} \quad F_{qd} = 1 \quad F_{\gamma d} = 1.0$ <p>Para $\phi > 0$:</p> $F_{\gamma d} = 1.0 \quad F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi} \right)$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{seno } \phi)^2 \frac{D_f}{B}$	Meyerhof (1963)
	<p><i>Condición (b): $D_f/B > 1$</i></p> <p>Para $\phi = 0$:</p> $F_{cd} = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right) \quad F_{qd} = 1 \quad F_{\gamma d} = 1.0$ <p>Para $\phi > 0$:</p> $F_{\gamma d} = 1.0 \quad F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \text{seno } \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$	

Bull Bull
Bryan Andrés Rodríguez Viqueo
INGENIERO CIVIL
CIP. 193717



FACTORES	ECUACIÓN	REFERENCIA
Inclinación	$F_{cr} = F_{qr} = \left(1 - \frac{\beta^2}{90^2}\right)^2 \quad F_{pr} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2$ <p>Donde:</p> <p>β = inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical.</p>	Beer (1970), Hansen (1970)

La capacidad admisible de carga del suelo de cimentación será determinada según:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{F.S.}$$

Donde F.S. : Factor de seguridad igual a 3.0

Los parámetros de resistencia cortante del estrato en donde se cimentarán las estructuras, se tomarán de los resultados del ensayo de corte directo al estrato de apoyo de la cimentación. Estrato I, se ha considerado ángulo de fricción de $\phi = 36.9$, ángulo de fricción residual de $\phi_r = 31.7$, cohesión de $C = 0.0$ kPa para el análisis de cimentación sobre el estrato I, Arena pobremente graduada con limo y grava.

La Norma E.050 Suelos y Cimentaciones recomienda utilizar valores de cohesión igual a cero en suelos granulares y valores de ángulo de fricción interna igual a cero en suelos cohesivos.

8.2. CÁLCULO DE ASENTAMIENTO

En todo análisis de diseño de cimentaciones se distinguen dos clases de asentamientos: asentamientos totales y asentamientos diferenciales, de los cuales son los asentamientos diferenciales los que tienen una mayor probabilidad para comprometer la seguridad de la estructura. Para el tipo de estructuras a construir, el valor recomendado de distorsión angular deberá ser como máximo 1/500, con el cual se garantiza que los asentamientos registrados no generarán daños a la estructura.

Usualmente, para el tipo de estructuras a construirse, el asentamiento total tolerable aceptado deberá estar por debajo de una pulgada (2.54 cm) para cimientos corridos y zapatas aisladas. Dichos resultados se sustentan en base a los ensayos realizados en laboratorio y la estimación de sus propiedades elásticas.


Brinson Andrés Graciano Viqueo
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



Cuadro 8.2 Valores de Distorsión Angular de acuerdo a la estructura proyectada

DISTORSIÓN ANGULAR - α	
$\alpha = d/L$	Descripción
1/150	Límite en el que se espera daño estructural en edificios convencionales
1/250	Límites en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos es visible
1/300	Límite en que se espera dificultades con puentes grúas
1/300	Límite en que se esperan las primeras grietas en paredes
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas
1/500	Límites para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1.20 m
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos

Cuadro 8.3 Asentamiento máximo tolerable según European Committee for Standardization (1994)

DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	MAGNITUD	COMENTARIOS
Valores límite para calidad de servicio	ST	25 mm	Cimentación superficial aislada
		50 mm	Losa de cimentación
(European Committee for Standardization, 1994a)	ΔST	5 mm	Marcos con revestimiento rígido
		10 mm	Marcos con revestimiento flexible
		20 mm	Marcos abiertos
Máximo aceptable	β	1/500	Cimentación superficial aislada
Movimiento de la cimentación	ST	50	Cimentación superficial aislada
	ΔST	20	

Considerando el perfil estratigráfico establecido en el presente informe y los requerimientos de carga de las estructuras que conforman el proyecto, se recomienda cimentar sobre el estrato de arena pobremente graduada con limo y grava, después de retirar el material de relleno a través de los cimientos corridos y zapatas aisladas.

8.3. CIMENTACIÓN SUPERFICIAL (CIMENTO CORRIDO)

8.3.1. PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

Se ha evaluado la capacidad admisible del suelo de cimentación para diversas profundidades con el fin de proporcionar una gama de valores que permitan conocer la variación de la


Brainer A. Salazar Ordoñez Viqueo
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



capacidad portante en la zona de cimentación de la estructura proyectada y permitir así una toma de decisiones consistente con las condiciones de operación del proyecto. Por ello, los análisis realizados para las zapatas aisladas contemplan profundidades de cimentación iguales a: $D_r = 2.00$ m; estas profundidades de cimentación son consideradas con respecto al nivel de piso terminado.

8.3.2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Se presenta en el cuadro los resultados obtenidos del análisis de la capacidad de carga admisible, empleando un factor de seguridad de $FS=3.0$ y considerando el concepto de falla general.

Cuadro 8.4 Capacidad de carga admisible para cimientos corridos

Tipo de Cimentación	Nivel de referencia para N.F.C.	Desplante D_r (m)	Ancho de Cimentación B (m)	q adm. (kg/cm ²)
Cimiento Corrido	Desde el nivel de piso terminado	1.80	0.60	1.70
		2.00	0.60	1.87
		2.20	0.60	2.04

8.3.3. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma Técnica E.050, se ha decidido restringir el asentamiento a $1''$ o 2.54 cm. El cuadro indica la capacidad de carga admisible del terreno natural, habiendo restringido el asentamiento en condiciones elásticas

Cuadro 8.5 Asentamiento Elástico Total para cimientos corridos

Tipo de Cimentación	Desplante D_r (m)	Ancho de Cimentación B (m)	q adm. (kg/cm ²)	ST (cm)
Cimiento Corrido	1.80	0.60	1.70	0.39
	2.00	0.60	1.87	0.38
	2.20	0.60	2.04	0.37

8.4. CIMENTACIÓN SUPERFICIAL (ZAPATA AISLADA)

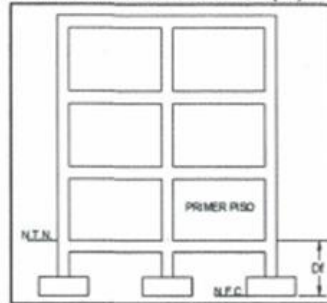
8.4.1. PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

Los análisis realizados para las zapatas aisladas contemplan profundidades de cimentación iguales a: $D_r = 2.00$ m; estas profundidades de cimentación son consideradas con respecto al nivel de piso terminado, tal como lo esquematiza la ilustración


Brimmer Andrés Ordóñez Viqueo
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



Ilustración 8.2 Profundidad de cimentación (D_r) en zapatas aisladas



8.4.2. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

Se presenta en el cuadro los resultados obtenidos del análisis de la capacidad de carga admisible, empleando un factor de seguridad de $FS=3.0$ y considerando el concepto de falla general.

Cuadro 8.6 Capacidad de carga admisible para zapatas aisladas

Tipo de Cimentación	Nivel de referencia para N.F.C.	Desplante D_r (m)	Ancho de Cimentación B (m)	q adm. (kg/cm^2)
Zapata Cuadrada (B=L)	Desde el nivel de piso terminado	1.80	1.80	2.00
		2.00	1.80	2.17
		2.20	1.80	2.33

8.4.3. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma Técnica E.050, se ha decidido restringir el asentamiento a $1"$ o 2.54 cm para zapatas. El cuadro indica la capacidad de carga admisible del terreno natural, habiendo restringido el asentamiento en condiciones elásticas

Cuadro 8.7 Asentamiento elástico total para zapatas aisladas

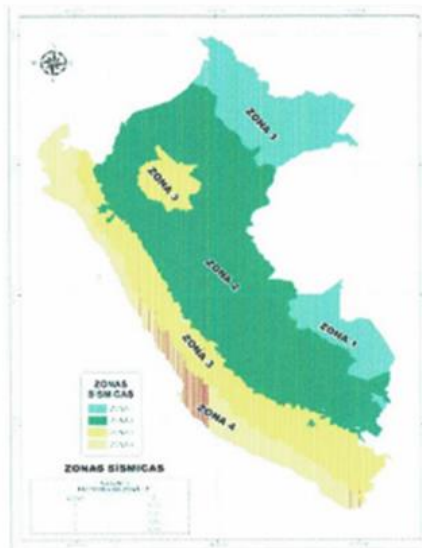
Tipo de Cimentación	Nivel de referencia para N.F.C.	Desplante D_r (m)	Ancho de Cimentación B (m)	q adm. (kg/cm^2)	ST (cm)
Zapata Aislada Cuadrada	Desde el nivel de piso terminado	1.80	1.80	2.00	0.69
		2.00	1.80	2.17	0.67
		2.20	1.80	2.33	0.65

Brunner A. Ordóñez Valero
Brunner A. Ordóñez Valero
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



9. EFECTO DEL SISMO

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura. La zonificación propuesta en la norma E. 030 del Reglamento Nacional de Edificaciones se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica.



Cuadro 9.1 Parámetros de diseño Sismorresistente según la norma E-030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones

Factor de Zona (Z)	0.35 (Zona 3)
Tipo de Suelo	S ₂
Factor de Amplificación del Suelo (S)	1.15
Periodo T _P (s)	0.6
Periodo T _L (s)	2.0
Factor de Uso	1.0

10. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

Con el objeto de identificar los parámetros para el diseño o construcción de obras de sostenimiento se estiman valores de las constantes de reposo, empuje activo y empuje pasivo, obtenidos en base a los valores del ángulo de fricción interna y cohesión proporcionados por el ensayo de corte directo. En este caso, se abordarán los datos de la calicata 1 efectuada, tomando su ángulo de fricción residual.

Para El Proyecto, se consideraron valores nulos de cohesión en el ensayo de corte directo realizado, además, se considera para los cálculos un ángulo de inclinación $\beta=0^\circ$.

En el cálculo de las constantes se han empleado las siguientes fórmulas:

$$K_a = 1 - \text{sen } \phi$$

Brinno
Brinno, Andreas Ordóñez Valero
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - (\cos^2 \beta - \cos^2 \phi)^{1/2}}{\cos \beta + (\cos^2 \beta - \cos^2 \phi)^{1/2}}$$

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + (\cos^2 \beta - \cos^2 \phi)^{1/2}}{\cos \beta - (\cos^2 \beta - \cos^2 \phi)^{1/2}}$$

Cuadro 10.1 Parámetros para diseño de obras de sostenimiento

CALICATA	ÁNGULO DE FRICCIÓN (*)	ÁNGULO DE FRICCIÓN RESIDUAL (*)	COEFICIENTE EN REPOSO ESTÁTICO K_0	COEFICIENTE ACTIVO ESTÁTICO K_a	COEFICIENTE PASIVO ESTÁTICO K_p
C-1	36.9	31.7	0.47	0.31	3.21

11. ANÁLISIS ADICIONALES

11.1. LICUACIÓN DE SUELOS

La licuación de suelos es un fenómeno que afecta a algunos suelos susceptibles originalmente sólidos, transformándolos en líquidos viscosos, estos suelos sensibles son generalmente arenas de baja compacidad o arcillas débiles en presencia de agua, en condiciones sumergidas o de saturación.

Los factores que incrementan el riesgo de licuación de suelos son una baja densidad relativa, la uniformidad de las partículas de suelo, una baja cohesión, la intensidad del sismo y el número de ciclos de carga, es así que, se pueden considerar como características de un suelo licuable:

- Arena limosa no plástica 100% saturada
- Coeficiente de uniformidad menor a 15
- Resistencia SPT menor a 15

Así también, la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones precisa que para considerar un suelo granular como susceptible de licuar durante un sismo, debe presentar simultáneamente las características siguientes:

- Estar constituido por arena, arena limosa, arena arcillosa, limo arenoso no plástico o grava empacada en una matriz constituida por alguno de los materiales anteriores.
- Encontrarse sumergido.

Por tanto, para el presente estudio se considera que los suelos estudiados tienen una baja probabilidad de licuación, debido a que los niveles de humedad no son cercanos al punto de saturación.


Brimmer Aguirre Cruzado
INGENIERO CIVIL
CIP. 189717



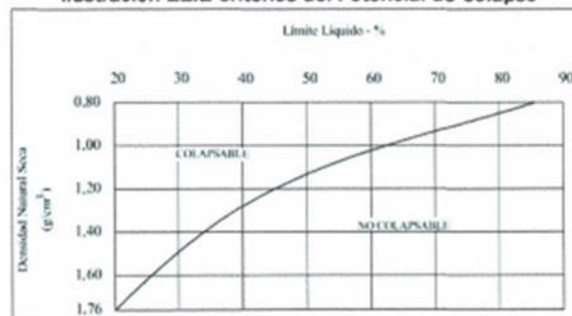
11.2. COLAPSABILIDAD DE SUELOS

Son aquellos suelos que cambian violentamente de volumen por la acción combinada o individual de las siguientes acciones:

- Al ser sometidos a un incremento de carga
- Al humedecerse o saturarse

Así también, la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones nos proporciona la siguiente figura:

Ilustración 11.1 Criterios del Potencial de Colapso



Por tanto, dados los valores de densidad de campo que presentan los suelos se puede inferir que el suelo encontrado presenta bajo potencial de colapsabilidad.

11.3. EXPANSIÓN DE SUELOS

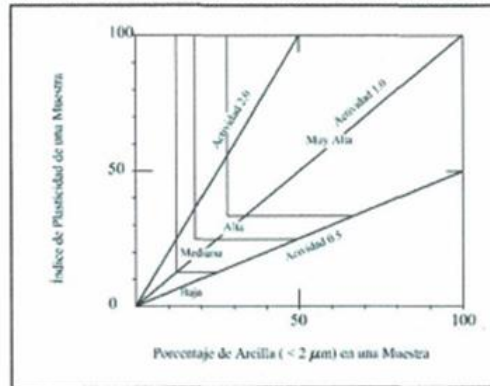
Son suelos cohesivos con bajo grado de saturación que aumentan de volumen al humedecerse o saturarse, una característica para identificarlos es que presenten una alta plasticidad con límite líquido igual o mayor a 50.

Así también, la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones nos proporciona la siguiente figura:





Ilustración 11.2 Clasificación de Cambio de Potencial de Volumen



Por tanto, para el presente estudio se considera que los suelos estudiados presentan bajo potencial de expansión al tratarse de suelos no plásticos.

Brinner Andrés Cordero Viqueo
Brinner Andrés Cordero Viqueo
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717





12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Los suelos encontrados durante la excavación de las calcatas son arenas pobremente graduadas con limo y grava, con grava de forma subangulosa y subredondeada, no presentan plasticidad, con compacidad media, presentan contenido de humedad bajo. Los estratos presentan estructuras homogéneas con coloraciones café.

B. Las cargas aplicadas para definir el dimensionamiento de la cimentación se realiza con cargas sin amplificar puesto que la capacidad de carga admisible se ha determinado con un factor de seguridad de 3.0

Tipo de cimentación : *Zapatas aisladas y cimientos corridos.*

Estrato de apoyo de la cimentación : *Estrato I (Arena pobremente graduada con limo y grava)*

Parámetros de diseño

a.- Profundidad de desplante, a partir del nivel de piso terminado

Cimiento corrido : $D_r = 2.00$ m

Zapata aislada : $D_r = 2.00$ m

b.- La capacidad portante mínima admisible es de:

Cimiento corrido : $Q_{adm} = 1.87$ kg/cm²

Zapata aislada : $Q_{adm} = 2.17$ kg/cm²

C. Para el diseño en concreto armado trabajar según la Norma (E-060) diseño en rotura, además de considerar las cargas amplificación según la Normas (E-020) y la Norma de Diseño Sismorresistente (E-030).

D. Los parámetros para el diseño de obras de sostenimiento en la zona de la Calicata 1 son: $K_o = 0.47$; $K_a = 0.31$; $K_c = 3.21$

E. No se encontró nivel freático en la calicata efectuada ni en los alrededores, eliminar el material con contenido orgánico por debajo de la cimentación si se da el caso.

F. Los parámetros de suelo para el análisis Sismorresistente se recomienda considerar un factor no mayor de $S = 1.15$, un $T_p = 0.6$ seg y un $T_L = 2.0$ seg.

G. El suelo identificado tiene baja probabilidad de sufrir licuación por no estar en un estado de saturación, bajo potencial de expansión por ser un material no plástico y bajo potencial de colapsabilidad por la densidad en la que se encuentra.


Brunner Andrés Orozco Viqueiro
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



INFORME DE CONSULTORÍA

OP - IC - 055 - 2023

Página 25 de 25

H. Se recomienda en la etapa de construcción verificar la capacidad de carga in-situ del terreno con el ensayo de placa de carga, así también, se recomienda la utilización de elementos de conexión en la cimentación.

I. No extrapolar los presentes resultados.


Brinner Andrés Ordóñez Vainero
INGENIERO CIVIL
CIP. 199717



ANEXO I
ENSAYOS DE
LABORATORIO



CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS

CÓDIGO : IE - 0343.1 - 2023

F. EMISIÓN : 12/10/2023

PÁGINA : 1 DE 5

ASTM D2216 Standard test method of laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock

DATOS DE SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN DEL PROYECTO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL
DIRECCIÓN / DOMICILIO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

DATOS DE RECEPCIÓN

F. INGRESO : 4/10/2023
COTIZACIÓN : 0556 - 2023

DATOS DE MUESTRA

PROCEDENCIA: Cerro Colorado; CALICATA: C-1 E-1; PROFUNDIDAD: de 1.60 a 3.00 m; TIPO DE MUESTRA: Suelo; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Muestra de color marrón beige claro con grava subangulosa-subredondeada de tonos grisáceos.

PESO DE TARA	PESO DE MUESTRA HÚMEDA CON TARA	PESO DE MUESTRA SECA CON TARA	CONTENIDO DE HUMEDAD
g	g	g	%
1386.0	16435.2	16056.0	2.6

OBSERVACIONES

- Material obtenido e identificado por personal de LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.



B. V. V. V.
Briener Andrés Ordóñez Volevo
INGENIERO CIVIL
CIP 199717





LABORATORIO
ORPA

KARVOT GROUP SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

📍 UPIS Ramiro Priale, Zona B, Mz. N LL 4, Alto Selva Alegre

✉ comercial.lab.orpa@gmail.com

☎ 936047063 - 990858540

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO DE SUELOS

ASTM D6913 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

CÓDIGO : IE - 0343.1 - 2023

F. EMISIÓN : 12/10/2023

PÁGINA : 2 DE 5

DATOS DE SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLOROS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

UBICACIÓN DEL PROYECTO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL

DIRECCIÓN / DOMICILIO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

DATOS DE RECEPCIÓN

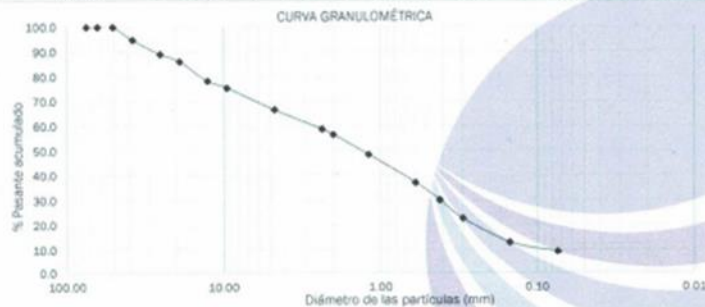
F. INGRESO : 4/10/2023
COTIZACIÓN : 0556 - 2023

DATOS DE MUESTRA

PROCEDENCIA: Cerro Colorado; CALICATA: C-1 E-1; PROFUNDIDAD: de 1.60 a 3.00 m; TIPO DE MUESTRA: Suelo; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Muestra de color marrón beige claro con grava subangulosa-subredondeada de tonos grisáceos.

ABERTURA DE TAMIZ		MATERIAL RETENIDO				MATERIAL PASANTE	ESPECIFICACIÓN		RESULTADOS			
pu/g	mm	PESO + TARA g	PESO g	RETENIDO %	ACUMULADO %	%	MÍN. %	MÁX. %	GRAVA	33.2%	GG	13.9%
3	75.00			0.0	0.0	100.0	-	-			GF	19.3%
2 1/2	63.50			0.0	0.0	100.0	-	-	ARENA	57.4%	AG	10.1%
2	50.80			0.0	0.0	100.0	-	-			AM	26.5%
1 1/2	38.10	1792	637	5.2	5.2	94.8	-	-	FINOS	9.4%	AF	20.9%
1	25.40	1850	695	5.7	10.9	89.1	-	-	Tamaño máximo grava (*)			2"
3/4	19.05	1521	366	3.0	13.9	86.1	-	-	Retenido en 3" (%)			0.0
1/2	12.70	2104	949	7.8	21.7	78.3	-	-	Abertura pasante (D10)			0.08
3/8	9.53	1497	342	2.8	24.4	75.6	-	-	Abertura pasante (D30)			0.42
N° 4	4.75	2227	1072	8.8	33.2	66.8	-	-	Abertura pasante (D60)			2.59
N° 8	2.36	122.8	30.6	7.8	41.0	59.0	-	-	Coefic. Uniformidad (Cu)			31.0
N° 10	2.00	101.0	8.8	2.2	43.3	56.7	-	-	Coefic. Curvatura (Cc)			0.8
N° 16	1.19	124.1	31.9	8.2	51.4	48.6	-	-	Peso muestra (g)			12225
N° 30	0.60	136.7	44.5	11.4	62.8	37.2	-	-	Porción de finos (g)			281.3
N° 40	0.42	119.5	27.3	7.0	69.8	30.2	-	-				
N° 50	0.30	121.6	29.4	7.5	77.3	22.7	-	-				
N° 100	0.15	129.8	37.6	9.6	86.9	13.1	-	-				
N° 200	0.07	106.8	14.6	3.7	90.6	9.4	-	-				
Fondo		128.8	36.6	9.4	100.0	0.0	-	-				



OBSERVACIONES

- Material obtenido e identificado por personal de LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.



Bulbul
Brunner Andújar Ordóñez Valero
INGENIERO CIVIL
CIP 199717



LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

ASTM D4318 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soil

CÓDIGO : IE - 0343.1 - 2023

F. EMISIÓN : 12/10/2023

PÁGINA : 3 DE 5

DATOS DE SOLICITANTE

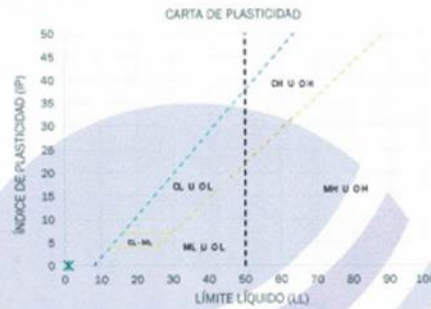
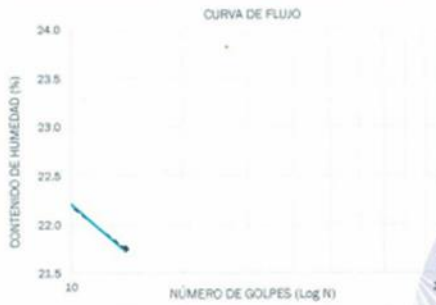
NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN DEL PROYECTO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL
DIRECCIÓN / DOMICILIO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

DATOS DE RECEPCIÓN DATOS DE MUESTRA

F. INGRESO : 4/10/2023 PROCEDENCIA: Cerro Colorado; CALICATA: C-1 E-1; PROFUNDIDAD: de 1.60 a 3.00 m; TIPO DE MUESTRA: Suelo; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado
COTIZACIÓN : 0556 - 2023

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Muestra de color café.

LÍMITE LÍQUIDO					INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Proceso de selección	Pasante N° 40
Peso de la tara	g	26.25	26.06	25.02	Porcentaje retenido tamiz	69.8%
Peso muestra húmeda + tara	g	43.94	42.44	41.61	Muestra seca al	Aire
Peso muestra seca + tara	g	40.78	39.45	38.45	Procedimiento empleado	Multipunto
Peso de agua en la muestra	g	3.16	2.99	3.16	Método de Preparación	Húmedo
Contenido de humedad	%	21.7	22.3	23.5	RESULTADOS	
Número de golpes, N	-	14	9	4	Límite líquido	-
LÍMITE PLÁSTICO					RESULTADOS	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Límite plástico	NP
Peso de la tara	g	-	-	-	Índice de plasticidad <td>NP</td>	NP
Peso muestra húmeda + tara	g	-	-	-	IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL ENSAYADO	
Peso muestra seca + tara	g	-	-	-	Símbolo	-
Peso de agua en la muestra	g	-	-	-	Nombre	Suelo no plástico
Contenido de humedad	%	-	-	-		



OBSERVACIONES

- Material obtenido e identificado por personal de LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.



Brainer Andino Ordoñez Viqueo
INGENIERO CIVIL
CIP 199717



CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y AGREGADOS

ASTM D2487 Standard classification of soil for engineering purposes (unified soil classification system)
ASTM D3282 Standard classification of soil and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes

CÓDIGO : IE - 0343.1 - 2023

F. EMISIÓN : 12/10/2023

PÁGINA : 4 DE 5

DATOS DE SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORÉS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN DEL PROYECTO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL
DIRECCIÓN / DOMICILIO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

DATOS DE RECEPCIÓN

F. INGRESO : 4/10/2023
COTIZACIÓN : 0556 - 2023

DATOS DE MUESTRA

PROCEDENCIA: Cerro Colorado; CALICATA: C-1 E-1; PROFUNDIDAD: de 1.60 a 3.00 m; TIPO DE MUESTRA: Suelo; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado

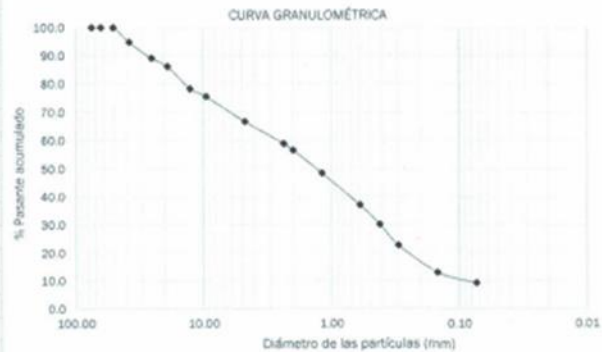
DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Muestra de color marrón beige claro con grava subangulosa-subredondeada de tonos grisáceos.

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA (ASTM D6913)

Porcentaje Grava (3" - N°4)	: 33.2
Porcentaje Arena (N°8 - N°200)	: 57.4
Porcentaje Finos (Pasa N°200)	: 9.4
Tamaño máximo de la grava	: 2"
Porcentaje retenido malla de 3"	: 0.0
Coefficiente de uniformidad (Cu)	: 31.0
Coefficiente de curvatura (Cc)	: 0.8
Porcentaje pasante malla N° 10	: 56.7
Porcentaje pasante malla N° 40	: 30.2
Porcentaje pasante malla N° 200	: 9.4

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)

Porcentaje de límite líquido	: -
Porcentaje de límite plástico	: NP
Índice de plasticidad	: NP
Símbolo	: -



EMPLEABILIDAD	SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRE DE GRUPO
Con fines de cimentación (SUCS)	SP - SM	Arena pobremente graduada con limo y grava
Con fines de pavimentación (AASHTO)	A-1-b (0)	Fragmentos de roca, grava y arena

OBSERVACIONES

- Material obtenido e identificado por personal de LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.





DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA

CÓDIGO : IE - 0343.1 - 2023

F. EMISIÓN : 12/10/2023

PÁGINA : 5 DE 5

DATOS DE SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLOROS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN DEL PROYECTO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL
DIRECCIÓN / DOMICILIO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

DATOS DE RECEPCIÓN DATOS DE MUESTRA

F. INGRESO : 4/10/2023 PROCEDENCIA: Cerro Colorado; CALICATA: C-1 E-1; PROFUNDIDAD: de 1.60 a 3.00 m; TIPO DE MUESTRA: Suelo; CONDICIÓN DE COTIZACIÓN : 0556 - 2023 MUESTRA: Alterado

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Muestra de color marrón beige claro con grava subangulosa-subredondeada de tonos grisáceos.

DENSIDAD MÁXIMA					INFORMACIÓN DEL ENSAYO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Código de identificación del molde	:	
Peso del molde + muestra	: g	9942	9938	9939	Peso del molde empleado	:	MP-02 5981
Peso de la muestra	: g	3961	3957	3958	Volumen del molde empleado	:	2122
Densidad máxima	: g/cm ³	1.87	1.87	1.87	Tamaño máximo de grava (pulg)	:	2"
Promedio de densidad máxima	: g/cm ³	1.87					

DENSIDAD MÍNIMA					INFORMACIÓN DEL ENSAYO		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Código de identificación del molde	:	
Peso del molde + muestra	: g	9255	9254	9255	Peso del molde empleado	:	MP-02 5981
Peso de la muestra	: g	3274	3273	3274	Volumen del molde empleado	:	2122
Densidad mínima	: g/cm ³	1.54	1.54	1.54	Tamaño máximo de grava (pulg)	:	2"
Promedio de densidad mínima	: g/cm ³	1.54					

OBSERVACIONES

- Material obtenido e identificado por personal de LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.



Brainer
Brainer Andros Ordoñez Valero
INGENIERO CIVIL
CIP 199717





CORTE DIRECTO

ASTM D3080 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

CÓDIGO : IE - 0343.2 - 2023

F. EMISIÓN : 12/10/2023

PÁGINA : 1 DE 2

DATOS DE SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

UBICACIÓN DEL PROYECTO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL

DIRECCIÓN / DOMICILIO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

DATOS DE RECEPCIÓN

F. INGRESO : 4/10/2023
COTIZACIÓN : 0556 - 2023

DATOS DE MUESTRA

PROCEDENCIA: Cerro Colorado; CALICATA: C-1 E-1; PROFUNDIDAD: de 1.60 a 3.00 m; TIPO DE MUESTRA: Suelo; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Muestra de color marrón.

DATOS DEL ENSAYO					INFORMACIÓN DEL ENSAYO							
DEFORMACIÓN HORIZONTAL mm	ESFUERZO CORTANTE kg/cm ²				Tipo de equipo utilizado		Corte directo residual					
	M-1	M-2	M-3	M-4	Forma del dispositivo de corte	Velocidad de ensayo	Rectangular					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	Velocidad de ensayo	0.5 mm/min					
0.50	0.19	0.41	0.60	0.81	-	Desplazamiento máximo	12 mm					
1.00	0.24	0.51	0.76	1.01	-	Tipo de ensayo	Consolidado Drenado (CD)					
1.50	0.29	0.59	0.93	1.19	-	Material Empleado	Pasante de la malla N°10					
2.00	0.34	0.65	1.06	1.31	-	RESULTADOS DE MUESTRAS						
2.50	0.38	0.75	1.21	1.44	-	MUESTRA DE ENSAYO	DIÁMETRO cm	ESPESOR cm	DENSIDAD SECA g/cm ³	DENSIDAD HÚMEDA g/cm ³	HUMEDAD INICIAL %	HUMEDAD FINAL %
3.00	0.42	0.84	1.32	1.61	-	M-1	6.00	2.00	1.48	1.51	2.58	20.82
3.50	0.44	0.91	1.40	1.72	-	M-2	6.00	2.00	1.48	1.51	2.58	20.45
4.00	0.46	0.96	1.47	1.82	-	M-3	6.00	2.00	1.48	1.51	2.58	20.15
4.50	0.50	1.05	1.59	1.95	-	M-4	6.00	2.00	1.48	1.51	2.58	19.77
5.00	0.52	1.09	1.62	2.04	-	-	-	-	-	-	-	-
5.50	0.53	1.09	1.61	2.10	-	CÁLCULOS						
6.00	0.53	1.07	1.57	2.12	-	MUESTRA DE ENSAYO	FUERZA NORMAL APLICADA kg	ESFUERZO NORMAL APLICADO kg/cm ²	ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO kg/cm ²	ESFUERZO CORTANTE RESIDUAL kg/cm ²	DEFORMACIÓN VERTICAL mm	
6.50	0.52	1.03	1.51	2.10	-	M-1	20.00	0.71	0.53	0.43	2.12	
7.00	0.51	0.96	1.44	2.01	-	M-2	40.00	1.41	1.09	0.86	2.71	
7.50	0.50	0.94	1.36	1.93	-	M-3	60.00	2.12	1.62	1.28	3.36	
8.00	0.45	0.90	1.32	1.79	-	M-4	80.00	2.83	2.12	1.75	3.98	
8.50	0.45	0.90	1.30	1.78	-	-	-	-	-	-	-	
9.00	0.46	0.90	1.28	1.77	-	RESULTADOS DE ENSAYO						
9.50	0.45	0.89	1.28	1.77	-	Ángulo de fricción interna ϕ (°)					36.9	
10.00	0.45	0.89	1.28	1.73	-	Cohesión C (kg/cm ²)					0.01	
10.50	0.43	0.89	1.28	1.74	-	Ángulo de fricción residual ϕ (°)					31.7	
11.00	0.42	0.87	1.26	1.72	-	Cohesión residual C (kg/cm ²)					0.00	
11.50	0.43	0.85	1.28	1.73	-							
12.00	0.43	0.86	1.28	1.75	-							



Bryan Pulido
Bryan Pulido
INGENIERO CIVIL
CIP 189717



CORTE DIRECTO

ASTM D3080 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

CÓDIGO : IE - 0343.2 - 2023
F. EMISIÓN : 12/10/2023
PÁGINA : 2 DE 2

DATOS DE SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN DEL PROYECTO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL
DIRECCIÓN / DOMICILIO : CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

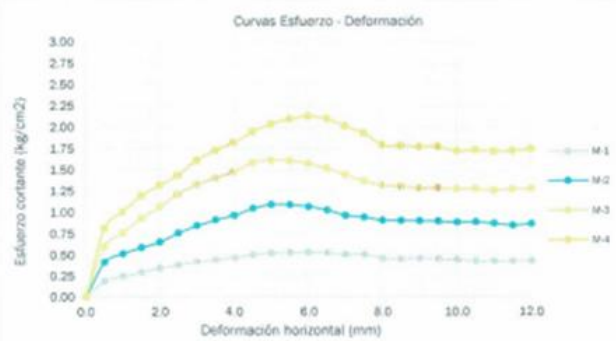
DATOS DE RECEPCIÓN

F. INGRESO : 4/10/2023
COTIZACIÓN : 0556 - 2023

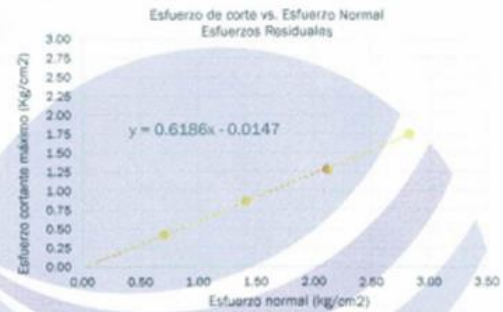
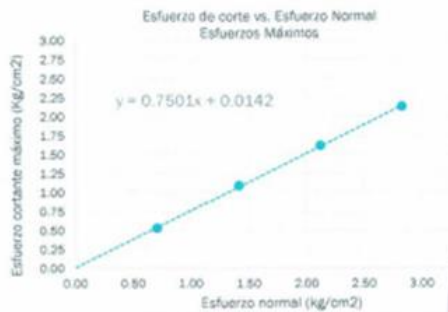
DATOS DE MUESTRA

PROCEDECENCIA: Cerro Colorado; CALICATA: C-1 E-1; PROFUNDIDAD: de 1.60 a 3.00 m; TIPO DE MUESTRA: Suelo; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



CURVAS ESFUERZO DE CORTE VS ESFUERZO NORMAL



OBSERVACIONES

- Material obtenido e identificado por personal de LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.



B. Priale
Briener Andrés Ordoñez Priale
INGENIERO CIVIL
CIP 199717

ANEXO II
MEMORIA DE
CÁLCULO



MEMORIA DE CÁLCULO	CÓDIGO: OP - IC - 062.1 - 2023
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE	F.EMISIÓN: 13/10/2023
TEORÍA DE MEYERHOF	PÁGINA: 1 DE 1

DATOS DEL SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO	: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLOROS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN DEL PROYECTO	: CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ
NOMBRE/RAZÓN SOCIAL	: PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL
DOMICILIO LEGAL	: CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

PARÁMETROS DEL SUELO DE FUNDACIÓN

NOMBRE DE ELEMENTO	: CIMENTO CORRIDO
TIPO DE CIMENTACIÓN	: CIMENTO CORRIDO
TIPO DE FALLA	: FALLA GENERAL POR CORTE
COHESIÓN	: $c = 0.0$ kg/cm ²
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	: $\phi = 36.9$ °
ÁNGULO DE FRICCIÓN RESIDUAL	: $\phi_r = 31.7$ °
INCLINACIÓN DE LA CARGA SOBRE LA CIMENTACIÓN	: $\beta = 0.0$ °
PESO ESPECÍFICO NATURAL	: $\gamma = 1.7$ ton/m ³
PESO ESPECÍFICO SATURADO	: $\gamma_{sat} = 2.1$ ton/m ³
FACTOR DE SEGURIDAD	: FS = 3.0
FACTOR DE SEGURIDAD POR CORTE	: FS _{cor} = No Aplica
NIVEL FREÁTICO	: N.F. = No Encontrado
MÓDULO DE ELASTICIDAD	: $E_s = 3.500.0$ ton/m ²
MÓDULO DE POISSON	: $\mu_s = 0.3$

PARÁMETROS DE LA CIMENTACIÓN

PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	: $D_f = 2.00$ m
ANCHO DE CIMENTACIÓN	: $B = 0.60$ m
LONGITUD DE CIMENTACIÓN	: $L = 4.00$ m

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

N_u	= 27.0
N_b	= 15.7
N_s	= 12.3

FACTORES DE FORMA

S_x	= 1.0
S_y	= 1.0

FACTORES DE INCLINACIÓN

i_x	= 1.0
i_y	= 1.0

CAPACIDAD PORTANTE

ESFUERZO GEOSTÁTICO	: $q = 3.40$ ton/m ²
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA	: $q_u = 5.61$ kg/cm ²
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	: $q_{adm} = 1.87$ kg/cm ²
ASENTAMIENTO ELÁSTICO ESTIMADO	: $S_e = 0.38$ cm

B. P. P.
Briener Azarua Ordoñez Valero
INGENIERO CIVIL
CIP 199717

PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	ANCHO DE CIMENTACIÓN									
	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
1.60	1.44	1.45	1.47	1.49	1.50	1.52	1.54	1.55	1.57	1.58
1.70	1.52	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.62	1.64	1.65	1.67
1.80	1.60	1.62	1.64	1.65	1.67	1.69	1.70	1.72	1.73	1.75
1.90	1.69	1.70	1.72	1.74	1.75	1.77	1.79	1.80	1.82	1.83
2.00	1.77	1.79	1.80	1.82	1.84	1.85	1.87	1.88	1.90	1.92
2.10	1.85	1.87	1.89	1.90	1.92	1.94	1.95	1.97	1.98	2.00
2.20	1.93	1.95	1.97	1.99	2.00	2.02	2.04	2.05	2.07	2.08
2.30	2.02	2.04	2.05	2.07	2.09	2.10	2.12	2.13	2.15	2.17
2.40	2.10	2.12	2.14	2.15	2.17	2.19	2.20	2.22	2.23	2.25
2.50	2.18	2.20	2.22	2.24	2.25	2.27	2.28	2.30	2.32	2.33



MEMORIA DE CÁLCULO	CÓDIGO: OP - IC - 062,2 - 2023
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE	F.EMISIÓN: 13/10/2023
TEORÍA DE MEYERHOF	PÁGINA: 1 DE 1

DATOS DEL SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO	: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN DEL PROYECTO	: CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ
NOMBRE/RAZÓN SOCIAL	: PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL
DOMICILIO LEGAL	: CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ

PARÁMETROS DEL SUELO DE FUNDACIÓN

NOMBRE DE ELEMENTO	: ZAPATA AISLADA
TIPO DE CIMENTACIÓN	: ZAPATA CUADRADA
TIPO DE FALLA	: FALLA GENERAL POR CORTE
COHESIÓN	: $c = 0.0$ kg/cm ²
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	: $\phi = 36.9$ °
ÁNGULO DE FRICCIÓN RESIDUAL	: $\phi_r = 31.7$ °
INCLINACIÓN DE LA CARGA SOBRE LA CIMENTACIÓN	: $\beta = 0.0$ °
PESO ESPECÍFICO NATURAL	: $\gamma = 1.7$ ton/m ³
PESO ESPECÍFICO SATURADO	: $\gamma_{sat} = 2.1$ ton/m ³
FACTOR DE SEGURIDAD	: FS = 3.0
FACTOR DE SEGURIDAD POR CORTE	: FS _{corse} = No Aplica
NIVEL FREÁTICO	: N.F. = No Encontrado
MÓDULO DE ELASTICIDAD	: $E_s = 3,500.0$ ton/m ²
MÓDULO DE POISSON	: $\nu_s = 0.3$

PARÁMETROS DE LA CIMENTACIÓN

PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	: $D_f = 2.00$ m
ANCHO DE CIMENTACIÓN	: $B = 1.80$ m
LONGITUD DE CIMENTACIÓN	: $L = 1.80$ m

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

N_c	= 27.0
N_q	= 15.7
N_γ	= 12.3

FACTORES DE FORMA

S_c	= 1.2
S_q	= 0.8

FACTORES DE INCLINACIÓN

i_z	= 1.0
i_q	= 1.0
i_γ	= 1.0

CAPACIDAD PORTANTE

ESFUERZO GEOSTÁTICO	: $q = 3.40$ ton/m ²
CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA	: $q_u = 6.51$ kg/cm ²
CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	: $q_{adm} = 2.17$ kg/cm ²
ASENTAMIENTO ELÁSTICO ESTIMADO	: $S_e = 0.67$ cm

Brinner Andrés Quiroz Vazco
INGENIERO CIVIL
CIP 199717

		ANCHO DE CIMENTACIÓN									
		1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	1.50	1.69	1.71	1.73	1.75	1.77	1.79	1.81	1.83	1.85	1.86
	1.60	1.77	1.79	1.81	1.84	1.86	1.88	1.89	1.91	1.93	1.95
	1.70	1.85	1.88	1.90	1.92	1.94	1.96	1.98	2.00	2.01	2.03
	1.80	1.94	1.96	1.98	2.00	2.02	2.04	2.06	2.08	2.10	2.11
	1.90	2.02	2.04	2.06	2.09	2.11	2.13	2.14	2.16	2.18	2.20
	2.00	2.10	2.12	2.15	2.17	2.19	2.21	2.23	2.25	2.26	2.28
	2.10	2.19	2.21	2.23	2.25	2.27	2.29	2.31	2.33	2.35	2.36
	2.20	2.27	2.29	2.31	2.33	2.36	2.38	2.39	2.41	2.43	2.45
	2.30	2.35	2.37	2.40	2.42	2.44	2.46	2.48	2.50	2.51	2.53
	2.40	2.44	2.46	2.48	2.50	2.52	2.54	2.56	2.58	2.60	2.61

ANEXO III
PANEL
FOTOGRAFÍCO

PANEL FOTOGRÁFICO - CALICATA C-01

FECHA DE LA TOMA:
03/10/2023

HORA DE LA TOMA:
12:08 p.m.

CÓDIGO DE ESTUDIO:
OP - IC - 062 - 2023



FOTOGRAFÍA 01

Toma fotográfica panorámica de la excavación realizada



Bull Bull
Briener Andrés Ordóñez Valero
INGENIERO CIVIL
CIP 199717

FOTOGRAFÍA 02

Toma fotográfica de la excavación efectuada

PANEL FOTOGRÁFICO – CALICATA C-01

FECHA DE LA TOMA:
03/10/2023

HORA DE LA TOMA:
12:08 p.m.

CÓDIGO DE ESTUDIO:
OP - IC - 062 - 2023



Bruner
Bruner Andrés Ojeda Viqueo
INGENIERO CIVIL
CIP 199717

FOTOGRAFÍA 03
Toma fotográfica cercana de la excavación realizada



FOTOGRAFÍA 04
Toma fotográfica mostrando el material de la calicata

ANEXO IV
PLANOS DE
PERFIL
ESTRATIGRÁFICO

KARVOT GROUP SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.					CÓDIGO: OP - IC - 062 - 2023	
PERFIL ESTRATIGRAFICO UNIDIRECCIONAL - CALICATA C-1						
PROF.	ESPESOR	MUESTRA	HUMEDAD	SUCS	GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
3.00 m	0.50 m	Relleno	-	-		Material de relleno color café con grava subredondeada, bolonería de hasta 5", compacidad baja y humedad media. Presencia de raíces y restos de ladrillo.
	0.20 m	Lente	-	-		Lente café de bolonería con grava y arena, grava de forma subredondeada, bolonerías de hasta 7", compacidad media, humedad media. Presencia de raíces.
	0.20 m	Lente	-	-		Lente café grisáceo con grava subredondeada, sin bolonería, compacidad baja, humedad media. Presencia de raíces.
	0.40 m	Lente	-	-		Lente café mostaza con grava subredondeada, presencia de bolonería de hasta 4", compacidad media, humedad media. Presencia de raíces.
	0.30 m	Lente	-	-		Lente café mostaza con grava subangulosa, sin bolonería, compacidad alta, humedad media. Presencia de raíces.
1.40 m	E-1	2.6 %	SP - SM		Material de color café pardo con grava subangulosa, presencia de bolonería de hasta 7", compacidad media, humedad baja. Composición aproximada de 20 % de bolonería, 27 % de grava, 46 % de arena y 7 % de finos.	
GRÁFICO DE LA EXCAVACIÓN EFECTUADA			FOTOGRAFÍA		PROYECTO	
					EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA	
					DIRECCION	
					CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ	
					SOLICITANTE	
					PAJARES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL	
					ENCARGADO	INGENIERO RESPONSABLE
					LABORATORIO ORPA	INGENIERO CIVIL CIP 199717

ANEXO V
PLANO DE
UBICACIÓN DE
CALICATAS

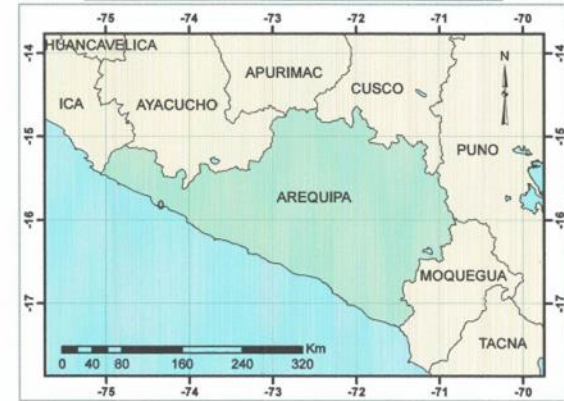


UBICACIÓN DE LAS CALICATAS DE EXPLORACIÓN

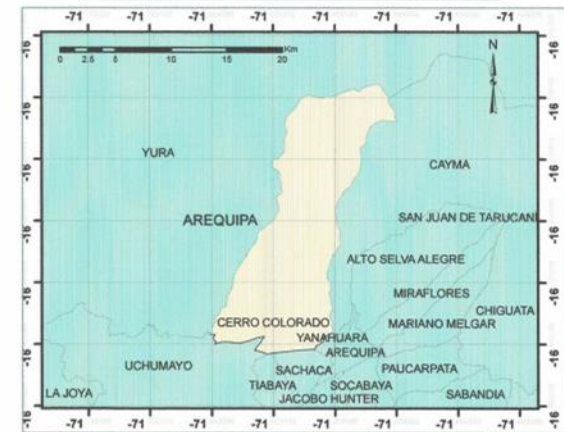


Bellido
 Brimmer Andarques Ordóñez Valdez
 INGENIERO CIVIL
 CIP 199717

LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTAL



LOCALIZACIÓN DISTRITAL



ENCARGADOS



PROYECTO	EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORS DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN	CALLE MIGUEL GRAU 301 - URBANIZACIÓN LA LIBERTAD - CERRO COLORADO - DISTRITO DE CERRO COLORADO - AREQUIPA - PERÚ
SOLICITANTE	PAIPRES CHAMBI CATHERINE BELDAD - YUGAR LINARES FRANK ABEL
ESCALA	: GRÁFICA

LÁMINA

PU-01

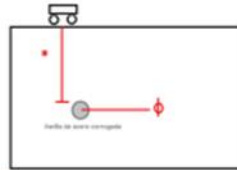
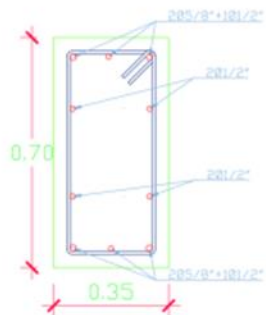


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 35x70 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-TECT 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	15.15 mm	40 mm	5/8"
	15.15 mm	40 mm	5/8"
	12.12 mm	40 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.15 mm	37 mm	1/2"
	12.05 mm	37 mm	1/2"
3 (cara 3)	15.10 mm	38 mm	5/8"
	15.10 mm	38 mm	5/8"
	12.16 mm	38 mm	5/8"
4 (cara 4)	12.15 mm	37 mm	1/2"
	12.05 mm	37 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1258786
 Reg. RNP. N° 118910

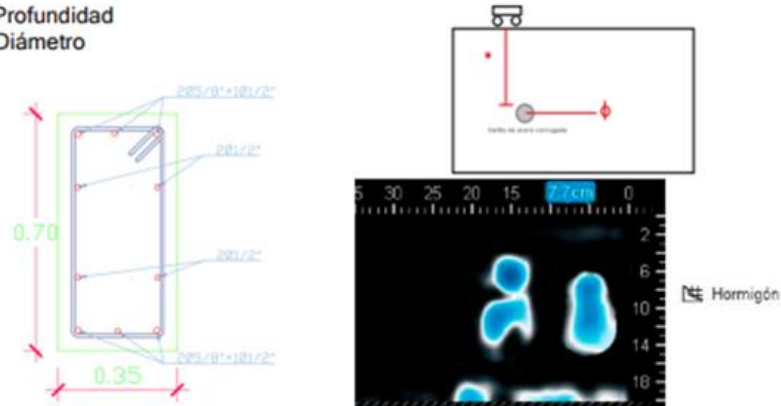


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 35x70 cm – Bloque N° 01 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-TECT 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	15.16 mm	39 mm	5/8"
	15.16 mm	39 mm	5/8"
	12.12 mm	39 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.15 mm	37 mm	1/2"
	12.05 mm	37 mm	1/2"
3 (cara 3)	15.07 mm	39 mm	5/8"
	15.10 mm	39 mm	5/8"
	12.16 mm	39 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.15 mm	37 mm	1/2"
	12.05 mm	37 mm	1/2"



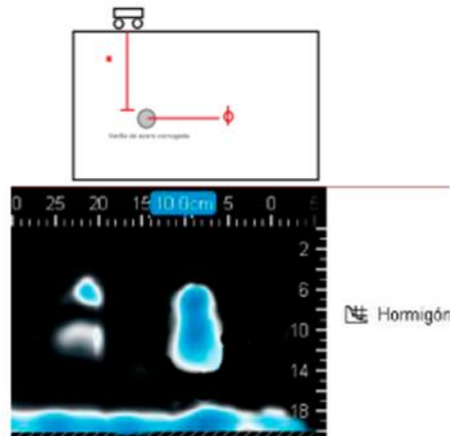
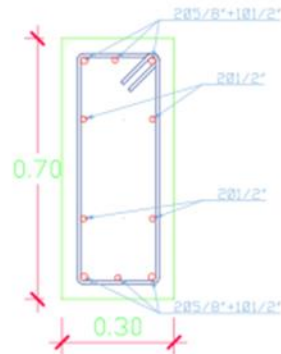
Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 35x70 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	15.10 mm	40 mm	5/8"
	15.12 mm	40 mm	5/8"
	12.14 mm	40 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.07 mm	37 mm	1/2"
	12.05 mm	37 mm	1/2"
3 (cara 3)	15.14 mm	38 mm	5/8"
	15.02 mm	38 mm	5/8"
	12.15 mm	38 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.15 mm	37 mm	1/2"
	12.05 mm	37 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 256786
Reg. RNP. N° 118910

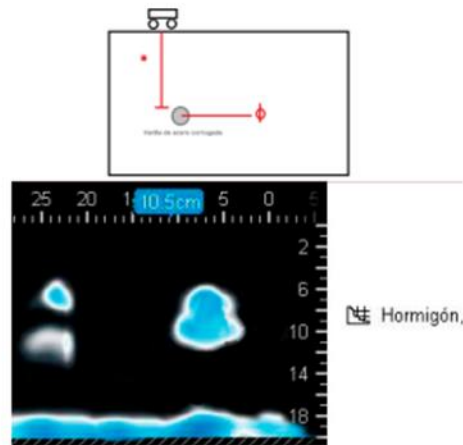
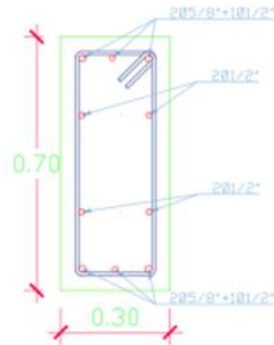


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 35x70 cm – Bloque N° 01 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	15.10 mm	40 mm	5/8"
	15.12 mm	40 mm	5/8"
	12.14 mm	40 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.07 mm	37 mm	1/2"
	12.05 mm	37 mm	1/2"
3 (cara 3)	15.14 mm	38 mm	5/8"
	15.02 mm	38 mm	5/8"
	12.15 mm	38 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.15 mm	37 mm	1/2"
	12.05 mm	37 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 118910

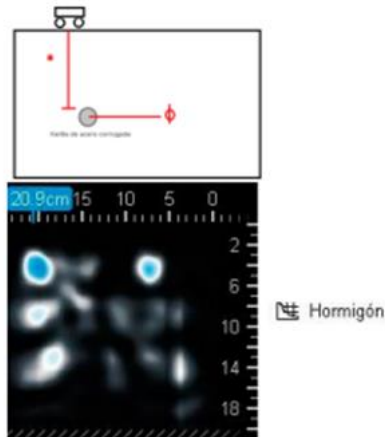
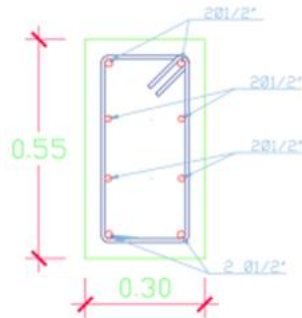


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la
 Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro
 Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 55x30 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.10 mm	40 mm	1/2"
	12.08 mm	40 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.07 mm	38 mm	1/2"
	12.05 mm	38 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.14 mm	38 mm	1/2"
	12.02 mm	38 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.15 mm	37 mm	1/2"
	12.05 mm	37 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 116910

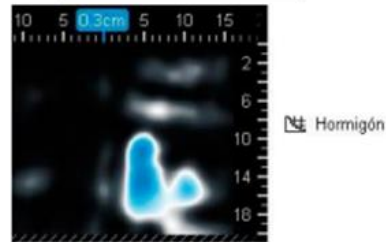
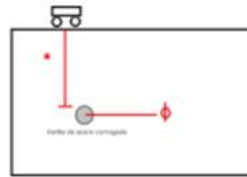
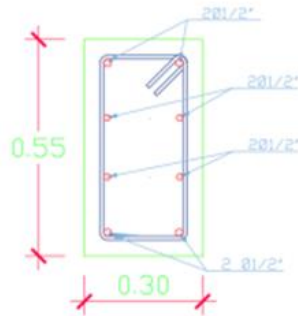


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 55x30 cm – Bloque N° 01 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-TECT 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.12 mm	40 mm	1/2"
	12.05 mm	40 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.05 mm	38 mm	1/2"
	12.07 mm	38 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.13 mm	39 mm	1/2"
	12.50 mm	39 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.11 mm	37 mm	1/2"
	12.15 mm	37 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 256786
 Reg. RNP N° 118910

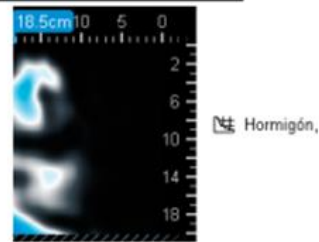
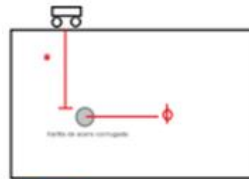
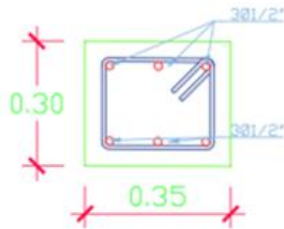


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 35x30 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.12 mm	39 mm	1/2"
	12.05 mm	39 mm	1/2"
	12.05 mm	39 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.55 mm	38 mm	1/2"
	12.27 mm	38 mm	1/2"
	12.27 mm	38 mm	1/2"



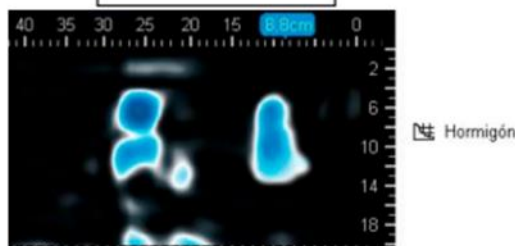
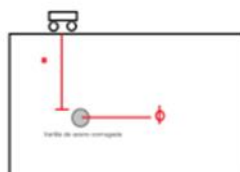
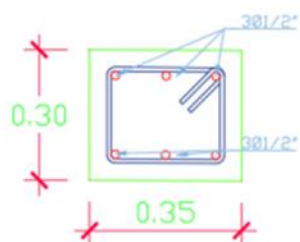
Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 35x30 cm – Bloque N° 01 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.12 mm	39 mm	1/2"
	12.05 mm	39 mm	1/2"
	12.05 mm	39 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.55 mm	38 mm	1/2"
	12.27 mm	38 mm	1/2"
	12.27 mm	38 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 118910

www.dga-ing.com



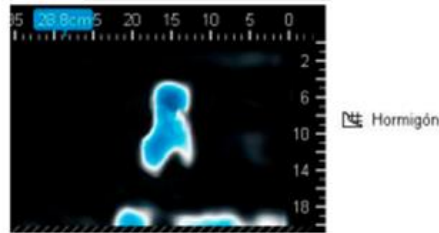
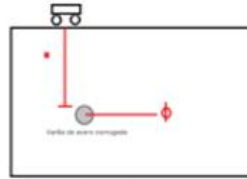
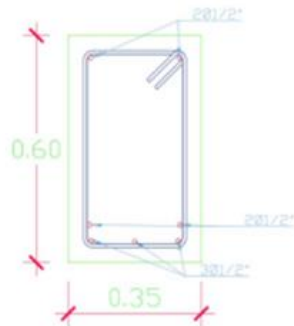
**MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO
(ESCANER NORMA ASTM C597)**

Pág. 9 - 35

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la
 Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro
 Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 35x60 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.05 mm	43 mm	1/2"
	12.55 mm	43 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.00 mm	35 mm	1/2"
3 (cara 2)	12.55 mm	35 mm	1/2"
	12.45 mm	35 mm	1/2"
	12.60 mm	35 mm	1/2"
4 (cara 2)	12.13 mm	35 mm	1/2"



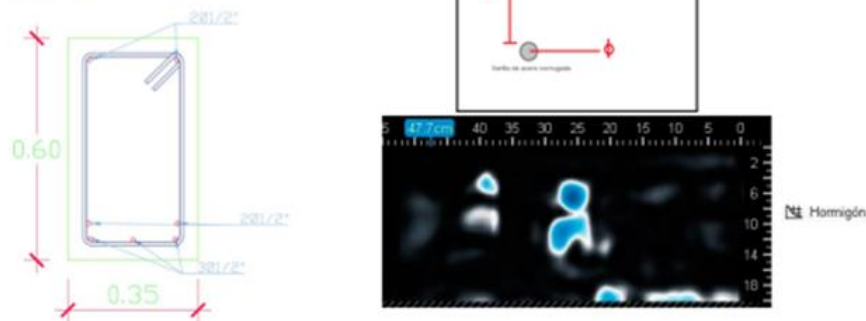
Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 35x60 cm – Bloque N° 01 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.35 mm	41 mm	1/2"
	12.55 mm	41 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.00 mm	35 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.60 mm	37 mm	1/2"
	12.55 mm	37 mm	1/2"
	12.65 mm	37 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.20 mm	40 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 116910

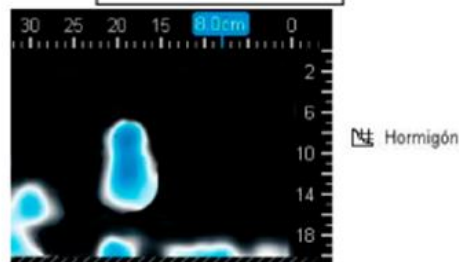
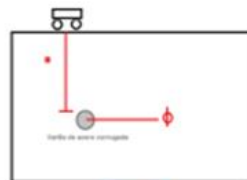
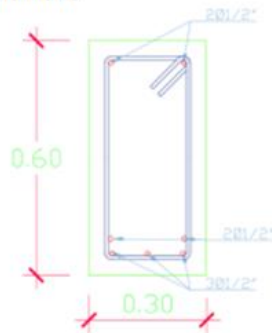


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 30x60 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.00 mm	41 mm	1/2"
	12.10 mm	41 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.15 mm	35 mm	1/2"
	12.50 mm	39 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.52 mm	39 mm	1/2"
	12.45 mm	39 mm	1/2"
	12.35 mm	39 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 118910

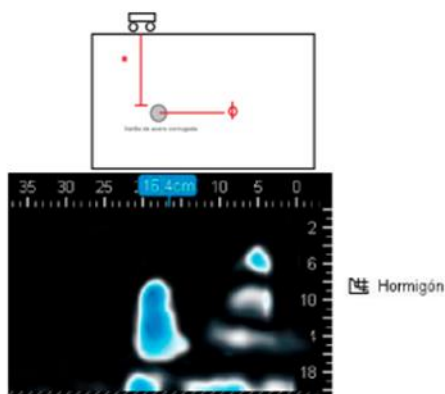


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 30x60 cm – Bloque N° 01 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.14 mm	37 mm	1/2"
	12.30 mm	37 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.15 mm	34 mm	1/2"
	12.50 mm	40 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.55 mm	40 mm	1/2"
	12.25 mm	40 mm	1/2"
	12.35 mm	37 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 256786
 Reg. RNP N° 118910

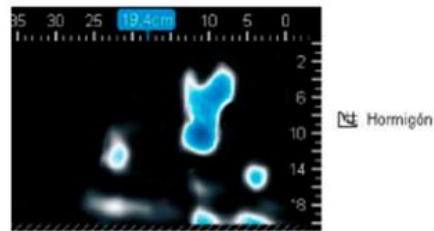
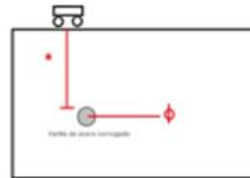
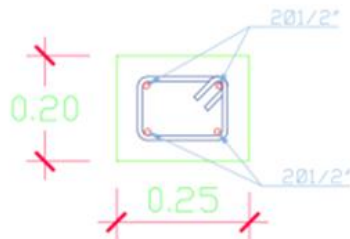


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 25x20 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.44 mm	38 mm	1/2"
	12.30 mm	38 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.50 mm	40 mm	1/2"
	12.55 mm	40 mm	1/2"



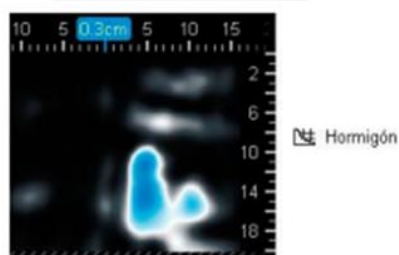
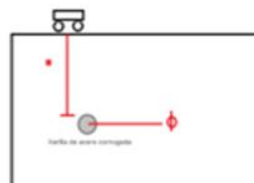
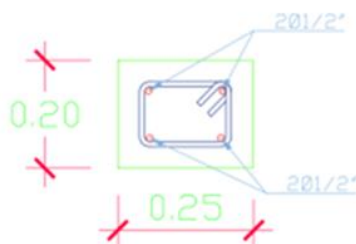
Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 25x20 cm – Bloque N° 01 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-TECT 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.51 mm	39 mm	1/2"
	12.15 mm	39 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.49 mm	41 mm	1/2"
	12.51 mm	41 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 115910

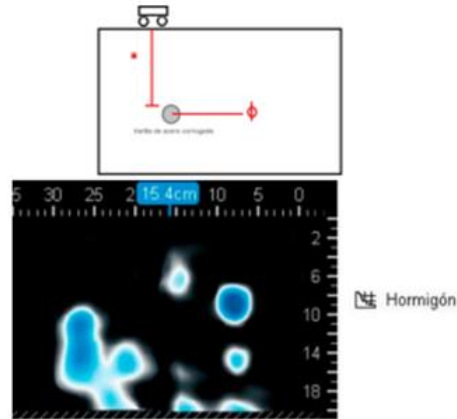
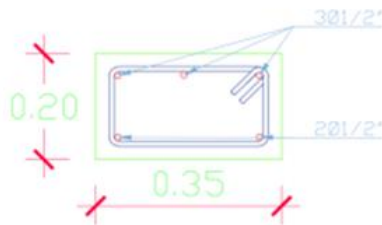


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : CATHERINE BELDAD PAJARES CHAMBI
 FRANK ABEL YUGAR LINARES
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 20x35 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.51 mm	42 mm	1/2"
	12.26 mm	42 mm	1/2"
	12.35 mm	42 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.49 mm	40 mm	1/2"
	12.51 mm	40 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

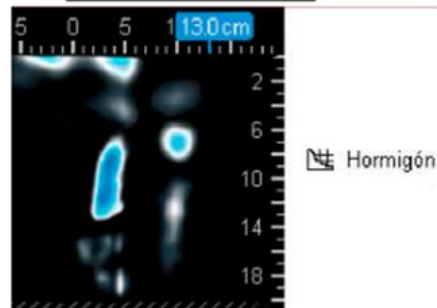
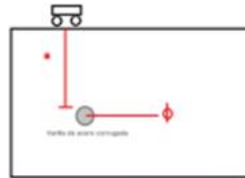
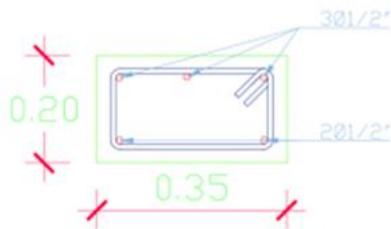


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 20x35 cm – Bloque N° 01 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.25 mm	39 mm	1/2"
	12.25 mm	39 mm	1/2"
	12.35 mm	39 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.20 mm	42 mm	1/2"
	12.22 mm	42 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256766
 Reg. RNP N° 118910

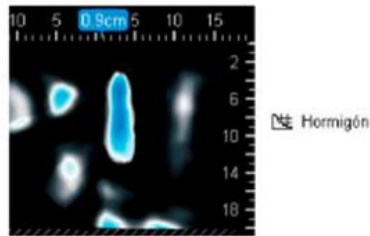
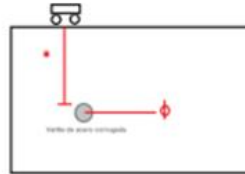
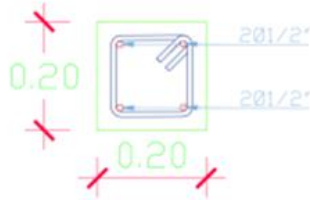


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la
 Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro
 Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 20x20 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.25 mm	41 mm	1/2"
	12.25 mm	41 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.10 mm	41 mm	1/2"
	12.10 mm	41 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

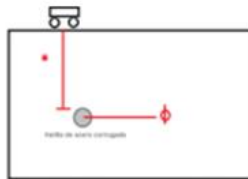


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Aligerado de 20 cm – Bloque N° 01 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1) positivo	9.10 mm	35 mm	3/8"
2 (cara 2) negativo	12.10 mm	35 mm	1/2"



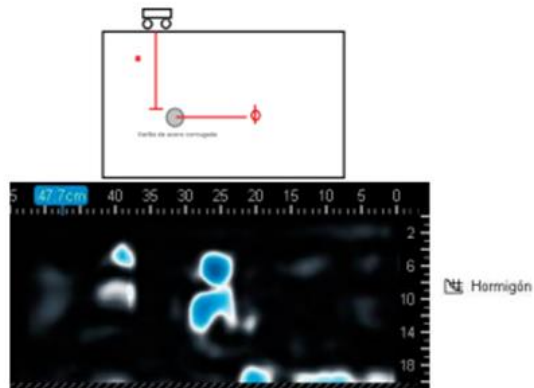
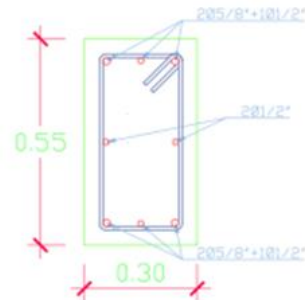
Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 30x55 cm – Bloque N° 02 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	15.06 mm	39 mm	5/8"
	12.45 mm	39 mm	1/2"
	15.30 mm	39 mm	5/8"
2 (cara 2)	12.15 mm	35 mm	1/2"
3 (cara 3)	15.13mm	40 mm	5/8"
	12.50 mm	40 mm	1/2"
	15.25 mm	40 mm	5/8"
4 (cara 4)	12.35 mm	37 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 118910

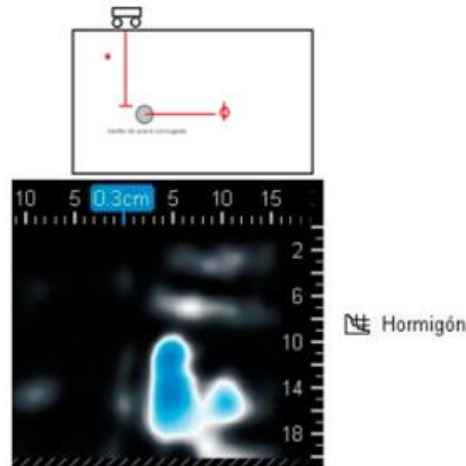
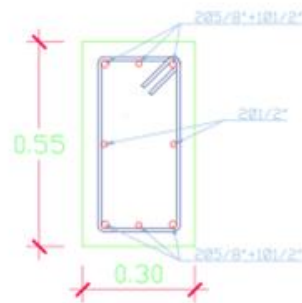


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 30x55 cm – Bloque N° 02 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	15.10 mm	39 mm	5/8"
	12.20 mm	39 mm	1/2"
	15.35 mm	39 mm	5/8"
2 (cara 2)	12.14 mm	35 mm	1/2"
3 (cara 3)	15.25mm	42 mm	5/8"
	11.90 mm	42 mm	1/2"
	15.21 mm	42 mm	5/8"
4 (cara 4)	12.11 mm	37 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 118910

www.dga-ing.com

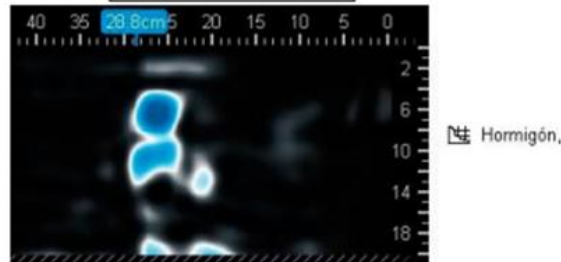
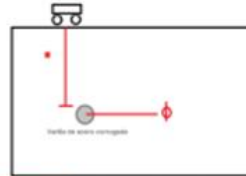
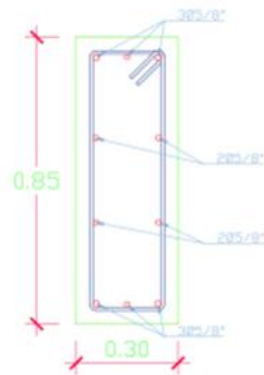


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 30x85 cm – Bloque N° 02 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	15.10 mm	39 mm	5/8"
	15.50 mm	39 mm	5/8"
	15.11 mm	39 mm	5/8"
2 (cara 2)	15.14 mm	35 mm	5/8"
	15.14 mm	35 mm	5/8"
3 (cara 3)	15.25 mm	42 mm	5/8"
	15.90 mm	42 mm	5/8"
	15.21 mm	42 mm	5/8"
4 (cara 4)	15.13 mm	40 mm	5/8"
	15.10 mm	40 mm	5/8"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 256786
 Reg. RNP N° 118910

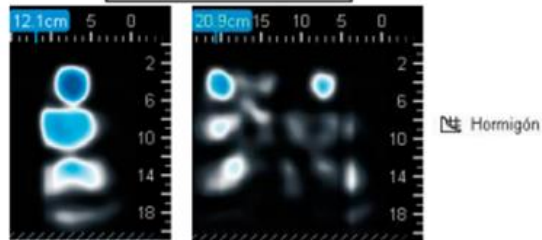
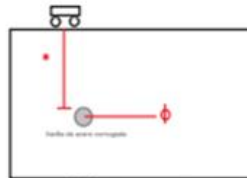
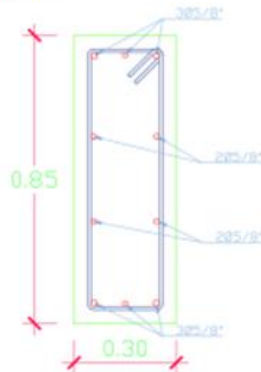


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 30x85 cm – Bloque N° 02 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	15.40 mm	45 mm	5/8"
	15.10 mm	45 mm	5/8"
	15.12 mm	45 mm	5/8"
2 (cara 2)	15.11 mm	40 mm	5/8"
	15.11 mm	40 mm	5/8"
3 (cara 3)	15.15 mm	41 mm	5/8"
	15.15 mm	41 mm	5/8"
	15.20 mm	41 mm	5/8"
4 (cara 4)	15.15 mm	42 mm	5/8"
	15.18 mm	42 mm	5/8"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

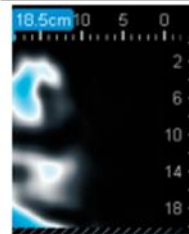
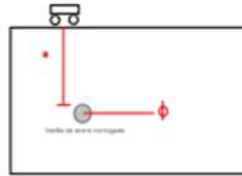
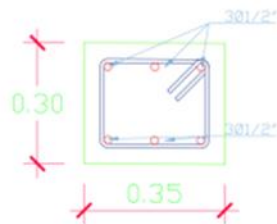


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 25x30 cm – Bloque N° 02 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-TECT 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.12 mm	39 mm	1/2"
	12.05 mm	39 mm	1/2"
	12.05 mm	39 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.35 mm	40 mm	1/2"
	12.27 mm	40 mm	1/2"
	12.27 mm	40 mm	1/2"



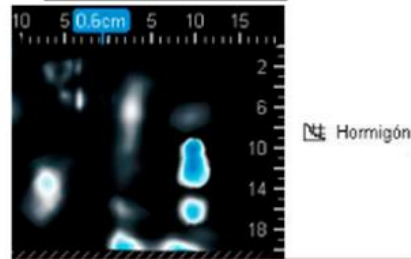
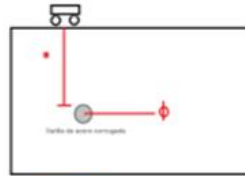
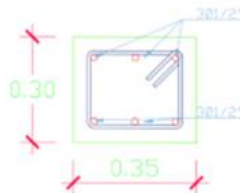
Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 25x30 cm – Bloque N° 02 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.10 mm	44 mm	1/2"
	12.05 mm	44 mm	1/2"
	12.10 mm	44 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.15 mm	45 mm	1/2"
	12.17 mm	45 mm	1/2"
	12.15 mm	45 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 118910

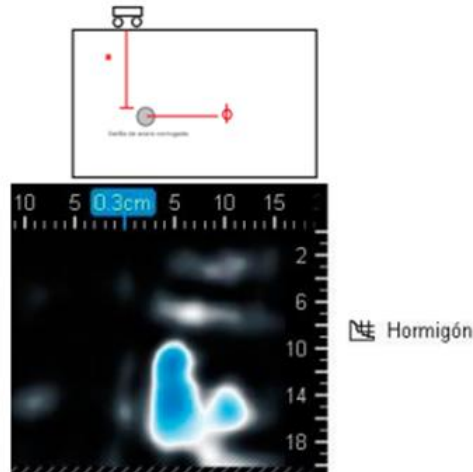
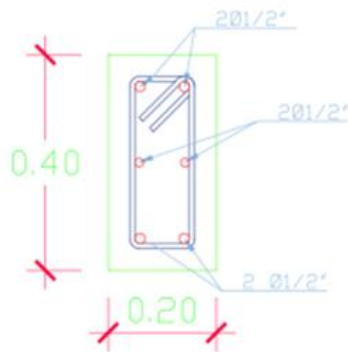


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 20x40 cm – Bloque N° 02 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Ø: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.10 mm	41 mm	1/2"
	12.20 mm	41 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.14 mm	35 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.30 mm	42 mm	1/2"
	12.21 mm	42 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.15 mm	42 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256766
 Reg. RNP N° 118910

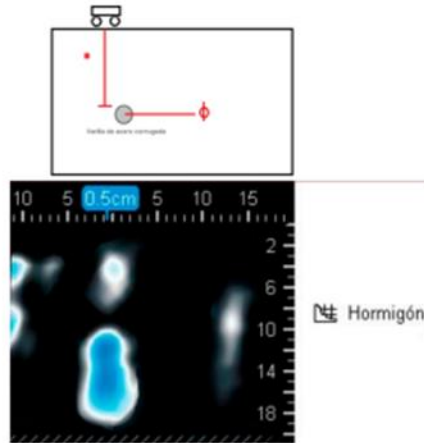
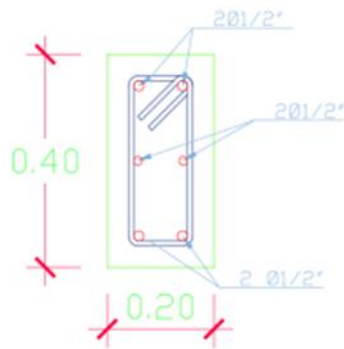


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Columna 20x40 cm – Bloque N° 02 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-TECT 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.30 mm	40 mm	1/2"
	12.15 mm	40 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.14 mm	40 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.30 mm	43 mm	1/2"
	12.21 mm	43 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.15 mm	45 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

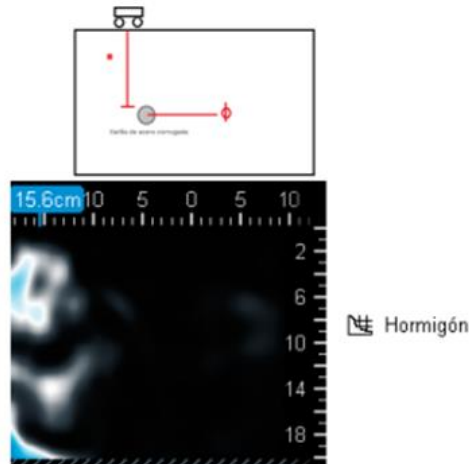
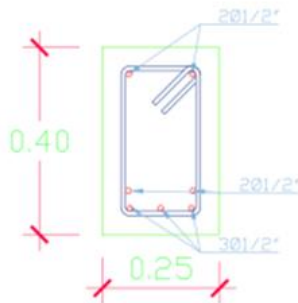


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 40x25 cm – Bloque N° 02 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.25 mm	44 mm	1/2"
	12.25 mm	44 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.11 mm	39 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.26 mm	41 mm	1/2"
	12.22 mm	41 mm	1/2"
	12.25 mm	41 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.12 mm	44 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 118910

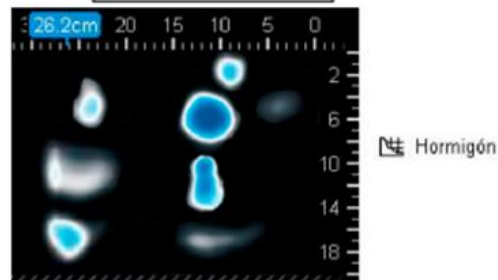
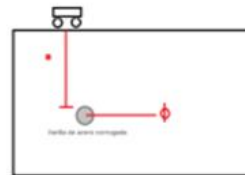
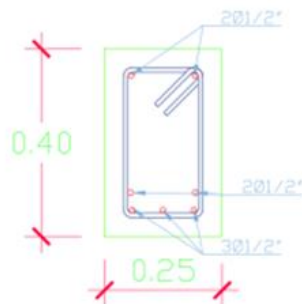


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 40x25 cm – Bloque N° 02 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.22 mm	45 mm	1/2"
	12.20 mm	45 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.10 mm	40 mm	1/2"
	12.35 mm	42 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.05 mm	42 mm	1/2"
	12.05 mm	42 mm	1/2"
	12.44 mm	45 mm	1/2"



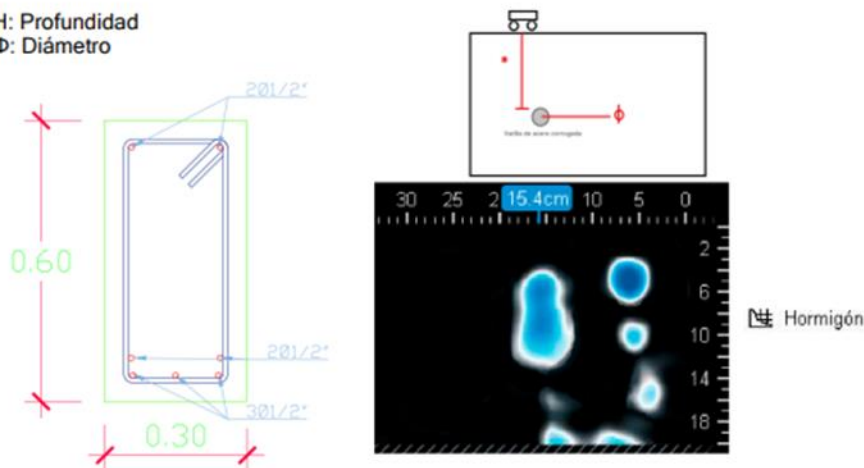
Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 256786
 Reg. RNP N° 118910

MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 60x30 cm – Bloque N° 02 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-TECT 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.27 mm	45 mm	1/2"
	12.20 mm	45 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.00 mm	42 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.31 mm	39 mm	1/2"
	12.35 mm	39 mm	1/2"
	12.15 mm	39 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.20 mm	41 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 256786
 Reg. RNP N° 116910

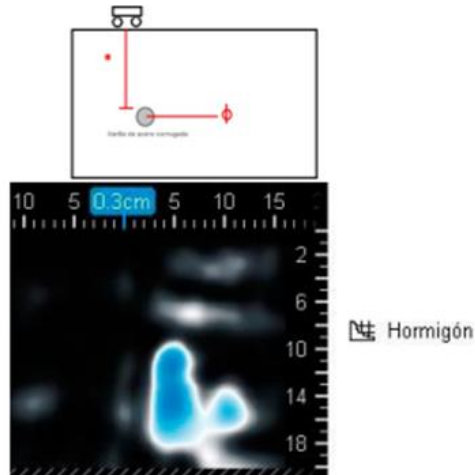
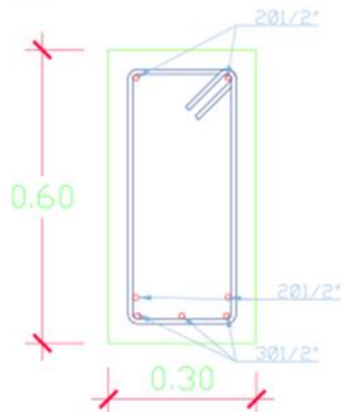


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 60x30 cm – Bloque N° 02 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.00 mm	45 mm	1/2"
	12.10 mm	45 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.10 mm	45 mm	1/2"
3 (cara 3)	12.15 mm	38 mm	1/2"
	12.25 mm	38 mm	1/2"
	12.25 mm	38 mm	1/2"
4 (cara 4)	12.28 mm	40 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 118910

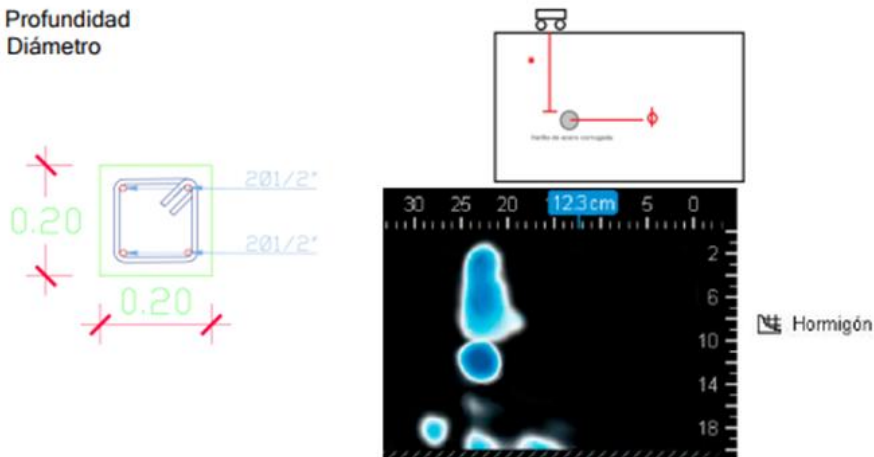


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la
 Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro
 Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 20x20 cm – Bloque N° 02 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.25 mm	41 mm	1/2"
	12.25 mm	41 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.10 mm	41 mm	1/2"
	12.10 mm	41 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

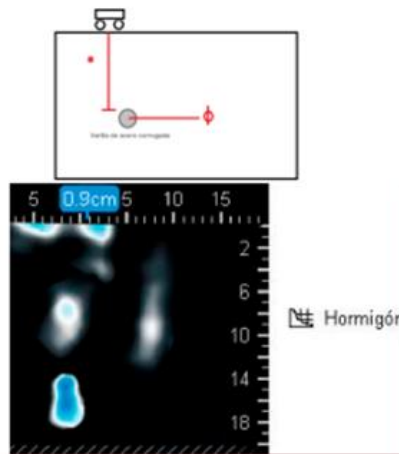
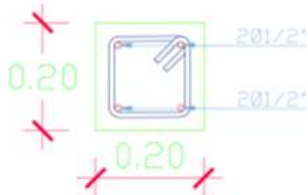


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 20x20 cm – Bloque N° 02 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.30 mm	40 mm	1/2"
	12.30 mm	40 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.12 mm	41 mm	1/2"
	12.10 mm	41 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

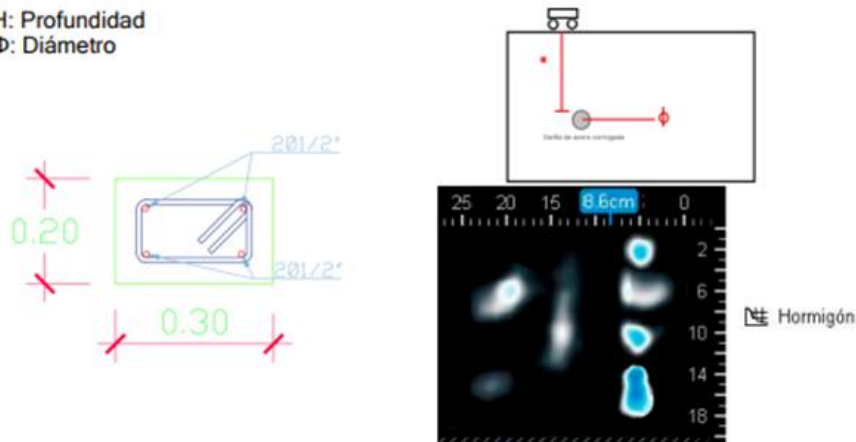


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 20x30 cm – Bloque N° 02 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.31 mm	40 mm	1/2"
	12.32 mm	40 mm	1/2"
2 (cara 2)	19.90 mm	44 mm	1/2"
	12.00 mm	44 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 256786
 Reg. RNP. N° 118910

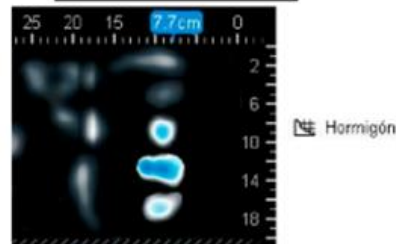
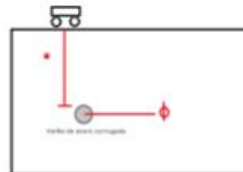
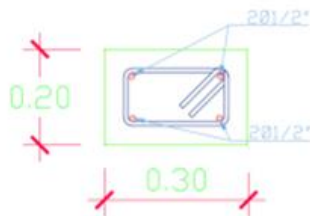


MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO (ESCANER NORMA ASTM C597)

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Viga 20x30 cm – Bloque N° 02 – Piso N°02
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	12.00 mm	39 mm	1/2"
	12.10 mm	39 mm	1/2"
2 (cara 2)	12.20 mm	43 mm	1/2"
	12.15 mm	43 mm	1/2"



Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 256786
 Reg. RNP N° 118910



Razón Social : DGA LABORATORIO DE INVESTIGACION E.I.E.L
 R.U.C. : 20608988948
 REG. NUMERO RNP : 1893694
 OFICINA : Urb. Aduca E4 – Cerro Colorado
 PAGINA WEB : www.dga-ing.com
 CEL: 947715581, 966314618 CORREO: dmgonzales@dga-ing.com

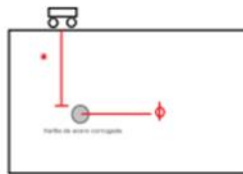
Pág. 35 - 35

**MÉTODO ELECTROMAGNÉTICO
 (ESCANER NORMA ASTM C597)**

Tesis: Evaluación sísmica y propuesta de diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa Nuestra Señora de los dolores departamento de Arequipa

Solicitante : Catherine Beldad Pajares Chambi
 Frank Abel Yugar Linares
Ubicación : Calle Miguel Grau Nro. 301 Urbanización - La libertad Distrito Cerro Colorado Arequipa - Perú
Muestra : Aligerado 20 cm – Bloque N° 02 – Piso N°01
Infraestructura : I.E. Nuestra Señora de los Dolores
Fecha : 12 de oct. de 2023

H: Profundidad
 Φ: Diámetro



El equipo Wallscanner D-tect 200C detectó las varillas de acero corrugado mediante un sistema digital de ondas para registrar la posición y el diámetro de ellas.

Numero de ensayo	Diámetro (mm)	Recubrimiento	Diámetro equivalente
1 (cara 1)	9.15mm	35 mm	3/8"
2 (cara 2)	12.22 mm	35 mm	1/2"

Ing. Daniel Mario Gonzalez Arce
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 1256786
 Reg. RNP. N° 118910

www.dga-ing.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 224 - 2023***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza, Presión y Dureza*

Página 1 de 3

1. Orden de trabajo	OT 0264-23	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	KARVOT GROUP SERVICIOS GENERALES E.I.R.L	
3. Dirección	Otr. Zona B Mza. N lote. 4 Coor. Ramiro Priale, Alto Selva Alegre - Arequipa - AREQUIPA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de medición	MARTILLO PARA PRUEBA DE CONCRETO ESCLERÓMETRO	
Marca	HEBEI INSTRUMENTS	
Modelo	N	
Número de Serie	568 (*)	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Alcance de Indicación	100 Número de Rebote	
Div. Escala / Resolución	1 Número de Rebote	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Tipo	ANALOGICO	
5. Fecha de Calibración	2023-08-01	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe de Laboratorio de Metrología

Sello

2023-08-04



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 224 - 2023***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza, Presión y Dureza*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración fue efectuada mediante una serie de mediciones del instrumento a calibrar en comparación con los patrones de referencia del laboratorio de calibración considerando las especificaciones requeridas en la norma internacional ASTM C805/C805M-18 "Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete".

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Dureza de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,2 °C	23,3 °C
Humedad Relativa	66,4 %	66,4 %

9. Patrones de referencia

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Yunque de Calibración FORNEY LA-0385	LABORATORIO DE MATERIALES / PUCP MAT-ENE-0075/2023

10. Observaciones

- (*) N{numero de serie indicado en una etiqueta adherido al instrumento.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El yunque de calibración se colocó sobre una base rígida para obtener números de rebote confiable.
- La calibración en el yunque de calibración, no garantiza que el martillo dará lecturas repetibles en otros puntos de la escala de lectura.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LFP - 224 - 2023***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza, Presión y Dureza*


Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Número de Mediciones	Lectura Indicada del Instrumento a Calibrar
1	78,5
2	79,0
3	78,5
4	79,0
5	79,0
6	78,5
7	78,5
8	79,0
9	79,0
10	79,0
PROMEDIO	78,8
Desv. Estándar	0,3

Incertidumbre de la medición = $\pm 0,9$ **Nota 1.-** Para una mejor toma de datos se subdividió la división mínima del equipo en 2 partes.**Nota 2.-** El error máximo permitido de rebote para un esclerómetro es de 80 ± 2 , según norma internacional ASTM C805.

Fin del documento

 <small>INSTITUCIÓN DE CONTROL DE CALIDAD ADP S.A.C.</small>	INFORME	GEO-FO-005-F001
	GEOCALIDA-LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	Revisión: 0
	METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON	Fecha de Aprobación: 01/01/2023
	ASTM C39/C39M-20	Página: 1 de 1

PROYECTO: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN: AREQUIPA-AREQUIPA

SOLICITANTE: CATHERINE BELDAD PAJARES CHAMBI - FRANKABEL YUGAR LINARES
UBICACIÓN DE PROYECTO: CALLE MIGUEL GRAU NRO. 301 URBANIZACIÓN - LA LIBERTAD DISTRITO CERRO COLORADO AREQUIPA - PERÚ
FECHA DE ENTREGA: 09/10/2023

Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C39/C39M-20

Tipo de Muestra: Concreto endurecido

F_c de diseño: 175 kg/cm²

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	ÁREA (mm ²)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (KN)	ESFUERZO kg/cm ²
PR1	09/09/2023	07/10/2023	28	150.01	301.02	17673.53	2	2.01	212.6	122.58
PR2	04/09/2023	07/10/2023	33	150.02	301.03	17676.17	2	2.01	316.3	182.35

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation*	Acceptable Range* of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. (150 by 300 mm)			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
4 by 8 in. (100 by 200 mm)			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39

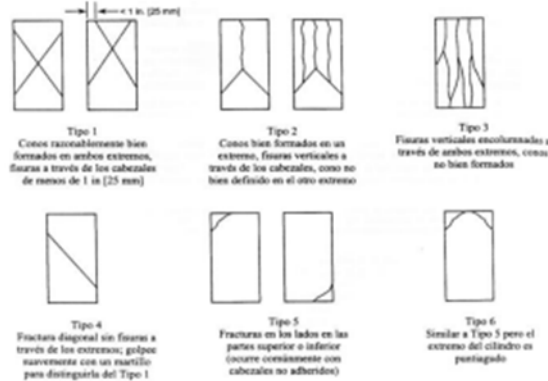


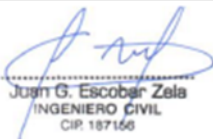


FIG. 3 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos
Fuente: ASTM C39


OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

GEOCALIDA Y CONTROL DE CALIDAD ADP S.A.C.

<small>TECNICO-LGEO</small> 	<small>JEFE-LGEO</small>  Nils Y. Copaja Pilco <small>INGENIERO GEOTECNICO CIP. 202546 GEOCALIDA Y CONTROL DE CALIDAD ADP S.A.C.</small>	<small>CQC-LGEO</small>  Juan G. Escobar Zela <small>INGENIERO CIVIL CIP. 187166</small>
--	---	---

El laboratorio no se hace responsable del mal uso o la incorrecta interpretación de los resultados indicados en este documento.
Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización del "LABORATORIO GEOCALIDA ADP S.A.C." Av. Brasil 454-Miguel Grau-Piscapajas-Arequipa-Celular: 94037574 E-mail: geocalidaycontrolcalidad@adp.com

 GEOCALIDA <small>SECTORA Y CONTROL DE CALIDAD AQP S.A.C.</small>	INFORME	GEO-FO-006-F001
	GEOCALIDA-LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	Revisión: 0
	METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON	Fecha de Aprobación: 01/01/2023
	ASTM C39/C39M-20	Página: 1 de 1

PROYECTO: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN: AREQUIPA-AREQUIPA

SOLICITANTE: CATHERINE BELDAD PAJARES CHAMBI - FRANK ABEL YUGAR LINARES
UBICACIÓN DE PROYECTO: CALLE MIGUEL GRAU NRO. 301 URBANIZACIÓN - LA LIBERTAD DISTRITO CERRO COLORADO AREQUIPA - PERÚ
FECHA DE ENTREGA: 09/10/2023

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
 ASTM C39/C39M-20**

Tipo de Muestra: Concreto endurecido

F c de diseño: 210 kg/cm²

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	ÁREA (mm ²)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (KN)	ESFUERZO kg/cm ²
PR3	09/09/2023	07/10/2023	28	150.03	301.02	17678.53	2	2.01	150.03	202.10
PR4	04/09/2023	07/10/2023	33	150.02	301.03	17676.17	2	2.01	150.02	219.50
PR5	28/08/2023	07/10/2023	40	150.01	301.02	17678.53	2	2.01	150.02	247.50
PR6	28/08/2023	06/10/2023	39	150.01	301.02	17678.53	2	2.01	150.02	252.30

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table. Note 11:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39

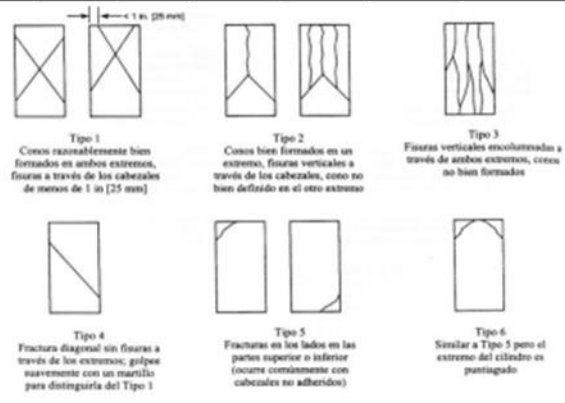


FIG. 2 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39


OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD AQP S.A.C.

TECNICO-LGEO 	JEFE-LGEO  Nils Y. Capana Pilco INGENIERO GEOTECNICO CIP: 202946 GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD AQP S.A.C.	COC-LGEO  Juan G. Escobar Zela INGENIERO CIVIL CIP: 187166
--	--	---

El laboratorio no se hace responsable del mal uso o la incorrecta interpretación de los resultados descritos en este documento.
 Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización del "LABORATORIO GEOCALIDA AQP S.A.C." Av. José AN Miguel Grau-Pucallpa-Arequipa-Celular 94432574 E-mail: geotecnycontrolcalidad@nortel.com

	INFORME	GEO-FO-006-F001
	GEOCALIDA-LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	Revisión: 0
	METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS DE HORMIGON ASTM C39/C39M-20	Fecha de Aprobación: 01/01/2023 Página: 1 de 1

PROYECTO: EVALUACIÓN SÍSMICA Y PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA NUESTRA SEÑORA DE LOS DOLORES DEPARTAMENTO DE AREQUIPA
UBICACIÓN: AREQUIPA-AREQUIPA

SOLICITANTE: CATHERINE BELDAD PAJARES CHAMBI - FRANK ABEL YUGAR LINARES
UBICACIÓN DE PROYECTO: CALLE MIGUEL GRAU NRO. 301 URBANIZACIÓN - LA LIBERTAD DISTRITO CERRO COLORADO AREQUIPA - PERÚ
FECHA DE ENTREGA: 09/10/2023

**Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C39/C39M-20**

Tipo de Muestra: Concreto endurecido

F_c de diseño: 315 kg/cm²

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)	ÁREA (mm ²)	TIPO DE FALLA	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	FUERZA MÁXIMA (KN)	ESFUERZO kg/cm ²
PR9	26/08/2023	06/10/2023	39	150.02	301.03	17678.53	2	2.01	963.75	325.30
PR10	26/08/2023	06/10/2023	39	150.03	301.01	17673.81	2	2.01	968.17	327.80

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 11:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

Fuente: ASTM C39

	Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. [150 by 300 mm] Laboratory conditions Field conditions	2.4 % 2.9 %	6.6 % 8.0 %	7.8 % 9.5 %
4 by 8 in. [100 by 200 mm] Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: ASTM C39

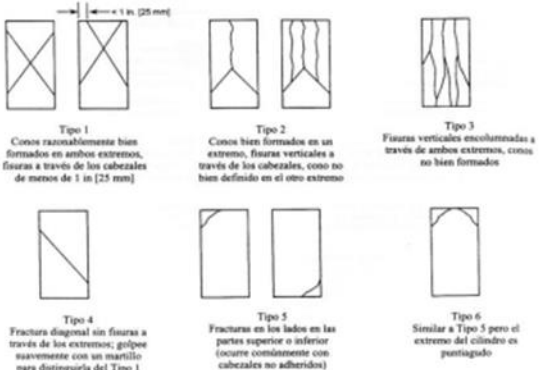



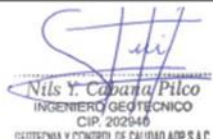
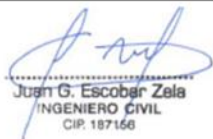
FIG. 2 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD ADP S.A.C.

TECNICO-LGEO 	JEFE-LGEO  Nils Y. Capana Pilco INGENIERO GEOTECNICO CIP: 202646 GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD ADP S.A.C.	CDC-LGEO  Juan G. Escobar Zela INGENIERO CIVIL CIP: 187166
--	--	---

El laboratorio no se hace responsable del mal uso o la incorrecta interpretación de los resultados científicos en este documento.
 Prohibida la reproducción total de este documento sin la autorización del "LABORATORIO GEOCALIDA ADP S.A.C." Av. Brasil 404 Miguel Grau-Piucapata-Arequipa-Cusco-84437574-E-mail: geotecnycontrolcalidad@geocalida.com

ANEXO III:
PLANOS DE BLOQUE 2

ANEXO IV:
PLANO REFORZADO BLOQUE 1

ANEXO V:
PLANO REFORZADO BLOQUE 2

ANEXO VI:
DESARROLLO DE HIROSAWA BLOQUE 1

ANEXO VII:
DESARROLLO DE HIROSAWA BLOQUE 2

ANEXO VIII:
DIAGRAMA DE ITERACION DE COLUMNAS

ANEXO IX:
ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO X:
ESCANEEO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ANEXO XI:
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN ESCLEROMETRO

ANEXO XII:
CERTIFICADOS DE ROTURA