

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO
DE BENEDETTI Y PETRINI EN UNA INSTITUCIÓN
EDUCATIVA, EN JAÉN, AÑO.2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor : Br. Secundino Ramirez Julcamoro.

Asesor : Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón.

JAÉN - PERÚ, ENERO, 2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 19 de Febrero del año 2020; siendo las 12:30 horas, se reunieron los **Miembros del Jurado Evaluador**:

Presidente Mg. MARCO ANTONIO AGUIRRE CAMACHO
Secretario Mg. CHRISTIAAN ZAYED APAZA PANCA
Vocal Mg. MARCO ANTONIO GONZALES SANTISTEBAN

Para evaluar la Sustentación del **INFORME FINAL DE TESIS**; titulado: "VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI Y PETRINI EN UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA, EN JAÉN, AÑO 2019", presentado por el **Bachiller Secundino Ramirez Julcamoro** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, los **Miembros del Jurado Evaluador** acuerdan:

Aprobar Desaprobar Unanimidad Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	()
Bueno	14, 15	(15)
Regular	13	()
Desaprobado	12 o menos	()

Siendo las 13:15 horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mg. CHRISTIAAN ZAYED APAZA PANCA
Secretario Jurado Evaluador

Mg. MARCO ANTONIO AGUIRRE CAMACHO
Presidente Jurado Evaluador

Mg. MARCO ANTONIO GONZALES SANTISTEBAN
Vocal Jurado Evaluador

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
I. INTRODUCCIÓN	17
1.1 Problema.....	17
1.1.1 Situación problemática.....	17
1.1.2 Problema de investigación	17
1.2 Justificación	18
1.3 Antecedentes.....	18
1.3.1 A nivel Internacional.....	18
1.3.2 A nivel Nacional.....	20
1.3.3 A nivel Local.....	21
1.4 Bases teóricas	23
1.4.1 Vulnerabilidad sísmica.....	23
1.4.2 Método de Benedetti y Petrini.....	25
1.4.3 Instituciones Educativas	40
1.4.4 Software ETABS.....	41
1.4.5 Diseño Sismorresistente	42
II. OBJETIVOS	64
2.1 General.....	64
2.2 Específicos.....	64
III. MATERIALES Y MÉTODOS	65
3.1 Ubicación geográfica.....	65
3.2 Población, muestra y muestreo.....	70
3.2.1 Población.....	70
3.2.2 Muestra.....	70
3.2.3 Muestreo.....	70

3.3 Tipo de investigación	71
3.3.1 Según su finalidad	71
3.3.2 Según su diseño	71
3.3.3 Según su enfoque	71
3.4 Línea de investigación	71
3.5 Fuentes de información	71
3.5.1 Fuente primaria	71
3.5.2 Fuente Secundaria	72
3.6 Hipótesis	72
3.7 Variables	72
3.7.1 Variables dependientes.....	72
3.7.2 Variables independientes.....	72
3.8 Método.....	72
3.8.1 Deductivo – Inductivo.....	72
3.8.2 Análisis – Síntesis	72
3.9 Técnicas	73
3.9.1 Campo	73
3.9.2 Documental	73
3.10 Procedimiento de recolección de datos	73
3.10.1 Etapa N°01: Solicitud de copia digital de expediente técnico.	73
3.10.2 Etapa N°02: Solicitud de autorización para ejecución de tesis.	74
3.10.3 Etapa N°03: Elaboración de fichas de evaluación.	74
3.10.4 Etapa N°04: Elaboración de encuesta.	74
3.10.5 Etapa N°05: Toma de datos de cada módulo de la I.E Alfonso Villanueva Pinillos.....	75
3.10.6 Etapa N°06: Elaboración de planos de los módulos IV, VI y VIII.	82
IV. RESULTADOS	83

4.1 Evaluación de los parámetros del índice de vulnerabilidad para los módulos IV, VI y VIII.	83
4.1.1 Parámetro N°01: Tipo y organización.....	83
4.1.2 Parámetro N°02: Calidad del sistema resistente	88
4.1.3 Parámetro N°03: Resistencia convencional.	89
4.1.4 Parámetro N°04: Posición del edificio y cimentación	97
4.1.5 Parámetro N°05: Diafragmas horizontales.....	97
4.1.6 Parámetro N°06: Configuración en planta	99
4.1.7 Parámetro N°07: Configuración en Elevación	100
4.1.8 Parámetro N°08: Distancia máxima entre muros y columnas	101
4.1.9 Parámetro N°09: Tipo de cubierta.....	105
4.1.10 Parámetro N°10: Elementos no estructurales.....	107
4.1.11 Parámetro N° 11: Estado de conservación.	109
4.2 Determinación del índice de vulnerabilidad para los módulos IV, VI y VIII.	110
4.2.1 Índice de vulnerabilidad para los módulos IV y VIII de la IE “A.V.P”.....	110
4.2.2 Índice de vulnerabilidad para el módulo VI de la IE “A.V.P”	111
4.2.3 Resumen de resultados del índice de vulnerabilidad, módulos IV, VI y VIII. .	112
4.3 Análisis dinámico modal espectral del módulo VI de la IE “A.V.P” aplicando el software ETABS 2016 V.2.1, para obtener las derivas de entrepiso.	113
4.3.1. Materiales	113
4.3.2 Cargas.....	114
4.3.3 Secciones de los elementos.	117
4.3.4 Modelamiento del sistema estructural del módulo VI.	117
4.3.5 Derivas de entrepiso del módulo VI de la IE “A.V.P”.....	159
4.4 Cálculo de la fuerza cortante mínima del módulo VI de la IE “A.V.P”.....	161
4.4.1 Fuerza cortante en la base.	161
4.4.2 Fuerza cortante mínima.....	162

4.5 Resumen general de los métodos aplicados en esta investigación.	163
V. DISCUSIÓN	164
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
6.1 Conclusiones.....	166
6.2 Recomendaciones	167
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168
AGRADECIMIENTO	171
DEDICATORIA.....	172
ANEXOS	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores De Vulnerabilidad, Clases Y Pesos Para Edificios En Mampostería De Piedra.....	26
Tabla 2 Factores De Vulnerabilidad, Clases Y Pesos Para Edificios De Hormigón Armado.	27
Tabla 3 Modificación De Factores De Vulnerabilidad, Clases Y Pesos Para Edificios De Hormigón Armado Según C.N.R. Et Al. (1993a; 1993b).	27
Tabla 4 Asignación De Clases A Los Edificios De Mampostería No Reforzada	28
Tabla 5 Asignación De Clases A Los Edificios De Hormigón Armado	28
Tabla 6 Interpolación Lineal Para El Método.....	29
Tabla 7 Rangos De Índices De Vulnerabilidad.	29
Tabla 8 Comparación Entre El Método De Benedetti Y Petrini, Y Lo Exigido Por La Norma De Estructuras Peruana.....	39
Tabla 9 Factores De Zona "Z"	43
Tabla 10 Clasificación De Los Perfiles De Suelo	45
Tabla 11 Factor De Suelo "S"	45
Tabla 12 Períodos "Tp" Y "TI"	45
Tabla 13 Categoría De Las Edificaciones Y Factor "U"	47
Tabla 14 Categoría Y Sistema Estructural De Las Edificaciones	49
Tabla 15 Sistemas Estructurales	50
Tabla 16 Irregularidades Estructurales En Altura	51
Tabla 17 Irregularidades Estructurales En Planta.....	53
Tabla 18 Categoría Y Regularidad De Las Edificaciones	54
Tabla 19 Límites para la distorsión del entrepiso.....	60
Tabla 20 Valores de C1	62
Tabla 21 Ubicación, coordenadas y altitudes de los módulos en estudio.....	70
Tabla 22 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N°01 de Benedetti y Petrini.	88
Tabla 23 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 02 de Benedetti y Petrini.	88
Tabla 24 Áreas resistente en la dirección "X-X" (Ax), para los Módulos IV y VIII	89
Tabla 25 Áreas resistentes en la dirección "Y-Y" (Ay), para los módulos IV y VIII.	90

Tabla 26 Valores empleados para el cálculo del peso del Módulo IV y VII.....	90
Tabla 27 Áreas resistente en la dirección "X-X" (A_x), para el Módulo VI.....	93
Tabla 28 Áreas resistentes en la dirección "Y-Y" (A_y), para el módulo VI.	94
Tabla 29 Valores empleados para el cálculo del peso del Módulo VI	94
Tabla 30 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 03 de Benedetti y Petrini.	96
Tabla 31 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 04 de Benedetti y Petrini.	97
Tabla 32 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 05 de Benedetti y Petrini.	99
Tabla 33 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 06 de Benedetti y Petrini.	100
Tabla 34 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 07 de Benedetti y Petrini.	101
Tabla 35 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 08 de Benedetti y Petrini.	105
Tabla 36 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 09 de Benedetti y Petrini.	106
Tabla 37 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 10 de Benedetti y Petrini.	108
Tabla 38 Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 11 de Benedetti y Petrini.	109
Tabla 39 Resultados del índice de vulnerabilidad, para los módulos IV y VIII.....	110
Tabla 40 Nivel de vulnerabilidad para los módulos IV y VIII.	110
Tabla 41 Resultados del índice de vulnerabilidad, para el módulo VI.....	111
Tabla 42 Nivel de vulnerabilidad para el módulo VI.	111
Tabla 43 Cargas distribuidas de la tabiquería del módulo VI	116
Tabla 44 Cargas asignadas en el análisis dinámico modal espectral del módulo VI.	130
Tabla 45 Parámetros sismorresistentes para definir el espectro sísmico en la dirección "X-X"	140
Tabla 46 Parámetros sismorresistentes para definir el espectro sísmico en la dirección "Y-Y"	140
Tabla 47 Espectro inelástico pseudo-aceleraciones en la dirección "X-X"	141

Tabla 48 Espectro inelástico pseudo-aceleraciones en la dirección "Y-Y"	142
Tabla 49 Irregularidad de rigidez en las direcciones "X-X", e "Y-Y", para un análisis dinámico.	148
Tabla 50 Irregularidad de resistencia en las direcciones "X-X", e "Y-Y", para un análisis dinámico.	148
Tabla 51 Irregularidad extrema de rigidez en las direcciones "X-X", e "Y-Y", para un análisis dinámico.	149
Tabla 52 Irregularidad extrema de resistencia en las direcciones "X-X", e "Y-Y", para un análisis dinámico.	149
Tabla 53 Irregularidad de masa o peso en las direcciones "X-X", e "Y-Y".	150
Tabla 54 Irregularidad geométrica vertical en las direcciones "X-X", e "Y-Y"	150
Tabla 55 Irregularidad torsional en la dirección "X-X", para derivas inelásticas.	151
Tabla 56 Irregularidad torsional en la dirección "Y-Y", para derivas inelásticas.	152
Tabla 57 Irregularidad torsional extrema en la dirección "X-X", para derivas inelásticas.	152
Tabla 58 Irregularidad torsional extrema en la dirección "Y-Y", para derivas inelásticas.	153
Tabla 59 Resumen de irregularidades en altura que presenta el módulo VI.	154
Tabla 60 Resumen de irregularidades en planta que presenta el módulo VI.	154
Tabla 61 Nuevos parámetros sismorresistentes para la dirección "X-X", obtenidos luego de un control de irregularidades y corrido el análisis sísmico dinámico.	155
Tabla 62 Nuevos parámetros sismorresistentes para la dirección "Y-Y", obtenidos luego de un control de irregularidades y corrido el análisis sísmico dinámico.	155
Tabla 63 Resultados de las derivas de entrepiso para el módulo VI de la IE "A.V.P". ...	161
Tabla 64 Peso de la edificación (Módulo VI).....	162
Tabla 65 Fuerza cortante dinámica para el Módulo VI.....	162
Tabla 66 Resumen general de resultados obtenidos por el método de Benedetti y Petrini.	163
Tabla 67 Resumen general de resultados obtenidos por el análisis dinámico modal espectral.	163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: <i>Configuración en planta de la estructura</i>	34
Ilustración 2: <i>Configuración en altura de la estructura</i>	35
Ilustración 3: <i>Parámetros de Benedetti y Petrini representados en una edificación.</i>	38
Ilustración 4: <i>Zonas sísmicas</i>	42
Ilustración 5: <i>Mapa político del Perú</i>	65
Ilustración 6: <i>Mapa político del departamento de Cajamarca</i>	66
Ilustración 7: <i>Mapa político de la provincia de Jaén.</i>	67
Ilustración 8: <i>Ubicación de la I.E “Alfonso Villanueva Pinillos”</i>	68
Ilustración 9: <i>Plano de la planta general de la IE Alfonso Villanueva Pinillos: Ubicación de los Módulos IV, VI y VIII</i>	69
Ilustración 10: <i>Aparece muro portante en el 2° nivel, módulo IV.</i>	75
Ilustración 11: <i>Inadecuada distancia de separación entre Módulo IV y escalera.</i>	75
Ilustración 12: <i>Posible irregularidad geométrica vertical en el 2° piso del Módulo VI.</i> ..	76
Ilustración 13: <i>Columnetas de volado cumplen funciones de soporte y transmisión de cargas, en los módulos IV y VIII.</i>	76
Ilustración 14: <i>Reducción abrupta de área de elementos verticales resistentes (columnas), en los módulos IV y VIII.</i>	77
Ilustración 15: <i>En el 2° nivel se obvia la separación existente en el 1° nivel, entre módulos IV y VIII.</i>	77
Ilustración 16: <i>Techo de cobertura liviana (calamina zinc + tijerales metálicos), en el 2° nivel de los módulos IV y VIII.</i>	78
Ilustración 17: <i>Sistema dual (pórticos en eje “X” + muros de albañilería en eje “Y”), módulos IV y VIII.</i>	78
Ilustración 18: <i>Diafragmas, vigas, columnas y columnetas de concreto armado, en el módulo VI.</i>	79
Ilustración 19: <i>Sistema dual (pórticos en eje “X” + muros de albañilería en eje “Y”), módulo VI.</i>	79
Ilustración 20: <i>Se realiza medidas de las elevaciones del módulo VI.</i>	80
Ilustración 21: <i>Toma de medidas de los elementos resistentes del módulo VI.</i>	80
Ilustración 22: <i>Mediciones de los elementos resistentes del módulo IV y VIII.</i>	81
Ilustración 23: <i>Mediciones de los muros del 2° nivel de los módulos IV y VIII.</i>	81

Ilustración 24: Plano de Distribución de 1° nivel _módulos IV y VIII: ubicación de muros portantes de $e=0.25$	84
Ilustración 25: Plano de Distribución de 2° nivel _módulos IV y VIII: discontinuidad y reducción de espesor de muros portantes ($e=0.15$), con respecto al 1° nivel.	84
Ilustración 26: Reducción abrupta se sección de columnas _módulos IV y VIII; en el eje A-A (imagen derecha), y en el eje C-C (imagen izquierda).....	85
Ilustración 27: : Plano de Distribución de 1° nivel_ módulo VI: ubicación de muros portantes de $e=0.25$	86
Ilustración 28: Plano de Distribución de 2° nivel _módulo VI: discontinuidad y reducción de espesor de muros portantes ($e=0.15$), con respecto al 1° nivel.	86
Ilustración 29: Plano Elevación posterior _MOD - 06: discontinuidad de columnas en eje 7-7 del 2° piso.....	87
Ilustración 30: Plano de Elevación lateral derecha _MOD – 06: han colocado muros de albañilería, columnas y puertas a partir del 2° nivel (discontinuidad en los sistemas resistentes).	87
Ilustración 31: Plano de elevación frontal _Módulos IV y VIII; desaparece junta sísmica en el 2° piso.	98
Ilustración 32: Plano de elevación posterior _Módulos IV y VIII; desaparece junta sísmica en el 2° piso	98
Ilustración 33: Plano de elevación frontal _Módulo VI; medidas para calcular la irregularidad en elevación.	101
Ilustración 34: Plano de losa aligerada de 1° piso _Módulo IV y VIII; ubicación de las dos escaleras.	102
Ilustración 35: Deficiente separación entre el módulo IV y la escalera, separación=1cm.	102
Ilustración 36: Deficiente separación entre el módulo VIII y la escalera, separación=1cm.	103
Ilustración 37: Plano de losa aligerada de 1° piso _Módulo VI; ubicación de la escaleras.	104
Ilustración 38: Deficiente separación entre el módulo VI y la escalera, separación=3cm.	104
Ilustración 39: Plano de techo de cobertura liviana 2° nivel _módulos IV y VIII.....	105

Ilustración 40: Cobertura de calamina, soportada por correas, apoyadas en tijerales y conectadas a las estructuras de concreto, en el 2° piso de los módulos IV y VIII.....	106
Ilustración 41: Problema de columna corta, localizados en los ejes A-A y C-C, del 2° piso de los módulos IV y VIII.	107
Ilustración 42: Problema de columna corta, localizado en el eje 6-6, del 2° piso del módulo VI.	108
Ilustración 43: Calificaciones para cada parámetro de los módulos IV, VI y VIII.	112
Ilustración 44: Nivel de vulnerabilidad sísmica de los módulos IV, VI y VIII.....	112
Ilustración 45: Porcentaje de los niveles de vulnerabilidad sísmica en los módulos de la IE “A.V.P”.	113
Ilustración 46: Definición de distancias entre ejes para el módulo VI.....	118
Ilustración 47: Definición de alturas para el módulo VI.	118
Ilustración 48: Definición de unidades; longitud en “m”, y la fuerza “Tn”.....	119
Ilustración 49: Definición de las propiedades del concreto.	119
Ilustración 50: Definición de las propiedades de la albañilería.	120
Ilustración 51: Definición de las propiedades del acero.	120
Ilustración 52: Definición de la COL. “L” (0.50x0.50x0.25) en Section Designer.....	121
Ilustración 53: Definición de la COL. “T” (0.75x0.50x0.25) en Section Designer.....	121
Ilustración 54: Definición de la COL. (0.15x0.30), en frame section property.	122
Ilustración 55: Definición de la COL. (0.25x0.25), en frame section property.	122
Ilustración 56: Definición de la VP-101 (0.25x0.50), en frame section property.....	123
Ilustración 57: Definición de la VP-102 (0.25x0.40), en frame section property.....	123
Ilustración 58: Definición de la VP-101.1’ (0.25x0.50) a (0.25x0.20)-viga cola de pato, en Nonprismatic.	124
Ilustración 59: Definición de la VP-102.1’ (0.25x0.40) a (0.25x0.20)-viga cola de pato, en Nonprismatic.	124
Ilustración 60: Definición de la VS-101 (0.25x0.30), en frame section property.	125
Ilustración 61: Definición de la VA-101 (0.15x0.20), en frame section property.....	125
Ilustración 62: Definición del muro de albañilería $e=0.25m$, en Wall property.	126
Ilustración 63: Definición del muro de albañilería $e=0.15m$, en Wall property.	126
Ilustración 64: Definición de losa aligerada $e=0.20m$, en Slab property.	127
Ilustración 65: Dibujo de todas las columnas del sistema estructural del módulo VI....	127

Ilustración 66: Dibujo de todas los muros de albañilería del sistema estructural del módulo VI.	128
Ilustración 67: Dibujo de todas las vigas y losas aligeradas del sistema estructural del módulo VI.	128
Ilustración 68: Sistema estructural completo del módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos.	129
Ilustración 69: Vista 3D Rendered View, del módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos.	129
Ilustración 70: Cargas vivas aplicadas en aulas y corredores del 1° techo del módulo VI de la IE "A.V.P"	131
Ilustración 71: Carga viva aplicado en azotea del módulo VI de la IE "A.V.P"	131
Ilustración 72: Carga de acabados + ladrillo de losa, aplicado en 1°, 2° techo del módulo VI.	132
Ilustración 73: Carga muerta de tabiquería, aplicado en 1°, 2° techo del módulo VI de la IE "A.V.P"	132
Ilustración 74: Muros de albañilería discretizados para cumplir su función como portantes.	133
Ilustración 75: Restricciones de empotramiento en la base de la estructura.	133
Ilustración 76: Losas aligeradas asignadas como diafragmas rígidos.	134
Ilustración 77: Asignación de brazos rígidos para unir vigas y columnas.	134
Ilustración 78: Amarre entre muros, ya que su comportamiento con la losa es monolítica.	135
Ilustración 79: Definición de masa sísmica (100% CM + 50% CV + 25% CT)	135
Ilustración 80: Patrones de carga vivas y muertas aplicados en el módulo VI de la IE "A.V.P".	136
Ilustración 81: Configuración en altura de la estructura	136
Ilustración 82: El chequeo del modelo muestra que no tenemos errores de conectividad.	137
Ilustración 83: El análisis modal muestra que en el modo 1 hay una mayor masa participativa concentrada en la dirección "X-X", y en el modo 2 en la dirección "Y-Y".	137
Ilustración 84: Periodos de vibración (T) en la dirección "X-X" y "Y-Y", obtenidos a partir de la masa participativa de la edificación.	138

Ilustración 85: <i>Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en l dirección “X-X”</i>	144
Ilustración 86: <i>Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en l dirección “Y-Y”</i>	144
Ilustración 87: <i>Espectro “T” vs “C” cargado en el ETABS para realizar el análisis dinámico</i>	145
Ilustración 88: <i>Definición del sismo dinámico en “X-X” usando la combinación cuadrática completa</i>	146
Ilustración 89: <i>Definición del sismo dinámico en “Y-Y” usando la combinación cuadrática completa</i>	147
Ilustración 90: <i>Casos dinámicos tanto en “X-X” (SDXX), e “Y-Y” (SDYY)</i>	147
Ilustración 91: <i>Definición del sismo dinámico en “X-X” aplicando el nuevo valor de Z.U.S.g/R</i>	156
Ilustración 92: <i>Definición del sismo dinámico en “Y-Y” aplicando el nuevo valor de Z.U.S.g/R</i>	157
Ilustración 93: <i>Chequeo del modelo</i>	157
Ilustración 94: <i>Se muestra que el modelo ha sido desarrollado de manera correcta</i>	158
Ilustración 95: <i>Se muestra todos los casos corridos para el análisis dinámico modal espectral</i>	158
Ilustración 96: <i>Se aprecia un movimiento de traslación en X (mode 1), un movimiento de traslación en Y (mode 2), y un movimiento de torsión (mode 4)</i>	159
Ilustración 97: <i>Definición de combinación de carga para la deriva inelástica en la dirección “X-X”</i>	160
Ilustración 98: <i>Definición de combinación de carga para la deriva inelástica en la dirección “Y-Y”</i>	160
Ilustración 99: <i>Combinación de carga que permitió obtener el peso de la edificación</i> . .	161

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula del índice de vulnerabilidad para edificios de mampostería reforzada.	28
Ecuación 2: Fórmula del índice de vulnerabilidad para edificios de hormigón armado. ...	29
Ecuación 3: Fórmula de la resistencia cortante.	31
Ecuación 4: Fórmula del peso de la edificación que es resistido por la estructura.	31
Ecuación 5: Fórmula del coeficiente sísmico resistente.	32
Ecuación 6: Fórmula del coeficiente sísmico exigido.	32
Ecuación 7: Fórmula de la demanda de la ductilidad.	32
Ecuación 8: Fórmula del coeficiente αh	33
Ecuación 9: Fórmula los parámetros β_1 y β_2	34
Ecuación 10: Fórmula del factor de amplificación sísmica, T menor a T_p	46
Ecuación 11: Fórmula del factor de amplificación sísmica, T mayor a T_p , pero menor que T_l	46
Ecuación 12: Fórmula del factor de amplificación sísmica, T mayor a T_l	46
Ecuación 13: Fórmula del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas, R.	55
Ecuación 14: Fórmula de la fuerza cortante en la base.	56
Ecuación 15: Fórmula de la distribución de la Fuerzas Sísmicas en Altura.	56
Ecuación 16: Fórmula del coeficiente α_i	56
Ecuación 17: Fórmula del periodo fundamental de vibración.	56
Ecuación 18: Fórmula alternativa del periodo fundamental de vibración.	57
Ecuación 19: Fórmula de la aceleración espectral.	58
Ecuación 20: Fórmula de la separación entre edificios.	60
Ecuación 21: Fórmula de la fuerza sísmica horizontal para elementos no estructurales. ..	61
Ecuación 22: Fórmula de la fuerza lateral donde se apoya el elemento no estructural.	62
Ecuación 23: Fórmula de la fuerza horizontal en elementos no estructurales localizados en la base de la estructura.	63

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, evalúa la vulnerabilidad sísmica, en términos cualitativos, de los módulos IV, VI y VIII de la I.E Alfonso Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén, para estimar un nivel de vulnerabilidad que permita conocer las condiciones que presenta la estructura ante la eventualidad de un movimiento telúrico. Para esta evaluación se eligió, mediante un muestreo no probabilístico intencional o derivado, los módulos IV, VI y VIII, seleccionada la muestra se evaluó las condiciones del sistema estructural aplicando los once parámetros del método de Benedetti y Petrini, para obtener datos más conservadores, se realizó un análisis dinámico modal espectral del módulo VI, asistido por el software ETABS 21016 V.2.1, aplicando los criterios sismorresistentes que establece la norma técnica E-030, dicho análisis permitió obtener los datos de las derivas inelásticas de entrepiso, así como la fuerza cortante mínima. Los resultados muestran, que aplicando el método de Benedetti y Petrini, los módulos IV-VIII presentan una vulnerabilidad media, y el módulo VI una vulnerabilidad alta, y el análisis dinámico modal espectral muestra que el módulo VI cumple en ambas direcciones con los límites de distorsión, pero no cumple con la fuerza cortante mínima.

PALABRAS CLAVES: Vulnerabilidad Sísmica, método de Benedetti y Petrini, instituciones educativas, software Etabs, diseño sismorresistente.

ABSTRACT

This research paper evaluates the seismic vulnerability, in qualitative terms, of modules IV, VI and VIII of the Alfonso Villanueva Pinillos IE of the city of Jaén, to estimate a level of vulnerability that allows us to know the conditions presented by the structure in the event of a telluric movement. For this evaluation, modules IV, VI and VIII were chosen by means of an intentional or derivative non-probabilistic sampling, the sample selected, the structural system conditions were evaluated applying the eleven parameters of the Benedetti and Petrini method, to obtain more conservative data, A dynamic modal spectral analysis of module VI was performed, assisted by the ETABS 21016 V.2.1 software, applying the seismic-resistant criteria established by the technical standard E-030, this analysis allowed to obtain the data of the inelastic drift of the mezzanine, as well as the minimum shear force. The results show that, by applying the Benedetti and Petrini method, modules IV-VIII present a medium vulnerability, and module VI a high vulnerability, and the dynamic modal spectral analysis shows that module VI complies in both directions with the limits of distortion, but does not meet the minimum shear force.

KEY WORDS: Seismic Vulnerability, Benedetti and Petrini method, educational institutions, Etabs software, earthquake resistant design.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema.

1.1.1 Situación problemática

La IE Alfonso Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén alberga una cantidad de 906 estudiantes, y cuenta con 09 módulos que fueron construidos el 23 de diciembre del 2010 e inaugurados el 08 de junio del 2012, durante visitas a esta institución educativa se pudo apreciar que a pesar de contar con una infraestructura de un poco más de 7 años de vida útil presenta irregularidades estructurales. Se deduce que a pesar de la actualización de las normas peruanas para diseño sismorresistente, tanto en nuestra localidad como en nuestro país se incurre en errores de diseño, ejecución y control de obra, sumado a esto no existe un plan de mantenimiento, ni fomentación de acciones que mitiguen un evento sísmico.

El sector II, área donde se encuentra la I.E Alfonso Villanueva Pinillos, presenta un peligro alto de origen climático-geológico, debido a que predominan suelos licuables y expansivos, en regular estado de conservación, viviendas en proceso de consolidación, deficiencia en los procesos constructivos, vías sin tratamiento, falta de un sistema de drenaje pluvial, lo que dificultaría el desplazamiento de la población en casos de emergencia. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2005, p. 83)

Por las razones antes expuestas, se podría pensar que la infraestructura educativa de la “I.E Alfonso Villanueva Pinillos” de la ciudad de Jaén, probablemente se encuentre vulnerable ante un evento sísmico, donde realizar una evaluación sísmica será sumamente importante para determinar la situación actual de dicha infraestructura.

1.1.2 Problema de investigación

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en una institución educativa, en Jaén, año.2019?

1.2 Justificación

La investigación propuesta se justifica porque se logrará determinar la vulnerabilidad sísmica en la I.E Alfonso Villanueva Pinillos aplicando el método de Benedetti y Petrini, provincia Jaén, región Cajamarca.2019.

En el caso de instalaciones y edificios que albergan servicios esenciales o de especial importancia, claramente, los beneficios de la seguridad trascienden los aspectos estrictamente económicos. Mejoras en las funciones y servicios e incluso la salvación de vidas humanas son ejemplos de los beneficios de la seguridad, en general y en el caso sísmico en particular. (Torres, 2013, p. 262)

Conociendo la vulnerabilidad sísmica de dicha infraestructura educativa, nos permitirá fomentar acciones de mitigación. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019), afirma: “La filosofía del diseño sismorresistente consiste en evitar pérdidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños de la propiedad” (p. 4).

1.3 Antecedentes.

1.3.1 A nivel Internacional.

(Morejón, et al., 2014) en el artículo “Evaluación del riesgo sísmico del fondo habitacional de las ciudades Guarenas y Guatire”, analizaron la vulnerabilidad de las ciudades de Guarenas y Guatire, Venezuela, mediante un análisis modal con espectro de respuesta, utilizando como fórmula de superposición modal la CQC (Combinación Cuadrática Completa), además de inspecciones visuales. Mediante el análisis modal determinaron que en la ciudad de Guatire el 50% de las edificaciones formales presentan una vulnerabilidad alta (no cumplen con los criterios de resistencia ni con los valores de las derivas admisibles), por lo que deben tomarse de inmediato medidas de reforzamiento estructural, por otro lado las inspecciones visuales estimaron que en la ciudad de Guarenas el 26% de las edificaciones formales

presentan una vulnerabilidad alta. En las inspecciones realizadas en los barrios de las ciudades Guarenas y Guatire, identificaron los siguientes problemas estructurales que afectan la vulnerabilidad de estas edificaciones: presencia de columnas cortas, elementos estructurales con secciones inadecuadas y refuerzos insuficientes, discontinuidad de ejes de columnas en los niveles superiores, adosamiento entre edificaciones aledañas, ausencias de vigas altas en una dirección, fuertes asimetrías de masas o rigideces en planta y elevación. (p. 44)

(López, 2009) en el artículo “Indicadores de riesgo sísmico en edificios escolares de Venezuela”, evalúa los indicadores de riesgo en las escuelas de Venezuela, mediante inspecciones rápidas y estudios detallados (modelos matemáticos lineales y no lineales basados en la norma estructural), afirmó que los efectos de 26 terremotos ocurridos en el planeta desde 1933 pusieron en evidencia la elevada vulnerabilidad de las edificaciones escolares de Venezuela que han provocado la pérdida de miles de vidas. El mal comportamiento ante estos sismos puede ser atribuido a deficiencias sismorresistentes propias de aquellas edificaciones construidas con las normas de 1947, 1955 y 1967, poca rigidez y resistencia lateral, poca capacidad de disipación de energía y la presencia de columnas cortas que precipitan fallas frágiles. (p. 17)

(Suárez, Dávila, Inglessis, y Rivero, 2009, p. 269) en el artículo “Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en la ciudad de Mérida” evaluaron la vulnerabilidad sísmica, en términos cualitativos, de 65 edificaciones educativas del sector público, ubicadas a lo largo de la terraza de la ciudad de Mérida, determinando que el 51% de los planteles evaluados tienen un índice de vulnerabilidad media. Sin embargo, cuando se evalúan individualmente algunos parámetros se obtienen índices de vulnerabilidad alto y muy alto. Uno de los mayores problemas, presente en el 81% del grupo analizado, lo constituye el grado de deterioro por presencia de fisuras, humedades y otros elementos que afectan la calidad de la estructura. (p. 269)

1.3.2 A nivel Nacional.

(Zavaleta y Miranda, 2018) en la tesis “Estudio de vulnerabilidad sísmica de la IE emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo, 2018”, analizo el grado de vulnerabilidad sísmica de los pabellones A, C y J de la I.E emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo, mediante el método de Benedetti y Petrini, además de un modelamiento estructural del pabellón C asistido por el software ETABS, determinando que los pabellones A, C y J presentan un índice de vulnerabilidad medio-bajo, y que los parámetros que obtuvieron las calificaciones más bajas fueron: configuración en planta, configuración en elevación, y distancia máxima entre muros. Además manifiestan que el análisis de la modelación estructural cumplió con los desplazamientos máximos relativos y con la fuerza cortante establecido en la norma E-030. (p. 147)

(Meyhuay, Cerna, y Gonzales, 2015) en el artículo “Determinación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona urbana del distrito de Jangas, aplicando el sistema de información geográfica”, determinaron la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones del distrito de Jangas de la provincia de Huaraz de la región de Áncash, mediante la aplicación del índice de vulnerabilidad planteado por los estudiosos Benedetti y Petrini, y la aplicación del SIG. Del análisis realizado de los once parámetros de Benedetti y Petrini para las edificaciones de la zona urbana del distrito de Jangas determinaron que el 21,6% de las viviendas se encuentra en la clase A, con una vulnerabilidad baja; el 39,0% en la clase B, con una vulnerabilidad media, el 34,9% en la clase C, con una vulnerabilidad alta y el 4,5% se encuentra en la clase D, con una vulnerabilidad muy alta. Además consideraron el índice de vulnerabilidad y una aceleración horizontal del terreno de 0,32 gr., y obtuvieron que 112 viviendas (38,4%) sufrirían el colapso total y 180 viviendas (61,6%) seguirían en pie con algún daño estructural. De acuerdo al índice de daño calculado y teniendo en cuenta el precio por metro cuadrado de construcción, si ocurriera un sismo con las características descritas los daños económicos ascenderían a la suma de S/.54'437,440.00. (p. 57)

(Samaniego y Rios, 2011) en su informe “Estudio de la vulnerabilidad sísmica del distrito del Rimac en la ciudad de Lima, Perú”, presentan una metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del distrito de Rimac, la cual consistió en tomar una muestra representativa y aplicar un análisis cualitativo en cartillas tipo encuestas en la cual recogieron información como: estado de conservación, antigüedad, características estructurales, características arquitectónicas, material predominante, etc. Concluyeron que el 47.3 % de las viviendas evaluadas, presenta más de 30 años de antigüedad, estas edificaciones presentan un nivel de vulnerabilidad alto, pues fueron construidas sin la contribución de ningún código de diseño sísmico, es decir aquellas construidas antes del Código de Diseño de 1977. En el Sector Educativo, encontraron principalmente diversos problemas constructivos, por ejemplo, la Institución Educativa N° 2063 ha sido construida sobre relleno, lo que genera un alto peligro para sus alumnos y para la población, pues no podría cumplir su función de zona de refugio temporal. Finalmente, manifiestan que reducir el impacto negativo de los desastres de manera efectiva, requiere del trabajo armonioso y en equipo de autoridades, universidades, docentes, estudiantes y de toda la sociedad. (p. 10)

1.3.3 A nivel Local.

(Quevedo y Yajamanco, 2019) en la tesis “Vulnerabilidad sísmica de los centros de salud del distrito de Jaén”, determinaron el índice de vulnerabilidad sísmica de los centros de salud de la ciudad de Jaén como son: CS Magllanal (CS-01), CS Fila Alta (CS-02), CS Morro Solar (CS-03), CS Chamba Montera (CS-04) y CS Los Sauces (CS-05), aplicando el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti Petrini, donde obtuvieron que el CS – 01 tiene tres módulos con vulnerabilidad baja y un módulo con vulnerabilidad media, el CS – 02 tiene una vulnerabilidad media, el CS – 03 tiene cuatro módulos con vulnerabilidad baja, dos con vulnerabilidad media y uno con vulnerabilidad alta y el CS – 04 tiene un módulo con vulnerabilidad alta y otro con vulnerabilidad baja. Además manifiestan que los elementos estructurales están asociados a factores como la falta de arriostramiento en muros de albañilería, siendo estos los causantes de columna corta; a elementos no estructurales mal conectados generando cargas adicionales y no tomados en cuenta para el diseño

sismo resistente, a la antigüedad que tiene la edificación, el tipo de material utilizado, al incumplimiento de la normatividad y a una inadecuada supervisión en su ejecución. (p. 124)

(Díaz, 2018) en la tesis “Evaluación estructural del bloque A1 de la “I.E. emblemática Jaén de Bracamoros”, provincia de Jaén-Cajamarca”, verifico el comportamiento estructural del Bloque A1 de la Institución Educativa Jaén de Bracamoros, mediante un análisis sísmico dinámico, determinando que el Bloque A1 de la Institución Educativa Jaén de Bracamoros se comporta adecuadamente ante el análisis sísmico estático y dinámico modal espectral aplicado en ambas direcciones “X” y “Y”, cumpliendo con las Normas Técnicas Peruanas E.030. Además manifiesta que los elementos estructurales satisfacen las condiciones de diseño $\phi R_n < R_u$ cumpliendo con la Norma Técnica Peruana E.060 de Concreto Armado. Los muros portantes de albañilería absorben la fuerza cortante de la estructura cumpliendo con lo especificado en la Norma Técnica E.070. Para reducir los desplazamientos de una edificación ante movimientos sísmicos recomendó diseñar con muros portantes o placas ya que estas reducen los desplazamientos porque absorben las fuerzas cortantes producidas, también que al momento de ejecutar el diseño las personas encargadas de la supervisión y construcción de estas estructuras esenciales, lleven con responsabilidad y cumplimientos de las normas y especificaciones técnicas dispuestas para su ejecución y así lograr plasmar correctamente lo diseñado. Por último concluyo que las áreas de acero de los elementos estructurales están sobredimensionados con respecto al expediente técnico. (p. 77)

(Marín, 2014) en la tesis “Determinación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la Institución Educativa Estatal Ramón Castilla y Marquesado del distrito de Jaén – Cajamarca”, determina la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la Institución Educativa Estatal Ramón Castilla y Marquesado, aplicando el método de Benedetti y Petrini, concluyendo que los pabellones 1 y 2 tienen vulnerabilidad sísmica alta y media respectivamente; a causa de su comportamiento sísmico inadecuado, elevada rigidez de la columna corta, inestabilidad de sus tabiques y su regular ha mal estado de conservación. Manifiesta

que las características geométricas, constructivas y estructurales que más influyeron en la vulnerabilidad sísmica de los pabellones evaluados fueron: desplazamientos relativos de entrepiso, falla de columna corta, calidad del tipo de mampostería, calidad de líneas resistentes y uso de la normativa antisísmica, todo esto conllevaría al posible colapso de ambos pabellones, efecto que podría suceder en todos los pabellones de la Institución Educativa estatal Ramón Castilla y Marquesado debido a la similitud de los sistemas estructurales. (p. 72)

1.4 Bases teóricas

1.4.1 Vulnerabilidad sísmica

1.4.1.1 Definición

Los sismos destructores históricos y recientes han mostrado que el colapso de las edificaciones es el factor que más contribuye a la pérdida de vidas humanas. Un estudio de vulnerabilidad sísmica determina el nivel de seguridad de una zona urbana o de una serie de edificaciones ante los movimientos sísmicos que pueden ocurrir en dicho sitio. Mediante este tipo de estudio se hace un diagnóstico de niveles de desempeño de cada edificación y se evalúa su posible comportamiento y susceptibilidad al daño sísmico. (Ruiz Sibaja, Vidal Sánchez, y Aranda Caballero, 2016, p. 5)

1.4.1.2 Clasificación de la vulnerabilidad sísmica

Según la forma de estimación del grado de daño esperado en las estructuras:

1.4.1.2.1 Vulnerabilidad observada:

Peuyodjona (Citado por Wong, 2017) especifica que la vulnerabilidad observada ha sido derivada de la observación de los daños posteriores a un terremoto y del análisis estadístico de los mismos para algún tipo definido de estructura. El estudio de este tipo de vulnerabilidad se aplica generalmente en zonas de alta sismicidad, en donde se han realizado investigaciones de daños post-evento para sismos de diversa

intensidad, a través de lo cual se ha llegado a establecer empíricamente, para diferentes categorías de edificaciones, las correspondientes funciones de vulnerabilidad. A esta están asociados los métodos subjetivos o cualitativos de evaluación. (p.26)

1.4.1.2.2 Vulnerabilidad calculada:

Peuyodjona (Citado por Wong, 2017) detalla que la vulnerabilidad que ha sido derivada de un análisis matemático mediante un modelo estructural o mediante ensayos de laboratorio de modelos a escala reducida, y cuyos resultados han sido expresados en términos probabilísticos. Esta clase de procedimiento se utiliza en zonas de baja o moderada sismicidad, o simplemente donde no se han practicado estudios post-evento, ahí la evaluación del daño ha tenido que hacerse necesariamente a través de la simulación matemática del comportamiento sísmico de las edificaciones, lo cual supone la generación de modelos estructurales y, probablemente, de acelerogramas sintéticos. (p.26)

1.4.1.2.3 Vulnerabilidad Híbrida:

“La vulnerabilidad híbrida combina las dos técnicas de estudios anteriores, ya sea para completar las puntuaciones de daño en cierto dominio de intensidades sísmicas, o ya sea con miras a la calibración de los modelos de predicción” Peuyodjona (Citado por Wong, 2017, p. 26).

Según los elementos a evaluar:

1.4.1.2.4 Vulnerabilidad estructural:

Peuyodjona (Citado por Wong, 2017) señala que la vulnerabilidad estructural está relacionada con el nivel de daños que pueden experimentar los elementos estructurales de una construcción. Se determina que un edificio es sísmicamente vulnerable si no cumple con los reglamentos vigentes para construcciones sismo resistentes y con los criterios actuales de ingeniería sismo resistente, o si un análisis determina que el sistema estructural no es apto para resistir las acciones sísmicas y es susceptible de sufrir daño severo o aún de colapsar debido a un sismo. (p.27)

1.4.1.2.5 Vulnerabilidad no estructural:

“Está relacionada con el nivel de daños que pueden experimentar los elementos no estructurales (muros divisorios, carpintería, objetos, equipos, falsos techos, etc.)” Peuyodjona (Citado por Wong, 2017, p. 27).

1.4.1.2.6 Vulnerabilidad funcional:

“Está relacionada con los elementos que permiten el normal funcionamiento de una construcción como son las redes de agua, energéticas, telefónicas, alcantarillado y vías de acceso, sistemas contra incendio, etc.” Peuyodjona (Citado por Wong, 2017, p. 27).

1.4.2 Método de Benedetti y Petrini

1.4.2.1 Definición

El método del índice de vulnerabilidad propuesta por los investigadores Italianos Benedetti y Petrini (1984), está fundamentado en datos reales y es aplicable a estudios de nivel urbano en edificaciones de mampostería no reforzada y hormigón. Este modelo ha sido aplicado en otros estudios como en Yépez (1996), Mena (1999), Jiménez (2002), Gent et al. (2005), Maldonado et al. (2008) a, b y Maldonado y Chio (2009). (Rondón, Carvajal, y Cho, 2010, p. 67)

Algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología fueron:

- a) Está fundamentada en datos reales.
- b) Se puede aplicar en estudios a nivel urbano.
- c) Se tiene la experiencia de haberse aplicado en diferentes ciudades de Italia con buenos resultado y como consecuencia se adoptó oficialmente por un organismo gubernamental de protección civil (Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti, GNDT).
- d) Se ha aplicado en España en los sismos de Almería en 1993 y 1994 (Yépez, 1994) y Murcia en 1999 (Mena, et al 1999).
- e) En general se ha aplicado en diversos trabajos como los de Angeletti et al, 1988; Benedetti et al, 1988; Caicedo, 1993; Barbat et al, 1996; Grimaz, 1994; Yépez, 1996; Mena, 1997a; el proyecto europeo SERGISAI, 1998; Mena et al, 1999, entre otros. (Hernández, 2002, p. 47)

1.4.2.2 Descripción de parámetros del método de índice de vulnerabilidad

A continuación se hablará de los factores, clases, pesos, fórmulas, aplicación y los parámetros del método de Benedetti y Petrini tanto para edificaciones de mampostería como de hormigón armado. (Gent, Astroza, & Giuliano, 2005), afirman:

El método Benedetti y Petrini (1982), se basa en la información relacionada con características de los edificios como son: el tipo de construcción, el uso, la calidad de los materiales, la estructuración utilizada, aspectos geométricos de la estructura, el tipo de daños que presenta, etc. Estas características se cuantifican a modo de parámetros y se evalúan teniendo en cuenta once factores, a cada uno de los cuales se le asigna alguna de las clases consideradas que son cuatro para los edificios de mampostería de piedra: A, B, C y D (Tabla N°1); y tres para los edificios de hormigón armado: A, B y C (Tabla N°2). En ambos casos, las clases cuentan con un puntaje establecido de acuerdo con el factor considerado, al cual, a su vez, se le asocia un cierto peso. (p. 6)

Tabla 1

Factores De Vulnerabilidad, Clases Y Pesos Para Edificios En Mampostería De Piedra.

FACTOR DE VULNERABILIDAD	PUNTAJE DE LA CLASE				PESO
	A	B	C	D	
1. Tipo y organización del sistema resistente.	0	5	20	45	1.00
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 fundación.	0	5	25	45	0.75
5. Presencia de 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. Distancia máxima entre los muros.	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de techumbre.	0	15	25	45	1.00
10. Elementos no estructurales.	0	5	25	45	0.25
11. Estado de conservación.	0	5	25	45	1.00

Fuente: (Benedetti y Petrini)

Tabla 2*Factores De Vulnerabilidad, Clases Y Pesos Para Edificios De Hormigón Armado.*

FACTOR DE VULNERABILIDAD	PUNTAJE DE LA CLASE			PESO
	A	B	C	
1. Organización del sistema resistente.	0	6	12	1.00
2. Calidad del sistema resistente.	0	6	12	0.50
3. Resistencia convencional.	0	11	22	1.00
4. Posición del edificio y fundación.	0	2	4	0.50
5. Presencia de diafragmas horizontales.	0	3	6	1.00
6. Configuración en planta.	0	3	6	0.50
7. Configuración en elevación.	0	3	6	1.00
8. Conexión entre elementos críticos.	0	3	6	0.75
9. Tipo de techumbre.	0	3	6	1.00
10. Elementos no estructurales.	0	4	10	0.25
11. Estado de conservación.	0	10	20	1.00

Fuente: (Benedetti y Petri)

Un estudio realizado por el Istituto di Ricerca Sul Rischio Sismico del Consejo Nazionale di la Ricerca propuso una nueva escala para los puntajes asignados a cada clase y para los pesos propuestos a cada factor de vulnerabilidad, para edificios de hormigón armado, como se indica en la Tabla N°3. Los pesos asignados en las Tablas N°1, N°2, N°3, reconocen el grado de importancia de cada uno de los factores de vulnerabilidad dentro de la resistencia estructural del edificio analizado. La determinación de la clase correspondiente a cada factor se realiza de acuerdo con la estimación que se haga según la Tabla N°4 (para edificios de hormigón armado), y según Tabla N°5 (para los edificios de mampostería de piedra). (p. 7)

Tabla 3*Modificación De Factores De Vulnerabilidad, Clases Y Pesos Para Edificios De Hormigón Armado Según C.N.R. Et Al. (1993a; 1993b).*

FACTOR DE VULNERABILIDAD	PUNTAJE DE LA CLASE			PESO
	A	B	C	
1. Organización del sistema resistente.	0	1	2	4.00
2. Calidad del sistema resistente.	0	1	2	1.00
3. Resistencia convencional.	-1	0	1	1.00
4. Posición del edificio y fundación.	0	1	2	1.00
5. Presencia de diafragmas horizontales.	0	1	2	1.00
6. Configuración en planta.	0	1	2	1.00
7. Configuración en elevación.	0	1	2	2.00
8. Conexión entre elementos críticos.	0	1	2	1.00
9. Tipo de techumbre.	0	1	2	1.00
10. Elementos no estructurales.	0	1	2	1.00
11. Estado de conservación.	0	1	2	1.00

Fuente: (Benedetti y Petri)

Tabla 4
Asignación De Clases A Los Edificios De Mampostería No Reforzada

EDIFICIOS DE MAMPOSTERÍA NO REFORZADA	
CLASES	DESCRIPCIÓN
A	Buena o acorde con la normativa
B	Casi buena
C	Casi deficiente
D	Deficiente o insegura

Fuente: (Benedetti y Petrini)

Tabla 5
Asignación De Clases A Los Edificios De Hormigón Armado

EDIFICIOS DE HORMIGÓN ARMADO	
CLASES	DESCRIPCIÓN
A	Buena
B	Regular
C	Mala

Fuente: (Benedetti y Petrini)

Finalmente, el índice de vulnerabilidad (I_v) se obtiene como la suma ponderada de cada uno de los factores de vulnerabilidad por su peso correspondiente. Esto se obtiene dividiendo el índice calculado para cada edificio por el valor máximo que se puede obtener de él, es decir, por medio de la Ec. N° 01 para el caso de edificios de mampostería no reforzada y de la Ec. N°02 para edificios de hormigón armado. (p. 8)

$$I_v = \sum_{j=1}^{11} (\text{Peso del factor}_j \times \text{Puntaje de clase de factor}_j)$$

Ecuación 1: Fórmula del índice de vulnerabilidad para edificios de mampostería reforzada.

$$I_v = \frac{\sum_{j=1}^{11} (\text{Peso del factor}_j \times \text{Puntaje de clase de factor}_j)}{34}$$

Ecuación 2: Fórmula del índice de vulnerabilidad para edificios de hormigón armado.

Una vez calculado el índice de vulnerabilidad (I_v), el cual varía de 0 a 94.12, según la metodología por Benedetti – Petrini, se realiza una interpolación lineal para obtener un índice de vulnerabilidad normalizado, en un rango de 0 a 100:

Tabla 6
Interpolación Lineal Para El Método

INTERPOLACIÓN LINEAL	
0	0
I_v	I_{v_n}
94.12	100

Fuente: (Elaboración propia)

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos se definieron los rangos de vulnerabilidad que se tomaron en cuenta de Quispe N. (2004).

Tabla 7
Rangos De Índices De Vulnerabilidad.

ESCALA DE VALORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	
Vulnerabilidad	Vulnerabilidad
$0 < I_v \text{ norm.} < 20$	BAJA
$20 \leq I_v \text{ norm.} < 40$	MEDIA
$I_v \text{ norm.} \geq 40$	ALTA

Fuente: (Quispe, 2004)

1.4.2.2.1 Parámetro N°01: Tipo y organización del sistema resistente.

La aplicación de la norma de diseño Sismo resistente es muy importante, pues dicho parámetro analiza las características del sistema resistente y también se considera la participación de un profesional con experiencia.

Por lo tanto, el parámetro 1, se asignará de acuerdo a los puntos descritos a continuación:

- A. Año de construcción mayor a 1997 y asesoría técnica.
- B. Año de construcción menor a 1997 y asesoría técnica.
- C. Sin asesoría técnica.

1.4.2.2.2 Parámetro N°02: Calidad del sistema resistente.

La atribución de una edificación a una de las tres clases se efectúa en función de dos factores:

- El tipo de material y la forma de los elementos que constituyen la mampostería.
 - Segundo, la homogeneidad del material y de las piezas (bloques, ladrillos – cemento, ya sean pre fabricados, cocidos o con un leve refuerzo) por toda el área del muro.
- A. Año de construcción mayor a 1997 y asesoría técnica
 - B. Año de construcción menor a 1997 y asesoría técnica
 - C. Sin asesoría técnica

1.4.2.2.3 Parámetro N°03: Resistencia convencional.

Para estructuras de concreto armado la evaluación requiere del cálculo del coeficiente “ α_h ”, que representa la relación de la fuerza resistente y la fuerza de diseño mediante las siguientes relaciones:

- Determinar A_x y A_y que son las áreas totales resistentes de muros (m^2) en la dirección X e Y respectivamente, cuyo valor para este trabajo se inferirá de los estudios realizados. Cuando los paneles resistentes no siguen las direcciones ortogonales x o y, sino que forman un ángulo b diferente de cero con dichos ejes, los valores de A_x y de A_y se evalúan multiplicando dichas áreas por $(\cos b)^2$.
- Determinar la resistencia cortante menos favorable, considerando la menor área de muros en un plano en el primer piso de la edificación. La resistencia cortante se calcula como:

$$Vr = \min(A_X, A_Y) * Vc$$

Ecuación 3: Fórmula de la resistencia cortante.

Dónde: Vc es el valor de la resistencia a cortante de los elementos del sistema resistente, cuyo valor se calcula en ensayos experimentales de muestras de los edificios de estudio.

Para este trabajo se utilizó $Vc = 15 \text{ t/m}^2$ para mampostería confinada, y $Vc = 70 \text{ t/m}^2$ para concreto armado, según el libro Vulnerabilidad y Riesgo sísmico – Barbat.

- Calcular el peso de la edificación que es resistido por la estructura (W), lo cual será la contribución tanto del peso de los muros, peso de los pisos y cubiertas.

$$W = N * (A_X + A_Y) * H * Pm + N * C_X * H * Pco + M * Ps * At + Ac * Pc$$

Ecuación 4: Fórmula del peso de la edificación que es resistido por la estructura.

En donde:

At = Área total construida en Planta

N = Número de pisos

Ax, Ay = área de muros en X e Y

H = Altura promedio

Pm = Peso específico de la mampostería)

Pco = Peso específico del concreto)

Ps = Peso por unidad de área del diafragma horizontal

M = Número de diafragmas horizontales

Ac = área total de cubierta

Pc = Peso por unidad de cubierta

τ_m = Resistencia al corte de los muros

Vc = Resistencia al corte del concreto

Valores para Pm :

Para mampostería de ladrillo solido se utilizará 1.8 t/m^3 .

Valores para Ps :

Para valores de aligerados se utilizará 0.3 t/m².

Valores para Pc:

Para valores de coberturas de teja se utilizará 0.16 t/m².

Para valores de coberturas de zinc se utilizará 0.03 t/m².

Para el valor del área de cubierta se considera un 20% más del área construida, debido a los aleros y pendientes que tienen las viviendas de la zona, este incremento solo será para construcciones que tienen pendientes.

Calcular el coeficiente sísmico resistente CSR, es decir, el porcentaje del peso de la edificación que es resistido por la estructura, como cortante horizontal en la dirección más desfavorable.

$$CSR = \frac{Vr}{W}$$

Ecuación 5: Fórmula del coeficiente sísmico resistente.

- Calcular el coeficiente sísmico exigido CSE el cual será el valor del espectro de aceleraciones de diseño para un periodo de vibración dado, tal como menciona el reglamento Sismo resistente.

Para albañilería y pórticos de concreto armado (E – 030):

$$CSE = \frac{ZUCS}{R}$$

Ecuación 6: Fórmula del coeficiente sísmico exigido.

- Calcular la demanda de ductilidad DD como la relación:

$$DD = \frac{CSE}{CSR}$$

Ecuación 7: Fórmula de la demanda de la ductilidad.

- Calcular el Coeficiente α_h

$$\alpha_h = \frac{CSR}{CSE}$$

Ecuación 8: Fórmula del coeficiente α_h .

Para los módulos con techo de losa aligerada hemos supuesto un peso (W) por piso de 1tn/m², según el Ing. Genaro Delgado Contreras.

Se podrá clasificar con la siguiente adaptación:

- A. Edificio con $\alpha_h \geq 1.20$
- B. Edificio con $0.6 \leq \alpha_h \leq 1.20$
- C. Edificio con $\alpha_h \leq 0.60$

1.4.2.2.4 Parámetro N°04: Posición del edificio y cimentación

Para ello se tiene en cuenta algunos aspectos, tales como:

- La consistencia y la pendiente del terreno.
 - La eventual ubicación de la cimentación a diferente cota.
 - La presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
 - Presencia de humedad, sales, etc.
- A. Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño Sismo resistente E – 030.
 - B. Edificación cimentada sobre suelo intermedio o flexible, según la norma de diseño Sismo resistente E – 030. Presencia de sales y humedad.
 - C. Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica, y presencia de sales y humedad.

1.4.2.2.5 Parámetro N°05: Diafragmas horizontales.

La calidad del sistema resistente del piso tiene una considerable importancia al influir en el buen funcionamiento de los elementos resistentes verticales.

- A. Edificación con diafragmas que satisfacen las siguientes condiciones:
- Ausencia de planos a desnivel
 - La deformabilidad del diafragma es despreciable (ideal de concreto)
 - La conexión entre el diafragma y elementos estructurales es eficaz.
- B. Edificación que no cumple con una de las condiciones de la clase A.
- C. Edificación que no cumple con dos de las condiciones de la clase A.

1.4.2.2.6 Parámetro N°06: Configuración en planta.

El comportamiento sísmico de un edificio depende en parte de la forma en planta del mismo. La asignación de las edificaciones posibles se puede explicar definiendo los parámetros β_1 y β_2 :

$$\beta_1 = a/L \quad y \quad \beta_2 = b/L$$

Ecuación 9: Fórmula los parámetros β_1 y β_2 .

Donde:

a: Representa la dimensión menor del edificio.

L: Representa la dimensión mayor del edificio.

b: Representa la dimensión de los elementos que sobresalgan de las dimensiones principales a y L de la planta.

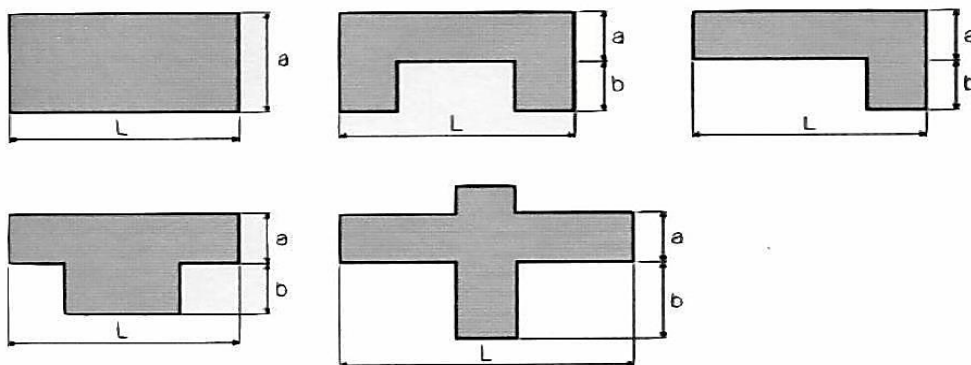


Ilustración 1: Configuración en planta de la estructura

Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España)

El método evalúa la condición de simetría en planta de los edificios, proponiendo los valores más altos del parámetro cuando las dimensiones en planta se asemejan a secciones cuadradas, sin protuberancias adicionales y castigando las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias demasiado grandes, las cuales pueden provocar problemas de torsión en planta y concentraciones de esfuerzos en las esquinas y en los elementos más alejados de los centros de gravedad y rigidez. Y las clases de los parámetros se definieron de la siguiente manera:

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$.
- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.25$.
- C. Edificio con $0.4 > \beta_1$ o $0.25 < \beta_2$

1.4.2.2.7 Parámetro N°07: Configuración en elevación.

La irregularidad en elevación de edificios de concreto armado suele estar determinada por configuraciones como la presentada en la figura adjunta. Para evaluar dicho parámetro se consideran las dimensiones de H y T, cuya relación se utiliza para evaluar este parámetro. Se puede apreciar fácilmente, que el método califica favorablemente la existencia de variaciones excesivas en la masa de dos pisos consecutivos. Por lo tanto, evaluación de éste parámetro se realiza utilizando la variación de la altura en el edificio, es decir, los valores de la altura mínima (obtenido de H-T) y máxima del edificio (H). El valor del parámetro se obtiene calculando RL que es la relación entre las dos alturas o altura promedio del edificio.

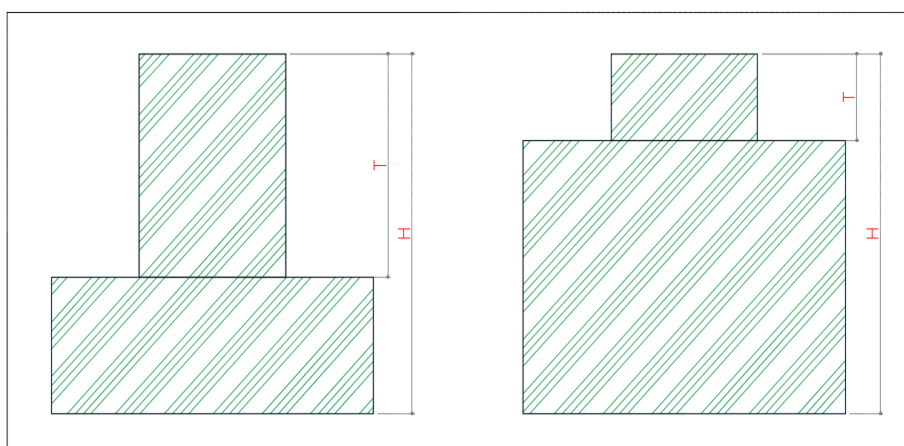


Ilustración 2: Configuración en altura de la estructura

Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España)

Las clases de los parámetros se definieron de la siguiente manera:

- A. Edificio con $RL > 0.66$
- B. Edificio con $0.33 < RL \leq 0.66$
- C. Edificio con $RL \leq 0.33$ Presenta irregularidades en el sistema resistente vertical.

1.4.2.2.8 Parámetro N°08: Distancia máxima entre muros o columnas.

Para edificios de concreto armado, analiza el tipo de conexión entre elementos críticos resaltando la importancia que tienen las uniones vigas – columnas o losa – columnas; por lo tanto, tomaremos en cuenta determinando la presencia de asesoría técnica y el año de construcción.

- A. Año de construcción mayor 1997 y con asistencia técnica.
- B. Año de construcción menor 1997 y con asistencia técnica.
- C. Sin asistencia técnica.

1.4.2.2.9 Parámetro 9: Tipo de cubierta.

Para el proyecto que estamos trabajando con concreto armado la influencia del tipo de cubierta en el comportamiento sísmico de un edificio es muy importante, factores como su tipología y peso determinan dicho comportamiento.

Según las observaciones de campo se pudieron apreciar un tipo de cubierta: calamina zinc.

- A. Cubierta estable debidamente amarrada a las vigas con conexiones adecuadas y material liviano. Edificación con cubierta plana.
- B. Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.
- C. Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

1.4.2.2.10 Parámetro 10: Elementos no estructurales.

Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de balcones, cornisas, parapetos, tanques elevados o cualquier otro elemento no estructural que pueda causar daño. Se trata de un parámetro secundario para fines de evaluación de la vulnerabilidad.

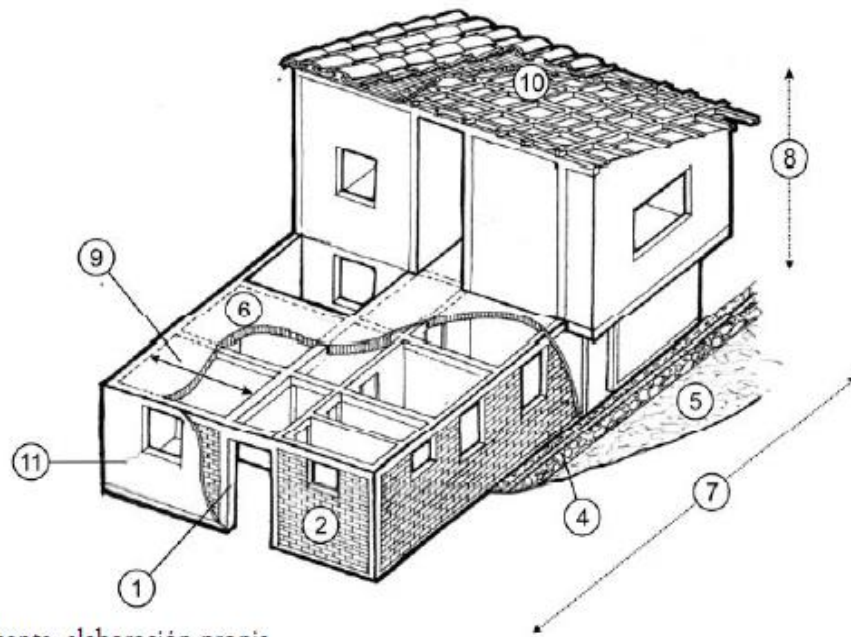
- A. Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.
- B. Edificio con parapetos mal conectados al sistema resistente.
- C. Edificio que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal construido, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificios con balcones.

1.4.2.2.11 Parámetro 11: Estado de conservación.

Para éste último, este parámetro, enteramente subjetivo califica de una manera visual la presencia de desperfectos internos de la estructura, así como posibles irregularidades como productos de fallos en el proceso constructivo.

- A. Buen estado.
- B. Ligeramente dañado.
- C. Mal estado de conservación.

Para la definición del nivel de daño de la edificación, a partir de las funciones o matrices, es necesario estimar un índice de vulnerabilidad el cual se base en la calificación de 11 parámetros (ver ilustración 3). El concepto de este índice fue introducido por Benedetti y Petrini (1984) en Italia, y posteriormente se ha incorporado en la estimación de la vulnerabilidad en otras ciudades como Barcelona, España (Yépez, 1996 y Mena, 2002), en Cuenca, Ecuador (Jiménez, 2002) y en Mérida, Venezuela (Castillo, 2005). (Rondón, Araujo, y Cho, 2008, p. 43):



Fuente: elaboración propia

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| (1) Sistema estructural, | (7) Configuración en planta, |
| (2) Calidad del sistema resistente, | (8) Configuración en elevación, |
| (3) Resistencia estructural, | (9) Distancia máxima entre los muros |
| (4) Posición de la cimentación, | (10) Tipo de cubierta, |
| (5) Suelo y pendiente del terreno, | (11) Estado de conservación. |
| (6) Diafragmas horizontales, | |

Ilustración 3: *Parámetros de Benedetti y Petrini representados en una edificación.*

Fuente: (Rondón, Araujo, y Cho, 2008, p. 43)

Con respecto a la base teoría descrita por otros investigadores, podemos afirmar, que es importante realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica a una edificación, ya que nos permite conocer el nivel de seguridad, su posible comportamiento y susceptibilidad al daño sísmico, y que para este estudio se puede aplicar el método cualitativo planteado por los investigadores Italianos Benedetti y Petrini (1982), ya que ha sido empleado y adoptado por muchos países para los planes de mitigación de desastres a nivel gubernamental como es el caso del GNDT (Grupo Nacional para la Defensa de los Terremotos), sumado a esto los parámetros análogos planteados en este método tienen bastante similitud con los componentes propuestos en normativa peruana (Ver Tabla N°8).

Tabla 8

Comparación Entre El Método De Benedetti Y Petrini, Y Lo Exigido Por La Norma De Estructuras Peruana.

COMPONENTE PROPUESTO POR LA NORMA PERUANA DE ESTRUCTURA	PARÁMETRO ANÁLOGO DEL Iv: (Una vez efectuada las adaptaciones)
ASPECTOS GEOMÉTRICOS	
Irregularidad en planta de la edificación.	6. Configuración en planta.
Cantidad de muros en las dos direcciones.	8. Distancia máxima entre los muros.
Irregularidad en altura.	7. Configuración en elevación.
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS	
Calidad de las juntas de pega en mortero.	2. Calidad del sistema resistente.
Tipo y disposición de las unidades de mampostería.	2. Calidad del sistema resistente.
Calidad de las juntas de los materiales.	2. Calidad del sistema resistente.
ASPECTOS ESTRUCTURALES	
Muros confinados y reforzados.	1. Organización del sistema resistente.
Detalles de columnas y vigas de confinamiento.	3. Resistencia convencional.
Vigas de amarre o corona.	9. Tipo de cubierta.
Características de las aberturas.	.....
Diafragma rígido.	5. Diafragmas horizontales.
Amarre de cubiertas.	9. Tipo de cubierta.
CIMENTACIÓN	
.....	
SUELOS	
3. Resistencia convencional.	
ENTORNO O TOPOGRAFÍA	
4. Posición del edificio y cimentación.	

Fuente: (Seminario Regional de estudios y normalización de la construcción – CIP – Ayacucho – 2011)

1.4.3 Instituciones Educativas

Las edificaciones escolares han demostrado ser especialmente vulnerables durante terremotos. Escuelas públicas en las cuales se exige la asistencia obligatoria de niños, se derrumban frecuentemente durante terremotos de moderada a elevada severidad en el mundo entero, causando numerosas y trágicas pérdidas de vidas humanas. (Suárez, Dávila, Inglessis, & Rivero, 2009, p. 270)

Los edificios escolares cumplen una función multifacética en la comunidad. Adicionalmente al papel que cumplen como centros educativos, sirven frecuentemente como puntos de encuentro para eventos de la comunidad, como organizaciones religiosas o clubes, depósitos para libros y otros materiales técnicos y refugios en situaciones de emergencias. Cuando un edificio escolar es vulnerable a desastres naturales, el bienestar de toda la comunidad está en riesgo. La vulnerabilidad de infraestructuras escolares no se debe de ver en términos de la necesidad de prevención de daños catastróficos que podrían destruir los edificios. Es también necesario prevenir daños menores que pueden afectar la continuidad de los servicios que estas edificaciones proveen. Los daños a la infraestructura escolar causados por desastres naturales están directamente relacionados a la reducción de horas de clase, y consecuentemente, a la reducción de la calidad de la educación. (González, 2004)

Los elevados riesgos asociados a las edificaciones escolares quedaron ilustrados en el terremoto de Armenia del 7.12.1988 ($M=6,9$ a unos 7-8 km de profundidad); del total de 25000 muertes, más de 6000 (24%) fueron estudiantes y maestros de instituciones educativas. Otro caso notable ocurrió durante el Terremoto de Skopje, Macedonia, del 26.07.1963 con una magnitud de 6.1 y 8 km de profundidad. Del total de 77 edificaciones escolares de la ciudad de Skopje, 44 (57%) fueron destruidas provocando una interrupción masiva del proceso educacional en la ciudad y el país. La mayoría de los estudiantes tuvieron que ser trasladados a escuelas temporales mientras se construían nuevas escuelas y reforzaban otras; ni el gobierno ni las escuelas tenían planes para atender esa emergencia (López, O., et al, 2004).

1.4.4 Software ETABS.

ETABS es un software innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. Resultado de 40 años de investigación y desarrollo continuo, esta última versión de ETABS ofrece herramientas inigualables de modelado y visualización de objetos 3D, alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, opciones de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales, esclarecedores gráficos, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados. Computers & Structures. Inc (CSI, 2020, párr. 1)

Desde el inicio de la concepción del diseño hasta la producción de dibujos esquemáticos, ETABS integra todos los aspectos del proceso de diseño de ingeniería. La creación de modelos nunca ha sido tan fácil: los comandos de dibujo intuitivos permiten la generación rápida de marcos de piso y elevación. Los dibujos CAD pueden convertirse directamente en modelos ETABS o usarse como plantillas sobre las que se pueden superponer objetos ETABS. El solucionador de última generación SAPFire de 64 bits permite analizar rápidamente modelos extremadamente grandes y complejos, y admite técnicas de modelado no lineales, como la secuenciación de la construcción y los efectos de tiempo (p. Ej., Fluencia y contracción). (CSI, 2020, párr. 2)

Se incluye el diseño de marcos de acero y concreto (con optimización automatizada), vigas compuestas, columnas compuestas, viguetas de acero y paredes de corte de concreto y mampostería, así como la verificación de capacidad para conexiones de acero y placas base. Los modelos se pueden representar de manera realista y todos los resultados se pueden mostrar directamente en la estructura. Se encuentran disponibles informes completos y personalizables para todos los resultados de análisis y diseño, y se pueden generar dibujos de construcción esquemáticos de planos de estructura, cronogramas, detalles y secciones transversales para estructuras de concreto y acero. (CSI, 2020, párr. 3)

1.4.5 Diseño Sismorresistente

A continuación se detallara los parámetros de análisis que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma Técnica E-30 Diseño sismorresistente. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019) afirma:

1.4.5.1 Peligro sísmico

1.4.5.1.1 Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Ilustración N° 4. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica (...).



Ilustración 4: Zonas sísmicas

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 9
Factores De Zona "Z"

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

1.4.5.1.2 Condiciones Geotécnicas

Perfiles de suelo

a. Perfil Tipo S0: Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte V_s mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de V_s .

b. Perfil Tipo S1: Roca o Suelos Muy Rígidos

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

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con N_{60} mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada $\bar{S}u$ mayor que 100 kPa (1 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

c. Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte V_s , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT N_{60} , entre 15 y 50.
- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada $\bar{S}u$, entre 50 kPa (0,5 kg/cm²) y 100 kPa (1kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

d. Perfil Tipo S3: Suelos Blandos

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte V_s , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT N_{60} menor que 15.
- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada $\bar{S}u$, entre 25 kPa (0,25 kg/cm²) y 50 kPa (0,5 kg/cm²) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.
- Cualquier perfil que no correspondan al tipo S4 y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad PI mayor que 20, contenido de humedad ω mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada $\bar{S}u$ menor que 25 kPa.

e. Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S4 cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

La Tabla N° 10 resume valores típicos para los distintos tipos de perfiles de suelo:

Tabla 10
Clasificación De Los Perfiles De Suelo

Perfil	Vs	N60	Su
S0	> 1500 m/s	-	-
S1	500 m/s - 1500 m/s	> 50	>100 KPa
S2	180 m/s - 500 m/s	15 - 50	50 Kpa - 100 Kpa
S3	< 180 m/s	<15	25 Kpa - 50 Kpa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

1.4.5.1.3 Parámetros de Sitio (S, TP y TL)

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos TP y TL dados en las Tablas N° 11 y N° 12.

Tabla 11
Factor De Suelo "S"

ZONA/SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

Tabla 12
Períodos "Tp" Y "Tl"

	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp(s)	0,3	0,4	0,6	1,0
TL(s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

1.4.5.1.4 Factor de Amplificación Sísmica (C)

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_P, \text{ entonces } C = 2.5$$

Ecuación 10: Fórmula del factor de amplificación sísmica, T menor a T_P .

$$T_P < T < T_L, \text{ entonces } C = 2.5x\left(\frac{T_P}{T}\right)$$

Ecuación 11: Fórmula del factor de amplificación sísmica, T mayor a T_P , pero menor que T_L .

$$T > T_L, \text{ entonces } C = 2.5x\left(\frac{T_P x T_L}{T^2}\right)$$

Ecuación 12: Fórmula del factor de amplificación sísmica, T mayor a T_L .

T es el período de acuerdo al numeral 1.4.5.3.2 (c), concordado con el numeral 1.4.5.3.3 (a).

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

1.4.5.2 Categoría, sistema estructural y regularidad de las edificaciones

1.4.5.2.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 13. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 13 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar $U = 1$.

Tabla 13*Categoría De Las Edificaciones Y Factor "U"*

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1.
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del estado. 	1,5
B Edificaciones Importantes	<ul style="list-style-type: none"> - Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. - También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento. 	1,3
C Edificaciones Comunes	<ul style="list-style-type: none"> - Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes. 	1,0

D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2.
----------------------------------	--	-------------

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

1.4.5.2.2 Sistemas estructurales

a. Estructuras de Concreto Armado

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismorresistente deberán cumplir con lo previsto en el Capítulo 21 “Disposiciones especiales para el diseño sísmico” de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE.

Pórticos. Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

Muros Estructurales. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

Dual. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20 % y menor que 70 % del cortante en la base del edificio.

Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL). Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

1.4.5.2.3 Categoría y Sistemas Estructurales

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 14 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 18.

Tabla 14
Categoría Y Sistema Estructural De Las Edificaciones

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

(*) Para edificaciones con cobertura liviana se podrá usar cualquier sistema estructural.

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

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

1.4.5.2.4. Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas

Sísmicas (R0)

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica

en la Tabla N° 15. Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente R_0 que corresponda.

Tabla 15
Sistemas Estructurales

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7 (**)

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

(**) Para diseño por esfuerzos admisibles.

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.80“Adobe” del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos S3, ni se permite en suelos S4.

1.4.5.2.5. Regularidad estructural.

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- ✓ Cumplir las restricciones de la Tabla N° 18.
- ✓ Establecer los procedimientos de análisis.
- ✓ Determinar el coeficiente R de reducción de fuerzas sísmicas.

Estructuras Regulares son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 16 y N°17.

En estos casos, el factor I_a o I_p será igual a 1,0.

Estructuras Irregulares son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas N° 16 y N° 17.

1.4.5.2.6. Factores de Irregularidad (I_a , I_p)

El factor I_a se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 16 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis.

El factor I_p se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 17 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las Tablas N° 16 y 17 se obtuvieran valores distintos de los factores I_a o I_p para las dos direcciones de análisis, se deberá tomar para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones

Tabla 16
Irregularidades Estructurales En Altura

	Factor de Irregularidad I_a
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.	0,75
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.	

Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 18)

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

0,50

Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 18)

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Irregularidad de Masa o Peso

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

0,90

Irregularidad Geométrica Vertical

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

0,90

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes

Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.

0,80

Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N°18)

Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.

0.60

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

Tabla 17
Irregularidades Estructurales En Planta.

	Factor de Irregularidad I_p
<p>Irregularidad Torsional</p> <p>Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, (Δ_{max}), en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 19.</p>	0,75
<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 18)</p> <p>Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, (Δ_{max}), en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 19.</p>	0,60
<p>Esquinas Entrantes</p> <p>La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma</p> <p>La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma.</p> <p>También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85

Sistemas no Paralelos

Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso. 0,90

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

1.4.5.2.7. Restricciones a la Irregularidad

a. Categoría de la Edificación e Irregularidad

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 18.

Tabla 18
Categoría Y Regularidad De Las Edificaciones

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

b. Sistemas de Transferencia

Los sistemas de transferencia son estructuras de losas y vigas que transmiten las fuerzas y momentos desde elementos verticales discontinuos hacia otros del piso inferior.

En las zonas sísmicas 4, 3 y 2 no se permiten estructuras con sistema de transferencia en los que más del 25 % de las cargas de gravedad o de las cargas

sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación. Esta disposición no se aplica para el último entrepiso de las edificaciones.

c. Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas, R

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente R_0 determinado a partir de la Tabla N° 15 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas N° 16 y N° 17.

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

Ecuación 13: Fórmula del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas, R .

1.4.5.3 Análisis estructural

1.4.5.3.1. Estimación del peso.

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

- a) En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b) En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- c) En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

1.4.5.3.2. Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

a. Fuerza Cortante en la Base

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

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

Ecuación 14: Fórmula de la fuerza cortante en la base.

El valor de C/R no deberá considerarse menor que: $\frac{C}{R} \geq 0,11$

b. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i, correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

Ecuación 15: Fórmula de la distribución de la Fuerzas Sísmicas en Altura.

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Ecuación 16: Fórmula del coeficiente α_i .

Donde n es el número pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo ha:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

c. Período Fundamental de Vibración

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

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

Ecuación 17: Fórmula del periodo fundamental de vibración.

Donde:

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

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

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

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

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

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

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

Ecuación 18: Fórmula alternativa del periodo fundamental de vibración.

Donde:

- f_i es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.
- d_i es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i . Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental T deberá tomarse como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente.

d. Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción del peso igual a 2/3 Z.U.S.

En elementos horizontales de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 1.4.5.3.3 (b).

1.4.5.3.3 Análisis Dinámico Modal Espectral

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en este numeral.

a. Modos de Vibración

Los modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas. En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

b. Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo- aceleraciones definido por:

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

Ecuación 19: Fórmula de la aceleración espectral.

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales, considerando los valores de C, definidos en el ítem 1.4.5.1.4, excepto para la zona de períodos muy cortos ($T < 0,2T_p$) en la que se considera:

$$T < 0,2T_p \quad C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_p}\right)$$

c. Fuerza Cortante Mínima

Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entresque de la edificación no podrá ser menor que el 80 % del valor calculado según el numeral 4.5 para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares.

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

d. Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable

1.4.5.4 Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad

1.4.5.4.1. Determinación de Desplazamientos Laterales

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R indicados en el numeral 1.4.5.3.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 1.4.5.3.3 (c).

1.4.5.4.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 1.4.5.4.1, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 19.

Tabla 19
Límites para la distorsión del entrepiso

Material Predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

1.4.5.4.3 Separación entre Edificios (s)

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

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

$$S = 0,006 h \geq 0,03 m$$

Ecuación 20: Fórmula de la separación entre edificios.

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

El edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores de 2/3 del desplazamiento máximo calculado según el numeral 1.4.5.4.1 ni menores que $s/2$ si la edificación existente

cuenta con una junta sísmica reglamentaria. En caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio deberá separarse de la edificación existente el valor de $s/2$ que le corresponde más el valor $s/2$ de la estructura vecina.

1.4.5.5 Elementos no estructurales

1.4.5.5.1 Generalidades

Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema pero su aporte a la rigidez no es significativo.

Para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sismorresistente y deban acompañar la deformación de la estructura deberá asegurarse que en caso de falla no causen daños.

Dentro de los elementos no estructurales que deben tener adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas se incluyen:

- a. Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.
- b. Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.
- c. Vidrios y muros cortina.
- d. Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- e. Instalaciones eléctricas.
- f. Instalaciones de gas.
- g. Equipos mecánicos.
- h. Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.

1.4.5.5.2 Fuerzas de Diseño

Los elementos no estructurales, sus anclajes, y sus conexiones deberán diseñarse para resistir una fuerza sísmica horizontal en cualquier dirección (F) asociada a su peso (P_e), cuya resultante podrá suponerse aplicada en el centro de masas del elemento, tal como se indica a continuación:

$$F = \frac{a_i}{g} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Ecuación 21: Fórmula de la fuerza sísmica horizontal para elementos no estructurales.

Donde a_i es la aceleración horizontal en el nivel donde el elemento no estructural está soportado, o anclado, al sistema estructural de la edificación. Esta aceleración depende de las características dinámicas del sistema estructural de la edificación y debe evaluarse mediante un análisis dinámico de la estructura.

Alternativamente podrá utilizarse la siguiente ecuación:

$$F = \frac{F_i}{P_i} \cdot C_1 \cdot P_e$$

Ecuación 22: Fórmula de la fuerza lateral donde se apoya el elemento no estructural.

Donde F_i es la fuerza lateral en el nivel donde se apoya o se ancla el elemento no estructural calculada de acuerdo al numeral 1.4.5.3.2 y P_i el peso de dicho nivel.

Los valores de C_1 se tomarán de la Tabla N° 12.

Tabla 20
Valores de C_1

- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rígidamente al piso.	1,5

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*)

Para calcular las solicitaciones de diseño en muros, tabiques, parapetos y en general elementos no estructurales con masa distribuida, la fuerza F se convierte en una carga uniformemente distribuida por unidad de área. Para muros y tabiques soportados horizontalmente en dos niveles consecutivos, se toma el promedio de las aceleraciones de los dos niveles.

1.4.5.5.3 Fuerza Horizontal Mínima

En ningún nivel del edificio la fuerza F calculada con el numeral 1.4.5.5.2 será menor que $0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$

1.4.5.5.4 Fuerzas Sísmicas Verticales

La fuerza sísmica vertical se considerará como $2/3$ de la fuerza horizontal.

Para equipos soportados por elementos de grandes luces, incluyendo volados, se requerirá un análisis dinámico con los espectros definidos en el numeral 1.4.5.3.3 (b).

1.4.5.5.5 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos

Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos deberán diseñarse con una fuerza horizontal calculada con:

$$F = 0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

Ecuación 23: Fórmula de la fuerza horizontal en elementos no estructurales localizados en la base de la estructura.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Determinar la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en una institución educativa, en Jaén, año.2019.

2.2 Específicos

- a. Evaluar las condiciones de los módulos IV, VI y VIII de la IE Alfonso Villanueva Pinillos, aplicando el método de Benedetti y Petrini, para asociar los factores que influyen en el nivel de vulnerabilidad.
- b. Definir el índice de vulnerabilidad sísmica de los módulos IV, VI y VIII de la IE Alfonso Villanueva Pinillos, mediante el cálculo de un índice normalizado, para obtener una clasificación más conservadora.
- c. Realizar un análisis dinámico modal espectral del módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos, aplicando el software ETABS 2016 V.2.1, para verificar el cumplimiento de las derivas según lo estipulado en la NTE E.030.
- d. Calcular la fuerza cortante en la base del módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos, para verificar si la fuerza cortante mínima cumple con el porcentaje estipulado en la NTE E.030.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica

La zona de estudio está ubicada en Perú, en el departamento de Cajamarca.



Ilustración 5: Mapa político del Perú

Fuente: Español Maps of World (Mapas del mundo)

Siendo más exactos, la zona de estudio está ubicada en la provincia de Jaén

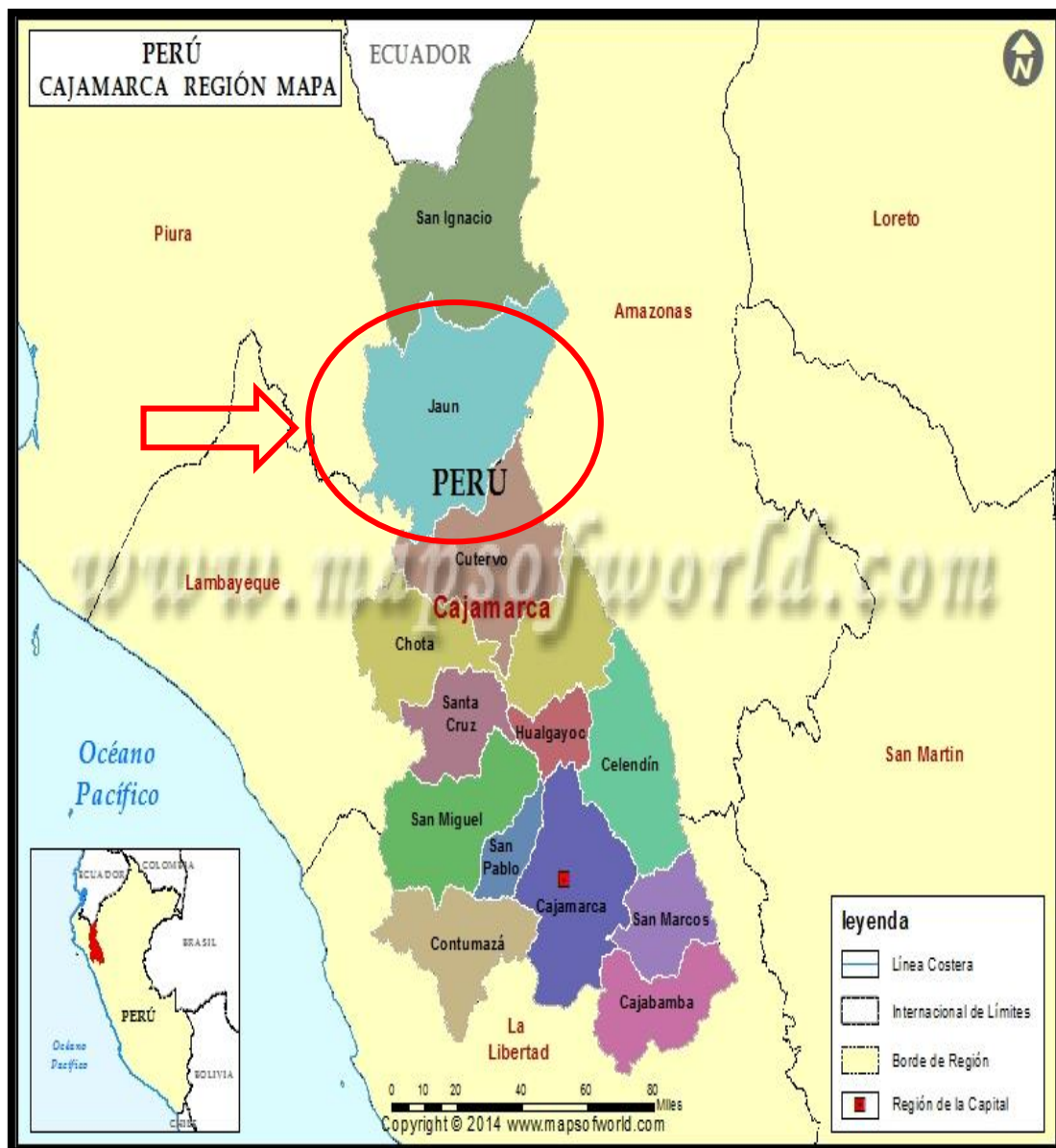


Ilustración 6: Mapa político del departamento de Cajamarca.

Fuente: Español Maps of World (Mapas del mundo)

Específicamente, la zona de estudio está ubicada en el distrito de Jaén



Ilustración 7: Mapa político de la provincia de Jaén.

Fuente: Así es Cajamarca Turismo y Tradición (Los 12 distritos de Jaén)

En el siguiente mapa del distrito de Jaén, se señala exactamente la ubicación de la I.E “Alfonso Villanueva Pinillos”.

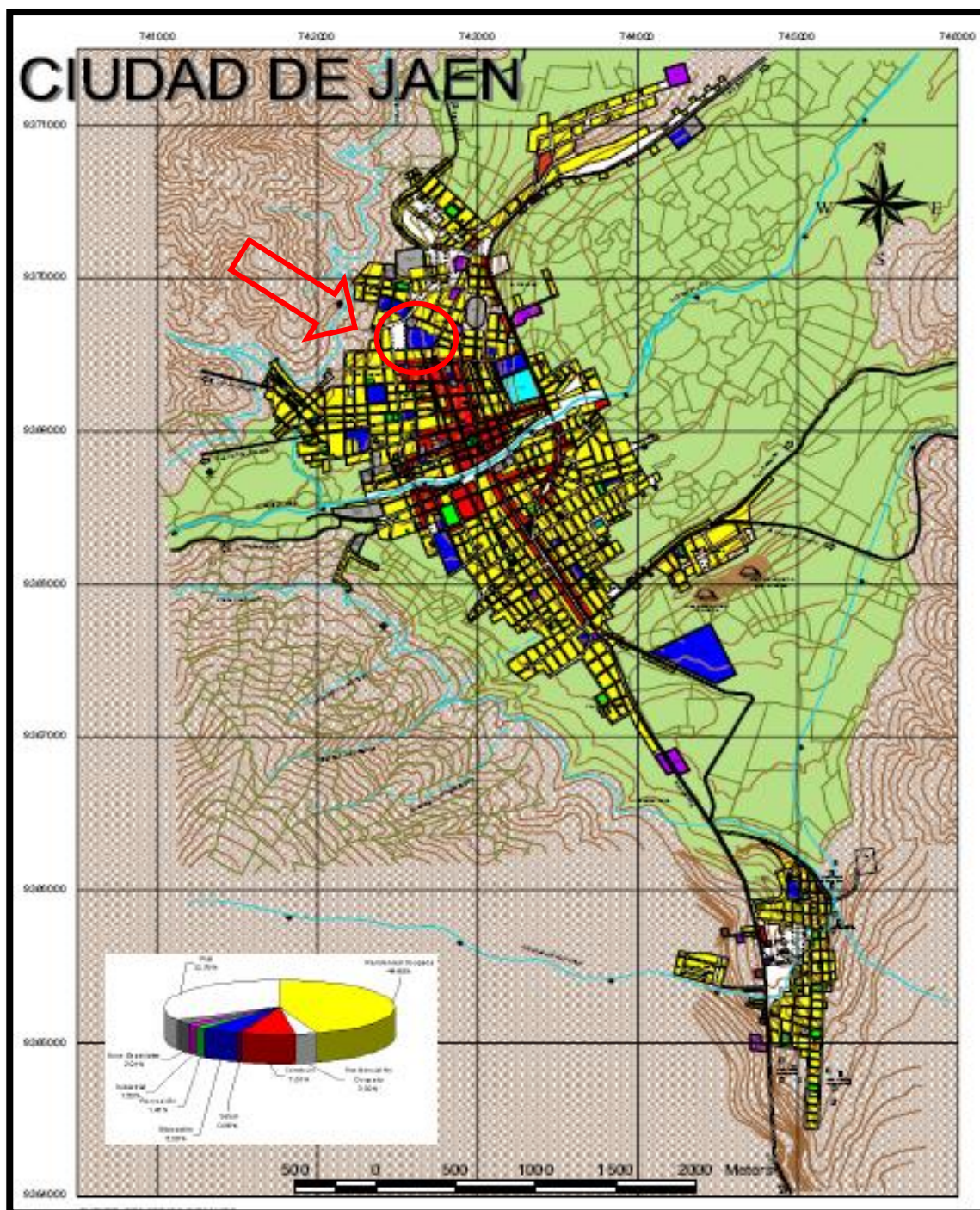


Ilustración 8: Ubicación de la I.E “Alfonso Villanueva Pinillos”

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

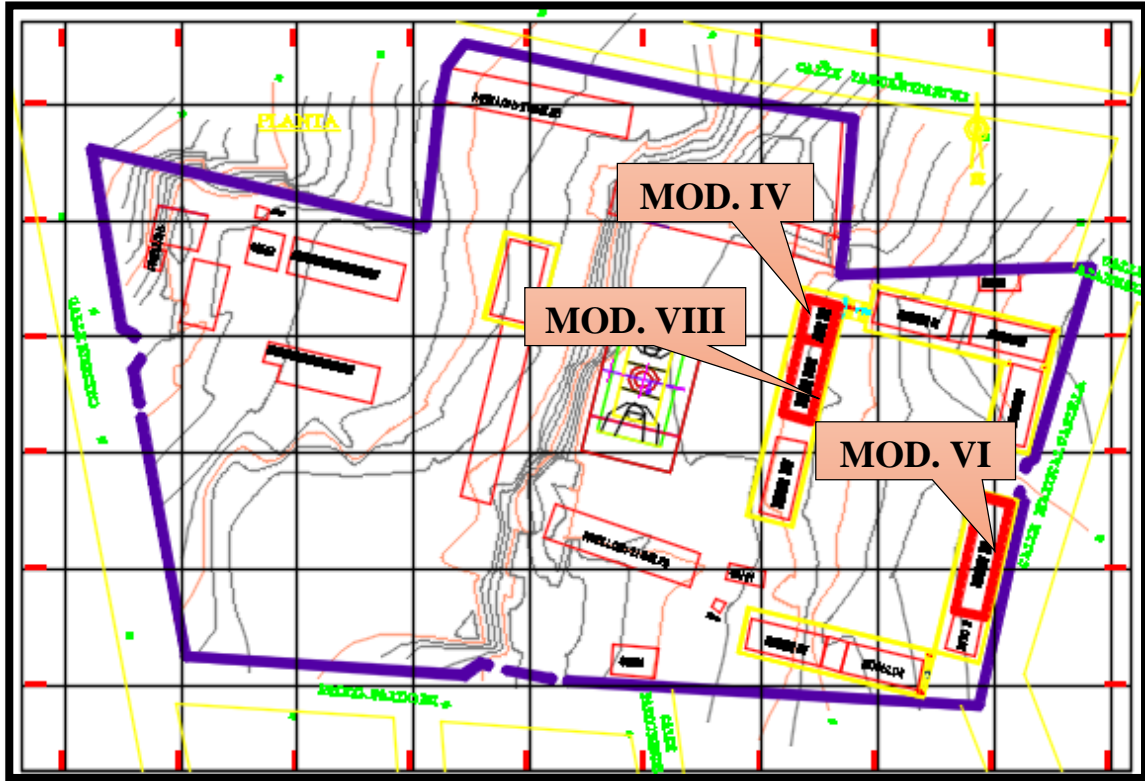


Ilustración 9: Plano de la planta general de la IE Alfonso Villanueva Pinillos: Ubicación de los Módulos IV, VI y VIII

Fuente: Expediente Técnico: “Reposición de infraestructura y mobiliario escolar IEP Alfonso Villanueva Pinillos – Jaén.

A continuación, se muestra una tabla de las ubicación, coordenadas y altitudes de los módulos en estudio de la Institución Educativa “Alfonso Villanueva Pinillos”, a éstos se les definió un código para su mejor identificación, el cual fue establecido de la siguiente manera: Institución Educativa “Alfonso Villanueva Pinillos: I.E “A.V.P”, Módulo IV: MOD – 04, Módulo VI: MOD – 06, Módulo VIII: MOD – 08.

Tabla 21*Ubicación, coordenadas y altitudes de los módulos en estudio.*

Parámetro		Valor	
Hemisferio		Sur	
Huso		17	
Franja		M	
Datum		WGS - 84	

Código	Ubicación	Coordenadas	Altitud
MOD – 04	Calle Mariscal Castilla, cuadra 10 – Pueblo Nuevo	E: 742541.49 N: 9369231.63	741 m.s.n.m
MOD – 06	Calle Mariscal Castilla, cuadra 10 – Pueblo Nuevo	E: 742578.52 N: 9369189.03	740 m.s.n.m
MOD – 08	Calle Mariscal Castilla, cuadra 10 – Pueblo Nuevo	E: 742535.67 N: 9369207.00	741 m.s.n.m

Fuente: (Elaboración propia)

3.2 Población, muestra y muestreo.

3.2.1 Población

La infraestructura de la I.E Alfonso Villanueva Pinillos.

3.2.2 Muestra

Los módulos IV, VI y VIII.

3.2.3 Muestreo

Los módulos IV, VI y VIII, de la I.E Alfonso Villanueva Pinillos, fueron seleccionados aplicando un muestreo no probabilístico intencional o derivado, basado en visitas de campo y criterios estructurales fundamentados en el RNE.

3.3 Tipo de investigación

3.3.1 Según su finalidad

Es básica, porque tiene el propósito de evaluar la vulnerabilidad sísmica de los módulos IV, VI y VIII de la I.E “Alfonso Villanueva Pinillos” de la ciudad de Jaén, se difundirá los resultados obtenidos para que la plana docente, estudiantes, autoridades y público en general de ser el caso apliquen acciones preventivas de mitigación ante un evento sísmico, es decir su propósito es de aplicación inmediata y, no aporta conocimiento nuevo.

3.3.2 Según su diseño

Es no experimental, pues no se harán ningún tipo de modificación de las variables, y los resultados de los ensayos existentes que se han realizado en la I.E “Alfonso Villanueva Pinillos”, servirán para realizar la modelación y análisis de dicha institución, cuyo procedimiento será meramente descriptivo.

3.3.3 Según su enfoque

Es cuantitativa, porque si bien es cierto el método propuesto por Benedetti-Petrini es aproximado, pues en este caso se complementara la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la I.E “Alfonso Villanueva Pinillos” mediante un Análisis Dinámico Modal Espectral asistido por el software ETABS 2016 V.2.1, y con ello se ha utilizado medios matemáticos para medir los resultados de manera concluyente.

3.4 Línea de investigación

Mecánica y análisis estructural.

3.5 Fuentes de información

3.5.1 Fuente primaria

Aquellas que han sido registradas en los parámetros de estudio evaluados en cada módulo de la I.E “Alfonso Villanueva Pinillos”

3.5.2 Fuente Secundaria

Información citada de diferentes fuentes bibliográficas artículos, monográficas, libros y otras fuentes de información relacionada con investigaciones sobre vulnerabilidad sísmica por el método de Benedetti Petrini, e información en análisis dinámico modal espectral en instituciones educativas.

3.6 Hipótesis

La vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en una institución educativa, en Jaén, año.2019, es media.

3.7 Variables

3.7.1 Variables dependientes

Nivel de vulnerabilidad sísmica.

3.7.2 Variables independientes

Los parámetros utilizados para determinar la vulnerabilidad sísmica.

3.8 Método

3.8.1 Deductivo – Inductivo

Al identificar las variables independientes y dependientes, se puede generar la hipótesis, al terminar con la recolección de datos, y el procesamiento correcto de la información, se procederá a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la I.E Alfonso Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén.

3.8.2 Análisis – Síntesis

Se realizará la descomposición del objeto a estudiar en sus distintas variables para poder evaluar la vulnerabilidad sísmica de la I.E Alfonso Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén, mediante el método de Benedetti y Petrini y una análisis dinámico modal espectral, finalmente se procederá a determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de la muestra estudiada.

3.9 Técnicas

3.9.1 Campo

Observación: Nos permitió hacer apreciaciones en campo y así lograr tomar los apuntes necesarios para la evaluación y aplicación del método de Benedetti y Petrini, así como el análisis dinámico modal espectral, con la finalidad de generar resultados parciales, que posteriormente fueron procesados en hojas de Excel y en el software ETABS 2016 V2.1, y todo esto nos permitió generar un resultado final concluyente.

Fichaje: Se realizó una ficha que involucró la descripción de los 11 parámetros establecido por el método de Benedetti y Petrini, la cual nos permitió registrar data como el tipo de construcción, el uso, la calidad de los materiales, la estructuración utilizada, aspectos geométricos de la estructura, el tipo de daños que presenta, etc.

Encuesta: Formato que fue aplicado a la plana docente de la I.E en estudio, la cual nos permitió determinar el estado de conservación actual de la infraestructura educativa de la I.E “Alfonso Villanueva Pinillos”.

3.9.2 Documental

Análisis de Documentos: Se realizó la revisión bibliográfica como; informe técnico de INDECI, libros, tesis, revistas, artículos de investigación, el expediente técnico de la I.E en estudio, y las normas técnicas vigentes en nuestro país, todos relacionados al tema que se ha investigado, la misma que nos permitió obtener criterios técnicos objetivos para una buena investigación.

3.10 Procedimiento de recolección de datos

3.10.1 Etapa N°01: Solicitud de copia digital de expediente técnico.

Se presentó una solicitud a la Gerencia Sub Regional Jaén – San Ignacio, exactamente al Sub Gerente del Área de Operaciones, con fecha 14 de Noviembre del 2019, en la cual se solicitó una copia digital del proyecto: *Reposición de Infraestructura y Mobiliario Escolar IEP Alfonso Villanueva Pinillos – Jaén (Ver anexo 1)*.

La entidad antes referida con carta N°001-2019-GR.CAJ—GSRJ/SGO-WCF, MAD: 04980798, firmado por el Ing. Wenceslao Correa Febrero (especialista del área División de Estudios), y con fecha 20 de noviembre del 2019, nos hizo la entrega de *01 copia digital del expediente de la infraestructura existente de la IEPSM Alfonso Villanueva Pinillos (Ver anexo 2).*

3.10.2 Etapa N°02: Solicitud de autorización para ejecución de tesis.

Se presentó una solicitud a la I.E Alfonso Villanueva Pinillos, exactamente al Prof. José Antonio Tapia Rivera (director de la I.E), con fecha 06 de Noviembre del 2019, en la cual se solicitó autorización para ejecución de tesis (*Ver anexo 3*).

La entidad antes referida mediante una Autorización, firmado por el Prof. José Antonio Tapia Rivera (director de la I.E), y con fecha 13 de noviembre del 2019, nos AUTORIZO el acceso a la I.E (*Ver anexo 4*).

3.10.3 Etapa N°03: Elaboración de fichas de evaluación.

Se realizó dos fichas de evaluación basadas en la descripción de los 11 parámetros establecido por el método de Benedetti y Petrini, la cual nos permitió registrar data como el tipo de construcción, el uso, la calidad de los materiales, la estructuración utilizada, aspectos geométricos de la estructura, el tipo de daños que presenta, etc. Un formato fue para la recolección de datos del módulo VI, y la otra para los módulos IV y VIII (*Ver anexo 5*).

3.10.4 Etapa N°04: Elaboración de encuesta.

Se elaboró un formato en la cual se planteó preguntas acerca de la existencia de un mantenimiento de la infraestructura educativa, dicho formato fue aplicado a la plana docente de la I.E en estudio, la cual nos permitió determinar el estado de conservación actual de la I.E “Alfonso Villanueva Pinillos” (*Ver anexo 6*).

3.10.5 Etapa N°05: Toma de datos de cada módulo de la I.E Alfonso Villanueva

Pinillos

3.10.5.1 Situación actual de la infraestructura educativa

Se realizó visitas a campo, y luego de varios recorridos se verifico el estado situacional actual de la infraestructura educativa, módulos IV, VI y VIII de la I.E Alfonso Villanueva Pinillos.



Ilustración 10: Aparece muro portante en el 2° nivel, módulo IV.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 11: Inadecuada distancia de separación entre Módulo IV y escalera.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 12: *Posible irregularidad geométrica vertical en el 2° piso del Módulo VI.*

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 13: *Columnetas de volado cumplen funciones de soporte y transmisión de cargas, en los módulos IV y VIII.*

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 14: Reducción abrupta de área de elementos verticales resistentes (columnas), en los módulos IV y VIII.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 15: En el 2° nivel se obvia la separación existente en el 1° nivel, entre módulos IV y VIII.

Fuente: Elaboración propia.

3.10.5.2 Identificación de los materiales de construcción

Se reconoció los materiales con los que fueron construidos dicha Institución educativa.



Ilustración 16: *Techo de cobertura liviana (calamina zinc + tijerales metálicos), en el 2° nivel de los módulos IV y VIII.*

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 17: *Sistema dual (pórticos en eje "X" + muros de albañilería en eje "Y"), módulos IV y VIII.*

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 18: Diafragmas, vigas, columnas y columnetas de concreto armado, en el módulo VI.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 19: Sistema dual (pórticos en eje "X" + muros de albañilería en eje "Y"), módulo VI.

Fuente: Elaboración propia.

3.10.5.3 Toma de medidas de los módulos IV, VI y VIII



Ilustración 20: Se realiza medidas de las elevaciones del módulo VI.

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 21: Toma de medidas de los elementos resistentes del módulo VI.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 22: *Mediciones de los elementos resistentes del módulo IV y VIII.*

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 23: *Mediciones de los muros del 2° nivel de los módulos IV y VIII.*

Fuente: Elaboración propia.

3.10.6 Etapa N°06: Elaboración de planos de los módulos IV, VI y VIII.

Se realizó la elaboración de los planos tanto de distribución, de cortes y elevaciones, así como de losa aligerada y cobertura liviana, dichos planos fueron elaborados en el software Autodesk Auto Cad 2016. Estos planos fueron plasmados considerando los planos existentes en el expediente técnico, pero dándole mayor importancia a las medidas y observaciones obtenidas en campo, esto debido a que en obra nos encontramos con una realidad muy distinta a lo planteado en el expediente técnico, tales como:

3.10.6.1 En los Módulos IV y VIII.

- a) Según expediente técnico solo existe una distribución arquitectónica para un nivel, pero sin embargo en obra está construido de 02 niveles.
- b) En obra se están dando usos distintos a los planteados en expediente técnico, por ejemplo se ha dividido el espacio que le correspondía al ambiente de Biblioteca, y han generado un ambiente para uso de Administración.
- c) Algunos muros portantes estipulados en el 1° nivel han sido obviados en el 2° nivel, generando por lo contrario otros muros portantes que son discontinuos a los del 1° nivel.
- d) En obra existe en el 1° nivel existe una separación de 5 cm entre los módulos IV y VIII, pero sin embargo en el 2° nivel esta ha sido obviada.

3.10.6.1 En el Módulo VI.

- e) Según expediente técnico solo existe una distribución arquitectónica para un nivel, pero sin embargo en obra está construido de 02 niveles.
- f) Algunos muros portantes estipulados en el 1° nivel han sido obviados en el 2° nivel, generando por lo contrario otros muros portantes que son discontinuos respecto a los del 1° nivel.
- g) En obra, en el 2° nivel se ha obviado un eje, generando una posible irregularidad geométrica vertical, así como discontinuidad en los elementos resistentes en este caso pórticos.

IV. RESULTADOS

4.1 Evaluación de los parámetros del índice de vulnerabilidad para los módulos IV, VI y VIII.

El Módulo IV y VIII fue analizado como un solo módulo, esto debido a que existe una junta sísmica solo en el 1° nivel, y en el 2° nivel está a sido anulada, generando de esa manera una sola edificación. A diferencia de la anterior, el Módulo VI fue analizado independientemente, porque su separación de la edificación adyacente si es continúa.

Las clases A, B y C, Según Benedetti y Petrini, se clasificaran de la siguiente manera:

A = Vulnerabilidad Baja

B = Vulnerabilidad Media.

C = Vulnerabilidad Alta.

4.1.1 Parámetro N°01: Tipo y organización

a) Para el módulo IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Según el expediente técnico “Reposición de infraestructura y mobiliario escolar IE Alfonso Villanueva Pinillos – Jaén”, corroborado con un informe emitido en la página web del GRC, podemos afirmar que el módulo IV y VIII de la IE Alfonso Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén, fue construido en diciembre del año 2010, la misma que conto con un Ing. Residente y un Ing. Supervisor.

Sin embargo actualmente en obra se cuenta con muros portantes (albañilería), de $e=0.25m$, en los ejes 1-1, 2-2, 3-3, 4-4 y 8-8 del 1° nivel, y en el 2° nivel cuenta con muros portantes de $e=0.15m$ en los ejes 1-1, 2-2 y 8-8, es decir estos elementos no son continuos y están sufriendo una reducción abrupta de área, como consecuencia probablemente se está generando una irregularidad por discontinuidad en los sistemas resistentes, estas afirmaciones corroboramos con las ilustraciones (N° 24, N° 25).

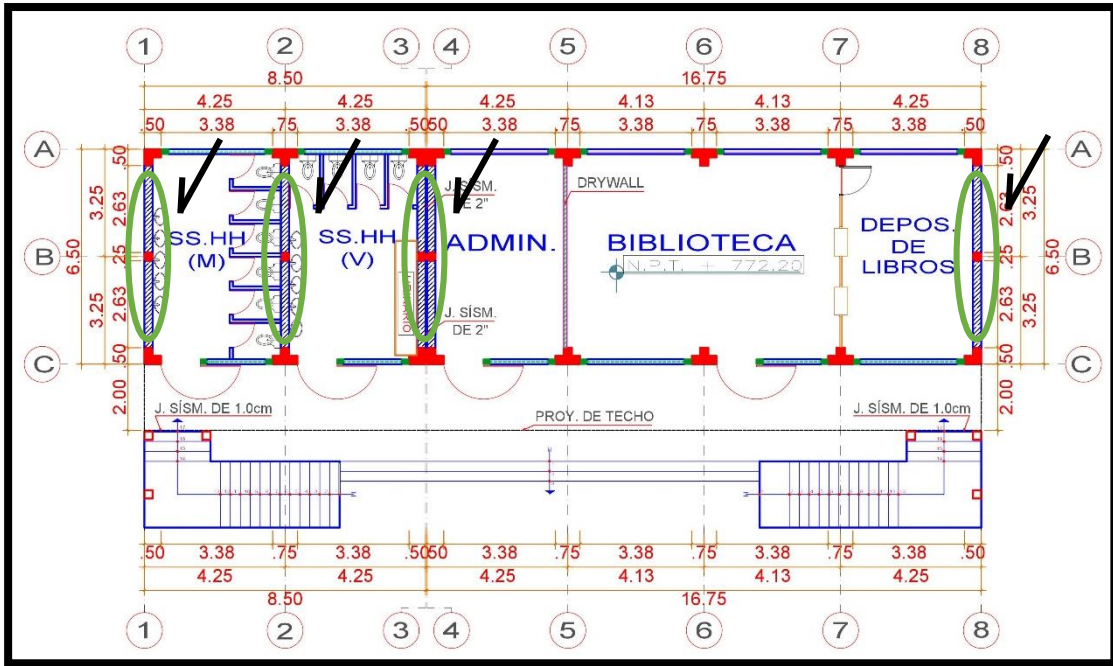


Ilustración 24: Plano de Distribución de 1° nivel_ módulos IV y VIII: ubicación de muros portantes de $e=0.25$

Fuente: Elaboración propia

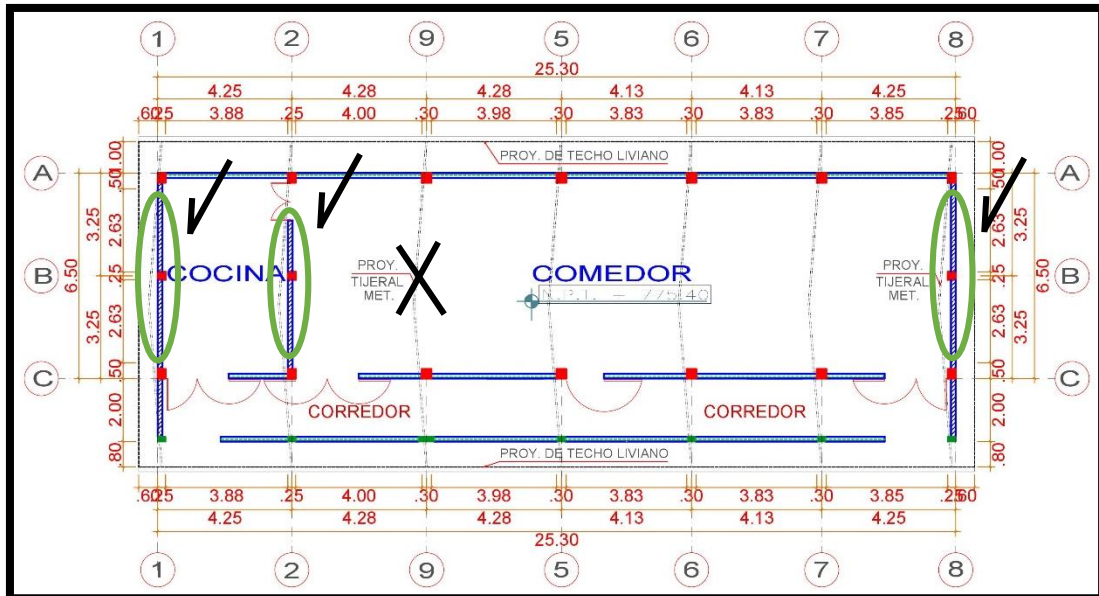


Ilustración 25: Plano de Distribución de 2° nivel _módulos IV y VIII: discontinuidad y reducción de espesor de muros portantes ($e=0.15$), con respecto al 1° nivel.

Fuente: Elaboración propia.

Sumado a esto, en el 1° nivel la obra cuenta con columnas tipo “L” en los ejes 1-1, 3-3, 4-4 y 8-8, y con columnas tipo “T” en los ejes 2-2, 5-5, 6-6 y 7-7, sin embargo en el 2° nivel todas las columnas tienen secciones rectangulares, es decir se han reducido de manera abrupta las secciones de las columnas del 2° nivel con respecto a las del 1° nivel, ver la ilustración (N° 26). En estos módulos también existe discontinuidad de columnas ver la ilustraciones (N° 24, N°25). Por las razones antes expuestas al MOD – 04 y al MOD - 08 de la IE. “AVP” se le asignó la calificación **B**.



Ilustración 26: Reducción abrupta de la sección de columnas _módulos IV y VIII; en el eje A-A (imagen derecha), y en el eje C-C (imagen izquierda)

Fuente: Elaboración propia.

b) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Par este parámetro, al igual que en los módulos IV y VIII, podemos afirmar que el módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén, también fue construido en diciembre del año 2010, la misma que contó con un Ing. Residente y un Ing. Supervisor.

Sin embargo este módulo VI, en obra cuenta con muros portantes (albañilería), de $e=0.25m$, en los ejes 1-1, 3-3, 5-5 y 7-7 del 1° nivel, y en el 2° nivel cuenta con muros portantes de $e=0.25m$ en el eje 1-1 y muros portantes de $e=0.15m$ en el eje 6-6, se pudo apreciar que estos elementos no son continuos, además un muro portante ha sido considerado solo en el 2° nivel, por otro lado los muros de albañilería del 2° nivel presentan una reducción de espesor con respecto a los muros portantes del 1° nivel, como consecuencia probablemente se está generando una irregularidad por discontinuidad en los sistemas resistentes, estas afirmaciones corroboramos con las ilustraciones (N° 27, N° 28).

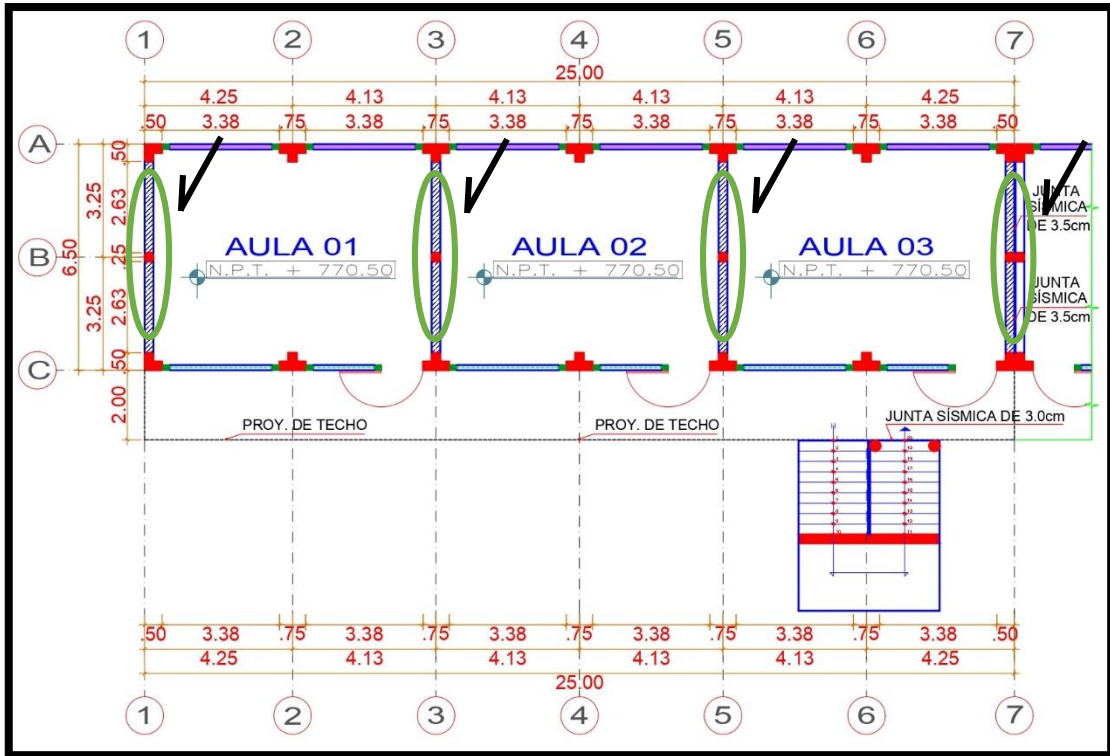


Ilustración 27: : Plano de Distribución de 1° nivel_ módulo VI: ubicación de muros portantes de $e=0.25$

Fuente: Elaboración propia.

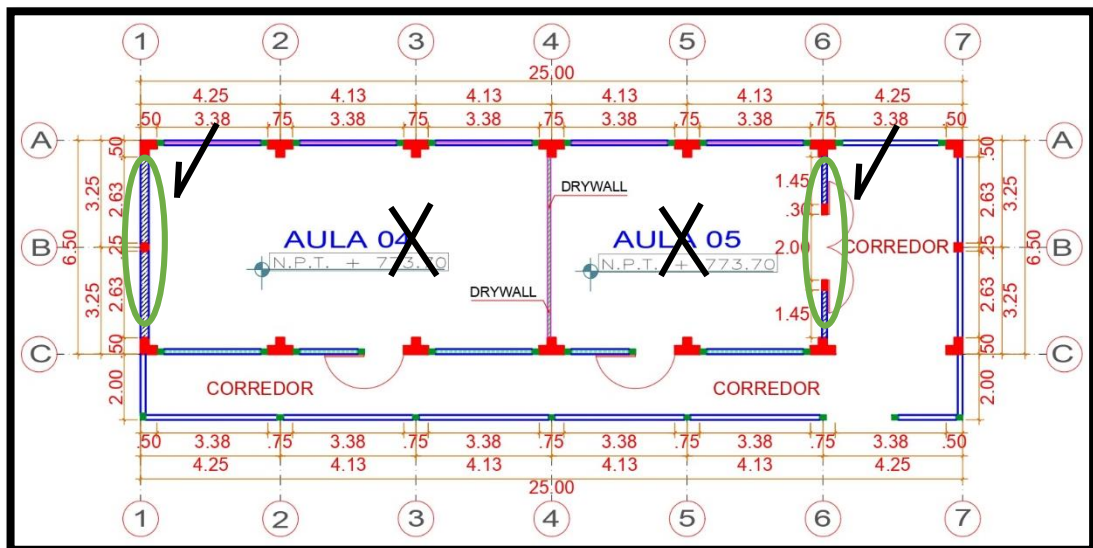


Ilustración 28: Plano de Distribución de 2° nivel _módulo VI: discontinuidad y reducción de espesor de muros portantes ($e=0.15$), con respecto al 1° nivel.

Fuente: Elaboración propia.

La estructura con respecto a la dirección “X-X” cuenta con 7 ejes en el 1° nivel, y con 6 ejes en el 2° nivel, por lo que en obra han reducido la verticalidad de las columnas del eje 7-7 en el segundo nivel, ver la ilustración (N° 29), esto ocasiona probablemente una irregularidad de discontinuidad en los sistemas resistentes. Por otro lado en el eje 6-6 del 1° nivel la edificación no presenta muros portantes, pero en el 2° nivel, en el mismo eje si presenta muros portantes más 01 puerta, ver las ilustraciones (N°27, N°28, N°30). Por las razones antes expuestas al MOD – 06 de la IE. “AVP” se le asignó la calificación **B**.

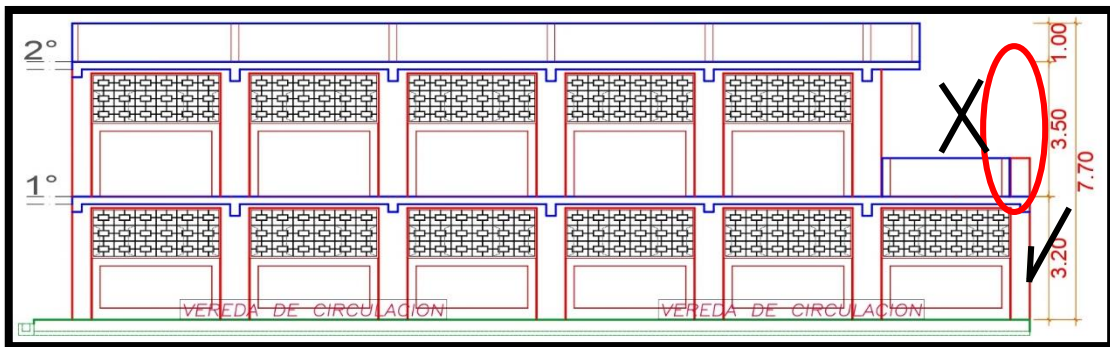


Ilustración 29: Plano Elevación posterior _MOD - 06: discontinuidad de columnas en eje 7-7 del 2° piso.

Fuente: Elaboración propia.

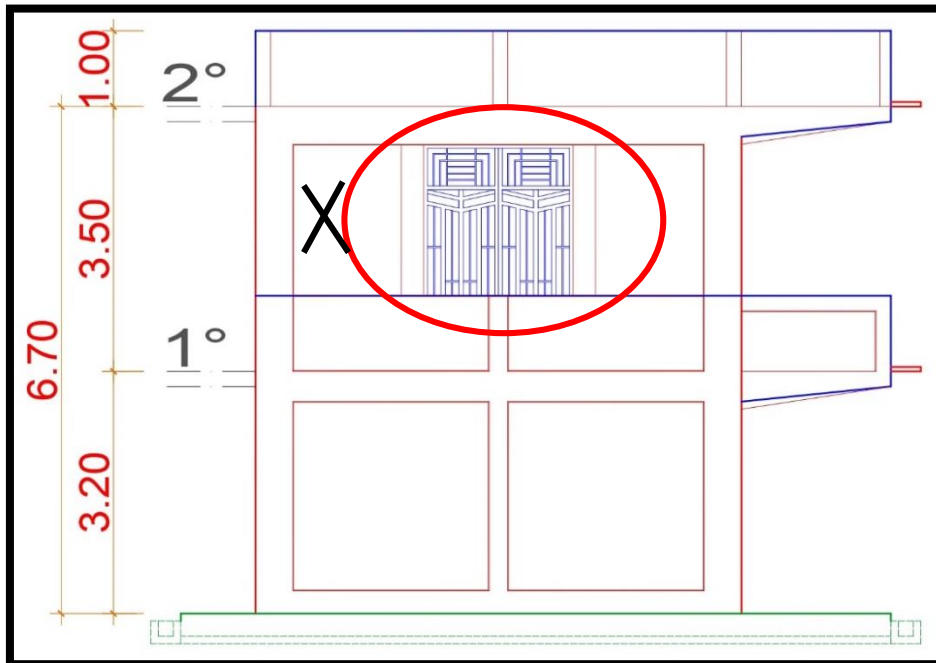


Ilustración 30: Plano de Elevación lateral derecha _MOD – 06: han colocado muros de albañilería, columnas y puertas a partir del 2° nivel (discontinuidad en los sistemas resistentes).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N°01 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08		X	
	MOD - 06		X	

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.2 Parámetro N°02: Calidad del sistema resistente

a) Para el módulo IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Los materiales usados en la construcción de los módulos IV y VIII, tienen la forma y homogeneidad requerida, pero sin embargo estas edificaciones presentan irregularidades en su tipo y organización del sistema estructural tal como se ha explicado en el ítem 4.1.1 (a). Por lo expuesto al MOD – 04 y MOD - 08 de la IE. “AVP” se le asignó la calificación **B**.

b) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Los materiales usados en la construcción del módulo VI, tienen la forma y homogeneidad requerida, pero sin embargo estas edificaciones presentan irregularidades en su tipo y organización del sistema estructural tal como se ha explicado en el ítem 4.1.1 (b). Por lo expuesto al MOD – 06 de la IE. “AVP” se le asignó la calificación **B**.

Tabla 23

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 02 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08		X	
	MOD - 06		X	

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.3 Parámetro N°03: Resistencia convencional.

a) Para el módulo IV y VIII de la IE "Alfonso Villanueva Pinillos".

Para determinar este parámetro se aplicará la base teórica descrita en el ítem 1.4.2.2.3, y el ítem 1.4.5.

*) Cálculo del coeficiente sísmico resistente (CSR)

Para esto aplicamos la Ecuación 20: $CSR = \frac{V_r}{W}$

Cálculo de la resistencia cortante

Para esto aplicamos la Ecuación 3: $V_r = \min(A_x, A_y) * V_c$

Para determinar (A_x, A_y) , se consideró como elementos resistentes a todas las columnas del 1° piso, esto debido a que los muros portantes del nivel no son continuos en el 2° nivel, ver ilustraciones (N° 24, N° 25).

Tabla 24

Áreas resistente en la dirección "X-X" (Ax), para los Módulos IV y VIII

ELEMENTOS	TIPO	CANT.	b (m)	d (m)	ÁREA (m2)
Columnas					3.8125
C-1	"L"	8	Área=	0.1875	1.5
C-2	"T"	8	Área=	0.25	2
C-3	"RECT."	5	0.25	0.25	0.3125
Muros					6.5625
M-1	ALBAÑILERÍA	5	5.25	0.25	6.5625

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 25*Áreas resistentes en la dirección "Y-Y" (Ay), para los módulos IV y VIII.*

ELEMENTOS	TIPO	CANT.	b (m)	d (m)	ÁREA (m ²)
Columnas					3.8125
C-1	"L"	8	Área=	0.1875	1.5
C-2	"T"	8	Área=	0.25	2
C-3	"RECT."	5	0.25	0.25	0.3125
Muros					6.5625
M-1	ALBAÑILERÍA	5	5.25	0.25	6.5625

Fuente: (Elaboración propia)

Para esta investigación se empleó un $V_c = 70 \text{ t/m}^2$ para el concreto y un $V_c = 18 \text{ tn/m}^2$.

Por lo tanto: $V_r = 3.8125 * 70 + 6.5625 * 18 = \mathbf{385.00 \text{ tn}}$

Cálculo del peso de la edificación (W)

Para esto aplicamos la Ecuación 4:

$$W = N * (A_X + A_Y) * H * P_m + N * C_X * H * P_{co} + M * P_s * A_t + A_c * P_c$$

Para esta investigación se empleó el valor de 1 t/m^2 , según el Ing. Genaro Delgado Contreras.

Tabla 26*Valores empleados para el cálculo del peso del Módulo IV y VII*

Descripción	Valor
At (Área total construida en planta)	At = 164.45 m ²
N (Número de pisos)	N = 2
H (Altura promedio)	H = 3.35 m
Vm (Resistencia al corte de la mampostería)	Vm = 18.00 tn/m ²
Pe (Peso de edificación por m ²)	Pe = 1 tn/m ²
Vc (Resistencia al corte de concreto)	Vc = 70 tn/m ²

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto: $W = 2 * 164.45 * 1 = 328.90 \text{ tn}$

Ahora calculamos: $CSR = 385.00/328.9 = 1.17$

***) Cálculo del coeficiente sísmico exigido (CSE)**

Para esto aplicamos la Ecuación 6: $CSE = \frac{ZUCS}{R}$

Cálculo de los parámetros sismorresistentes

El factor zona (Z), fue calculado de acuerdo a la E-030; Tabla (N°9).

El lugar de estudio se ubica en el distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Por lo tanto la zona es 2, **Z = 0.25**.

El factor uso (U), fue calculado de acuerdo a la E-030; Tabla (N°13).

La edificación que se estudio es una institución educativa, su categoría es “Edificaciones Esenciales” del tipo A2. Por lo tanto, **U = 1.50**.

El factor suelo (S), fue calculado de acuerdo a la E-030; Tabla (N°11).

Par definir este parámetro es indispensable determinar el tipo de suelo en el que se ha cimentado la edificación, para esta investigación ya existen dos informes técnicos que han determinado el tipo de suelo de la zona estudiada.

El primero, es el informe realizado por INDECI – PNUD -02/051 a través del proyecto “Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Jaén”, ver Anexo (N°7), y el segundo es el estudio de mecánica que realizó el Gobierno Regional de Cajamarca (GRC), mediante el expediente técnico denominado: “Reposición de infraestructura y mobiliario escolar IEP Alfonso Villanueva Pinillos – Jaén”, ver Anexo (N°8).

De acuerdo a los dos informes existentes, la IE “A.V.P” presenta un suelo del *Perfil Tipo* S_3 : *Suelos blandos*. Por lo tanto, aplicando la Tabla (N° 11), para una zona 2 y un suelo blando, **S = 1.40**.

El factor de amplificación sísmica (c), fue calculado de acuerdo a la E-030; ítem 1.4.5.1.4, Ecuaciones N°10, 17, y Tabla (N°12).

- Aplicando la Tabla (N° 12), para un suelo blando, $T_p = 1.00$, y $T_L = 1.60$

- Para determinar el periodo fundamental de vibración (T), se aplicó la Ecuación 17: $T = \frac{h_n}{C_T}$

Donde:

CT = 60, para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada y $h_n = 3.20m + 4.10m = 7.30m$

Por lo tanto, $T = 7.30/60$, $T = 0.12$

$T = 0.11 < T_p = 1.00$, entonces $C = 2.5$

El factor coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R)

Fue calculado de acuerdo a la E-030; ítem 1.4.5.2.7, Ecuación N°13, y Tablas (N°15, N°16, N°17).

Coefficiente básico de reducción (R_0)

- Aplicando la Tabla (N° 15), para un sistema estructural de concreto armado, dual, se tiene que, $R_0 = 7$

Irregularidades en altura (I_a), e irregularidades en planta (I_p)

- Aplicando la Tabla (N° 16), y basándose en las ilustraciones (N°24, N°25), se determinó irregularidades en altura, siendo esta por discontinuidad en los sistemas resistentes; $I_a = 0.80$. No se consideró ninguna irregularidad en planta, $I_p = 1$

- Aplicando la Ecuación N° 13: $R = R_0 * I_a * I_p$ tenemos $R = 7 * 0.80 * 1 = 5.60$

Ahora calculamos; $CSE = (0.25 * 1.50 * 2.50 * 1.40)/5.60 = 0.23$

****) Cálculo (α_h)***

$$\alpha_h = \frac{CSR}{CSE} = \frac{1.17}{0.23} = 5.09$$

Por lo tanto, para el MOD – 06 de la IE “A.V.P” se le asignó una calificación **A**, porque el valor de $\alpha_h = 5.09 > 1.20$.

b) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Para determinar este parámetro se aplicará la base teórica descrita en el ítem 1.4.2.2.3, y el ítem 1.4.5.

***) Cálculo del coeficiente sísmico resistente (CSR)**

Para esto aplicamos la Ecuación 20: $CSR = \frac{V_r}{W}$

Cálculo de la resistencia cortante

Para esto aplicamos la Ecuación 3: $V_r = \min(A_x, A_y) * V_c$

Para determinar (A_x, A_y) , se consideró como elementos resistentes a todas las columnas del 1° piso, esto debido a que los muros portantes del nivel no son continuos en el 2° nivel, ver ilustraciones (N° 27, N° 28).

Tabla 27

Áreas resistente en la dirección "X-X" (Ax), para el Módulo VI.

ELEMENTOS	TIPO	CANT.	b (m)	d (m)	ÁREA (m2)
Columnas					3.50
C-1	"L"	4	Área=	0.1875	0.75
C-2	"T"	10	Área=	0.25	2.5
C-3	"RECT."	4	0.25	0.25	0.25
Muros					5.25
M-1	ALBAÑILERÍA	4	5.25	0.25	5.25

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 28*Áreas resistentes en la dirección "Y-Y" (Ay), para el módulo VI.*

ELEMENTOS	TIPO	CANT.	b (m)	d (m)	ÁREA (m ²)
Columnas					3.50
C-1	"L"	4	Área=	0.1875	0.75
C-2	"T"	10	Área=	0.25	2.5
C-3	"RECT."	4	0.25	0.25	0.25
Muros					5.25
M-1	ALBAÑILERÍA	4	5.25	0.25	5.25

Fuente: (Elaboración propia)

Para esta investigación se empleó un $V_c = 70 \text{ t/m}^2$ para el concreto y un $V_m = 18 \text{ tn/m}^2$.

Por lo tanto: $V_r = 3.50 * 70 + 5.25 * 18 = 339.50 \text{ tn}$

Cálculo del peso de la edificación (W)

Para esto aplicamos la Ecuación 4:

$$W = N * (A_x + A_y) * H * P_m + N * C_x * H * P_{co} + M * P_s * A_t + A_c * P_c$$

Para esta investigación se empleó el valor de 1 t/m^2 , según el Ing. Genaro Delgado Contreras.

Tabla 29*Valores empleados para el cálculo del peso del Módulo VI*

Descripción	Valor
At (Área total construida en planta)	At = 162.5 m ²
N (Número de pisos)	N = 2
H (Altura promedio)	H = 3.20 m
Vm (Resistencia al corte de la mampostería)	Vm = 18.00 tn/m ²
Pe (Peso de edificación por m ²)	Pe = 1 tn/m ²
Vc (Resistencia al corte de concreto)	Vc = 70 tn/m ²

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto: $W = 2 * 162.5 * 1 = 325 \text{ tn}$

Ahora calculamos: $CSR = 339.50/325 = 1.04$

***) Cálculo del coeficiente sísmico exigido (CSE)**

Para esto aplicamos la Ecuación 6: $CSE = \frac{ZUCS}{R}$

Cálculo de los parámetros sismorresistentes

El factor zona (Z), fue calculado de acuerdo a la E-030; Tabla (N°9).

El lugar de estudio se ubica en el distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Por lo tanto la zona es 2, **Z = 0.25**.

El factor uso (U), fue calculado de acuerdo a la E-030; Tabla (N°13).

La edificación que se estudio es una institución educativa, su categoría es “Edificaciones Esenciales” del tipo A2. Por lo tanto, **U = 1.50**.

El factor suelo (S), fue calculado de acuerdo a la E-030; Tabla (N°11).

De acuerdo a los dos informes existentes, la IE “A.V.P” presenta un suelo del *Perfil Tipo S₃: Suelos blandos*. Por lo tanto, aplicando la Tabla (N° 11), para una zona 2 y un suelo blando, **S = 1.40**.

El factor de amplificación sísmica (c), fue calculado de acuerdo a la E-030; ítem 1.4.5.1.4, Ecuaciones N°10, 17, y Tabla (N°12).

- Aplicando la Tabla (N° 12), para un suelo blando, **T_p = 1.00, y T_L = 1.60**

- Para determinar el periodo fundamental de vibración (T), se aplicó la Ecuación 17: $T = \frac{h_n}{C_T}$

Donde:

CT = 60, para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada y $h_n = 3.20m + 3.50m = 6.70m$

Por lo tanto, $T = 6.70/60$, **T = 0.11**

$$T = 0.11 < T_p = 1.00, \text{ entonces } C = 2.5$$

El factor coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R)

Fue calculado de acuerdo a la E-030; ítem 1.4.5.2.7, Ecuación N°13, y Tablas (N°15, N°16, N°17).

Coefficiente básico de reducción (R_0)

- Aplicando la Tabla (N° 15), para un sistema estructural de concreto armado, dual, se tiene que, $R_0 = 7$

Irregularidades en altura (I_a), e irregularidades en planta (I_p)

- Aplicando la Tabla (N° 16), y basándose en las ilustraciones (N°27, N°28, N°29, N°30), se determinó irregularidades en altura, siendo la primera una irregularidad geométrica vertical; $I_a = 0.90$ y la segunda una irregularidad por discontinuidad en los sistemas resistentes; $I_a = 0.80$.No se consideró ninguna irregularidad en planta, $I_p = 1$

- Aplicando la Ecuación N° 13: $R = R_0 * I_a * I_p$ tenemos $R = 7 * 0.80 * 1 = 5.60$

Ahora calculamos; $CSE = (0.25 * 1.50 * 2.50 * 1.40)/5.60 = 0.23$

***) Cálculo (α_h)**

$$\alpha_h = \frac{CSR}{CSE} = \frac{1.04}{0.23} = 4.52$$

Por lo tanto, para el MOD – 06 de la IE “A.V.P” se le asignó una calificación A, porque el valor de $\alpha_h = 4.52 > 1.20$.

Tabla 30

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 03 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08	X		
	MOD - 06	X		

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.4 Parámetro N°04: Posición del edificio y cimentación

a) Para los módulos IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Estos módulos se encuentran cimentados en un terreno plano, sin variaciones de pendiente, en un suelo blando sin presencia de sales, ver ilustraciones (N°14, N° 22); por lo tanto, se le asignó la calificación A.

b) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Este módulo se encuentra cimentado en un terreno plano, sin variaciones de pendiente, en un suelo blando sin presencia de sales, ver ilustraciones (N°12, N° 19); por lo tanto, se le asignó la calificación A.

Tabla 31

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 04 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08	X		
	MOD - 06	X		

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.5 Parámetro N°05: Diafragmas horizontales.

a) Para los módulos IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Los módulos IV y VIII están conformado en el 1° nivel por una losa aligerada de concreto armado, la cual no presentan deformaciones ni pandeos, ni tampoco ausencia de planos a desnivel. El segundo nivel está conformado por un techo metálico de tipo dos aguas, cubierto de una cobertura liviana de calamina de zinc, dicha cobertura se encuentra apoyada en tijerales metálicos y estos últimos en las columnas, dicha cobertura es uniforme en toda su longitud, pero por el tipo de material es un diafragma que tiene muchas probabilidades de deformarse ante movimientos que causen desplazamientos laterales.

Por otro lado en obra se apreció un problema de complejidad bastante considerable, ya que estos dos módulos (IV y VIII), cuentan en el 1° nivel con una separación entre edificaciones (junta sísmica de $e=2''$), pero en el 2° nivel la losa aligerada es totalmente continúa es decir se anuló la junta existente y han convertido a los módulos en una sola edificación, sumado a esto las columnas en el 2° nivel han sido colocadas justo en la junta sísmica, perdiendo totalmente la separación entre ambos módulos, ver ilustraciones (N°15, N°31, N°32), estas irregularidades aportarían rigideces distintas a las que fueron diseñadas estos elementos resistentes lo que probablemente podría conllevar a un colapso parcial o total.

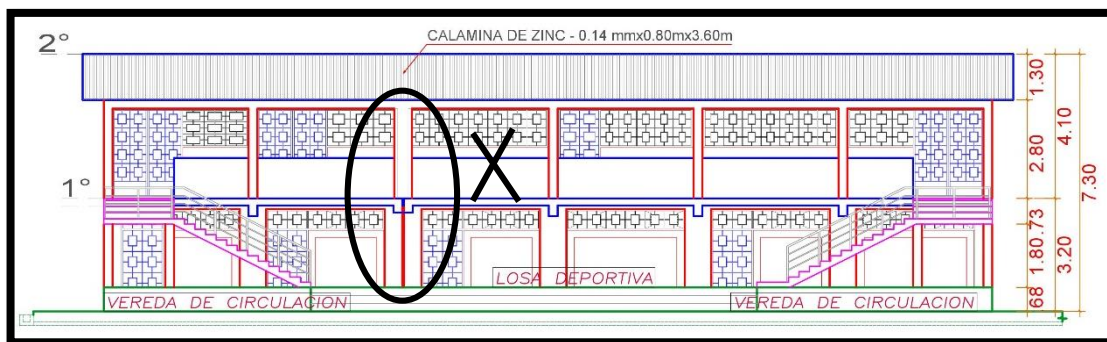


Ilustración 31: Plano de elevación frontal _Módulos IV y VIII; desaparece junta sísmica en el 2° piso.

Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España)

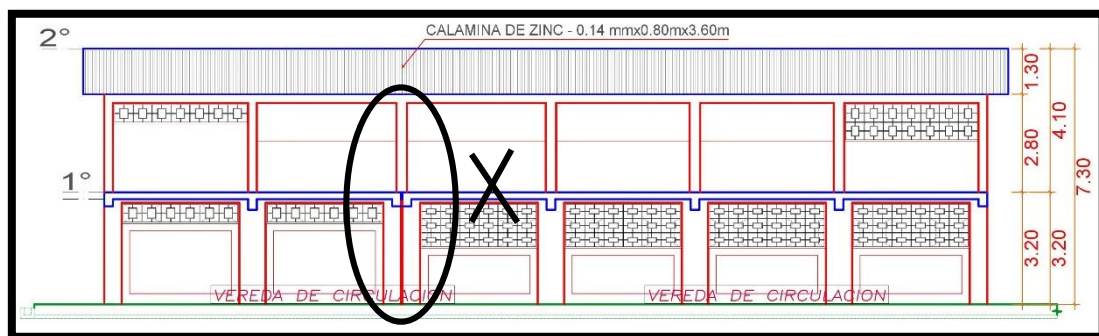


Ilustración 32: Plano de elevación posterior _Módulos IV y VIII; desaparece junta sísmica en el 2° piso

Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España)

Por lo tanto, a los módulos IV y VIII, se le asignó la calificación **B**.

b) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

EL módulo VI está conformado por una losa aligerada de concreto armado tanto en el 1° como en el 2° nivel, la cual no presentan deformaciones ni pandeos, ni tampoco ausencia de planos a desnivel. Sin embargo el 2° nivel tiene un área de techado menor a la del 1° nivel, ver ilustraciones (N°12, N°18), lo que probablemente ocasione que la edificación tenga centro de masas y centro de rigideces excéntricos, esto conllevaría a un momento torsional, y consecuentemente un colapso parcial o total.

Por lo tanto, al módulo VI, se le asignó la calificación **B**.

Tabla 32

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 05 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08		X	
	MOD - 06		X	

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.6 Parámetro N°06: Configuración en planta

a) Para los módulos IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Para determinar este parámetro se aplicó la base teórica del ítem 1.4.2.2.6, y la Ecuación 9.

- Datos: $L = 25.30m$, $a = 6.50m$ y $b = 0.00m$

- $\beta_1 = a/L = 6.50m/25.30m = 0.26m$

- $\beta_2 = b/L = 0.00m/25.30m = 0.00m$

Por lo tanto, a los módulos IV y VIII, se le asignó la calificación **C**.

b) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Para determinar este parámetro se aplicó la base teórica del ítem 1.4.2.2.6, y la Ecuación 9.

- Datos: $L = 25.00m$, $a = 6.50m$ y $b = 0.00m$
- $\beta_1 = a/L = 6.50m/25.00m = 0.26m$
- $\beta_2 = b/L = 0.00m/25.30m = 0.00m$

Por lo tanto, al módulo VI, se le asignó la calificación **C**.

Tabla 33

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 06 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08			X
	MOD - 06			X

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.7 Parámetro N°07: Configuración en Elevación

a) Para los módulos IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Estos módulos no presentan una irregularidad en altura, ver ilustraciones (N°17, N°31, N°32).

Por lo tanto, a los módulos IV y VIII, se le asignó la calificación **A**.

a) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Para determinar este parámetro se aplicó la base teórica del ítem 1.4.2.2.7, y las medidas estipuladas en la ilustración (N°33).

- Datos: $H_1 = 3.20m$, $H_2 = 3.50m$ y $H_T = 6.70m$
- $RL = H_2/H_T = 3.50m/6.70m = 0.52m$

Se cumple la siguiente condición: $0.33 < RL = 0.52 \leq 0.66$

Por lo tanto, al módulo VI, se le asignó la calificación **B**.

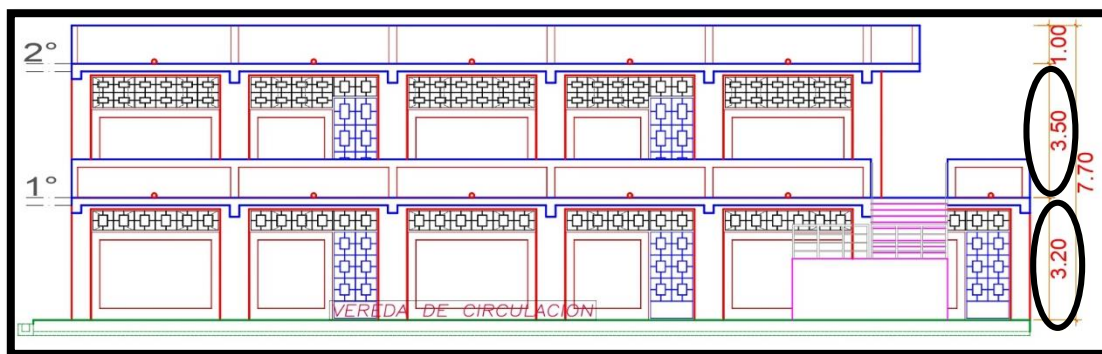


Ilustración 33: Plano de elevación frontal _Módulo VI; medidas para calcular la irregularidad en elevación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 07 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08	X		
	MOD - 06		X	

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.8 Parámetro N°08: Distancia máxima entre muros y columnas

a) Para los módulos IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

La distancia entre columnas se tendrá en cuenta determinando la presencia de asesoría técnica y el año de construcción. Sin embargo en obra los módulos IV y VIII cuentan con una escalera al lado izquierdo y otra al lado derecho (02 escaleras de forma “L”), estas escaleras tienen sus propios pórticos respecto a las edificaciones principales, pero la separación entre estas escaleras y los módulos es deficiente ya que cuenta con una junta de tan solo 1cm, ver ilustraciones (N°34, N°35, N°36). Cuando ocurre un movimiento telúrico, las edificaciones vibran de manera distinta ante la sollicitación sísmica, conduciendo a un choque entre estructuras cuando no se cuenta con una separación adecuada, y consecuentemente este golpeteo puede causar daños severos.

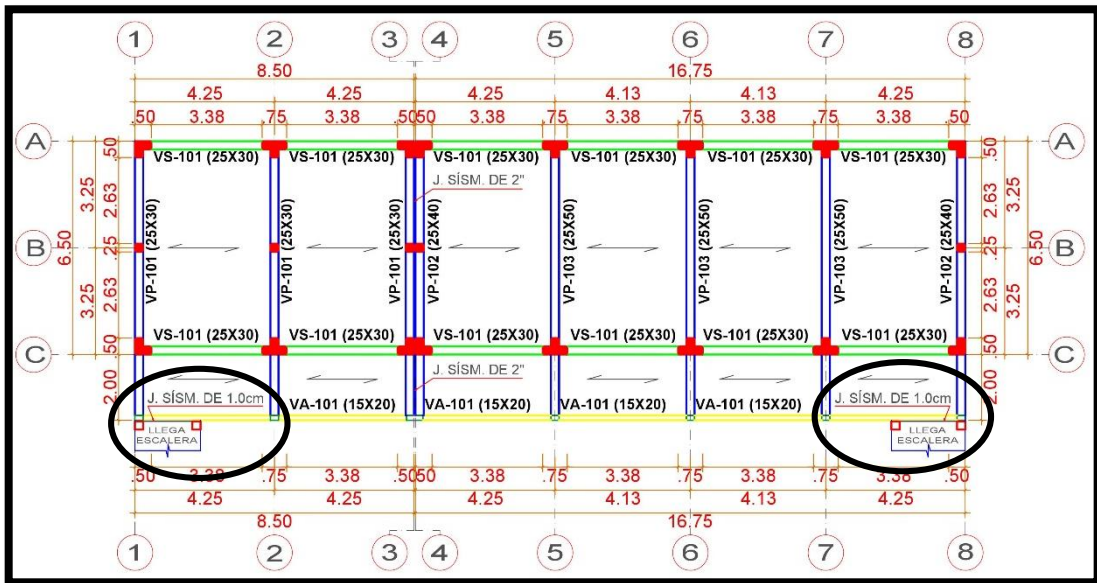


Ilustración 34: Plano de losa aligerada de 1° piso _Módulo IV y VIII; ubicación de las dos escaleras.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 35: Deficiente separación entre el módulo IV y la escalera, separación=1cm.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, a los módulos IV y VIII, se le asignó la calificación **B**.



Ilustración 36: Deficiente separación entre el módulo VIII y la escalera, separación=1cm.

Fuente: Elaboración propia.

b) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

La distancia entre columnas se tendrá en cuenta determinando la presencia de asesoría técnica y el año de construcción. Sin embargo en obra el módulo VI, cuenta con una escalera ubicado al lado derecho (de forma “U”), esta escaleras tiene sus propios pórticos respecto a la edificación principal, pero la separación entre esta escalera y el módulo es deficiente ya que cuenta con una junta de 3cm, ver ilustraciones (N°37, N°38). Cuando ocurre un movimiento telúrico, las edificaciones vibran de manera distinta ante la sollicitación sísmica, conduciendo a un choque entre estructuras cuando no se cuenta con una separación adecuada, y consecuentemente este golpeteo puede causar daños severos.

Por lo tanto, al módulo VI, se le asignó la calificación **B**.

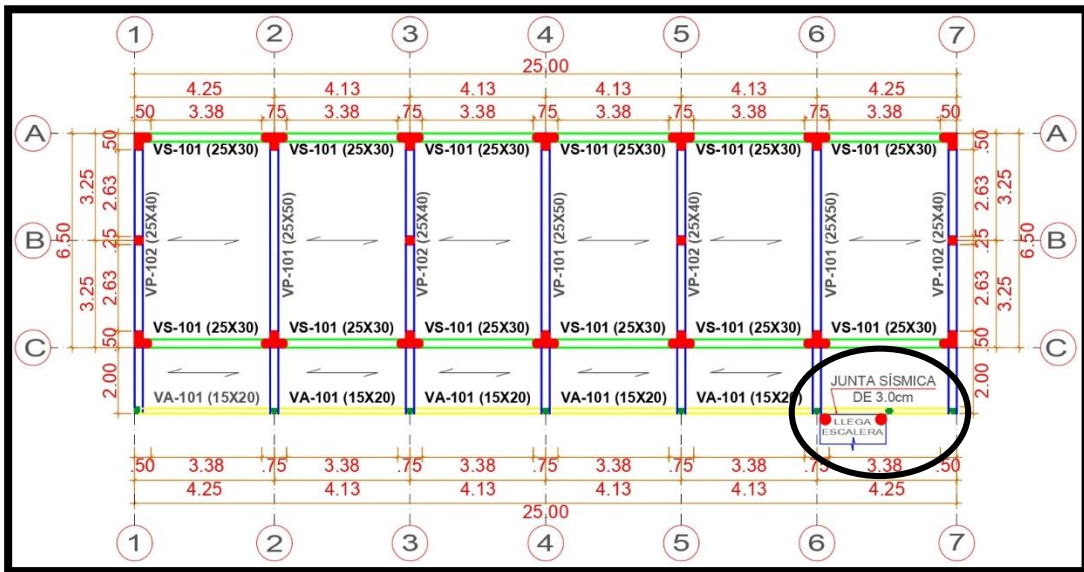


Ilustración 37: Plano de losa aligerada de 1° piso _Módulo VI; ubicación de la escaleras.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 38: Deficiente separación entre el módulo VI y la escalera, separación=3cm.

Fuente: Ulises Mena H. (Tesis UPC-España)

Tabla 35

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 08 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08		X	
	MOD - 06		X	

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.9 Parámetro N°09: Tipo de cubierta.

a) Para los módulos IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Los módulos IV y VIII están conformado en el 1° nivel por una losa aligerada de concreto armado, la cual se encuentra conectada a los pórticos resistentes. El segundo nivel está conformado por un techo metálico de tipo dos aguas, cubierto de una cobertura liviana de calamina de zinc (0.14mmx0.80mx3.60m), que son soportadas por correas metálicas (2”x3”), dicha cobertura se encuentra apoyada en tijerales metálicos (2”x4”), y estos últimos en las columnas, ver ilustraciones (N°39, N°40).

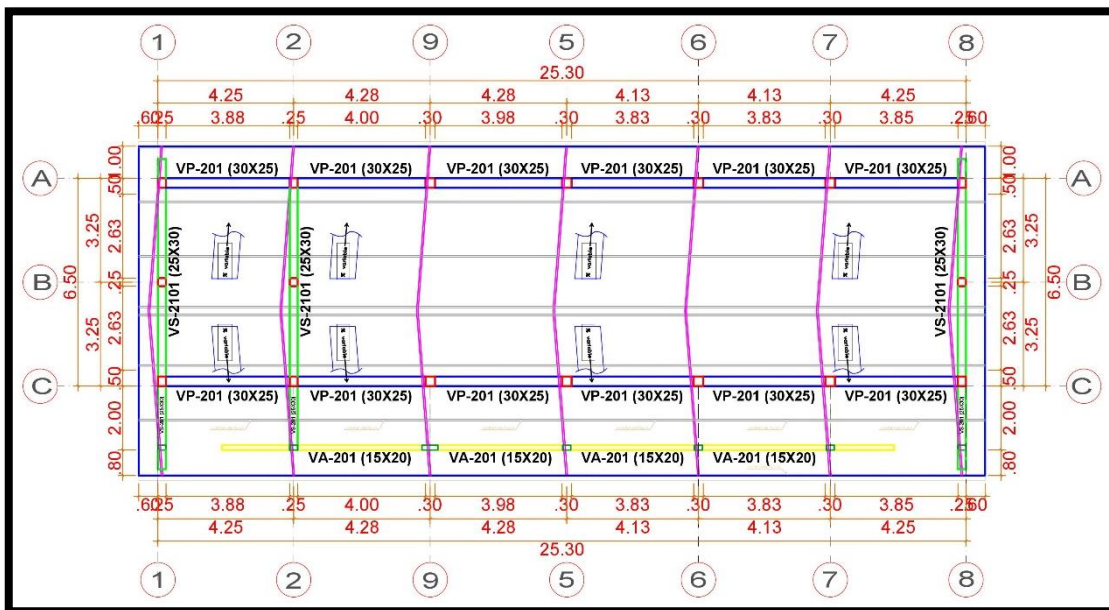


Ilustración 39: Plano de techo de cobertura liviana 2° nivel _módulos IV y VIII.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 40: Cobertura de calamina, soportada por correas, apoyadas en tijerales y conectadas a las estructuras de concreto, en el 2° piso de los módulos IV y VIII.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, a los módulos IV y VIII, se les asignó la calificación **A**.

b) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

EL módulo VI está conformado por una losa aligerada de concreto armado tanto en el 1° como en el 2° nivel, la cual se encuentra estable, y está conectado a los elementos resistentes de la edificación.

Por lo tanto, al módulo VI, se les asignó la calificación **A**.

Tabla 36

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 09 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08	X		
	MOD - 06	X		

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.10 Parámetro N°10: Elementos no estructurales

a) Para los módulos IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

En los módulos IV y VIII, ejes A-A y C-C del 2° piso, los muros de tabiquería no han sido aislados de los elementos resistentes verticales (columnas), ver ilustración (N°41), lo cual genera una gran distorsión angular en la columna corta causando una falla por corte, esta se aplastara por soportar cargas verticales excéntricas, y finalmente causara una torsión a la edificación (problema de columna corta). A demás a lo largo del volado del 2° nivel, todas las columnetas (0.15mx0.25) se encuentran conectadas en la parte superior a vigas de sección (0.15mx0.20m), estas vigas reciben las cargas del techo liviano del 2° nivel, es decir estas columnetas cumplen funciones estructurales para las cuales no fueron diseñadas, ver ilustración (N°13), como consecuencia podrían desplomarse ante un evento sísmico.

Por lo tanto, a los módulos IV y VII, se les asignó la calificación **C**.



Ilustración 41: Problema de columna corta, localizados en los ejes A-A y C-C, del 2° piso de los módulos IV y VIII.

Fuente: Elaboración propia.

b) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

En el módulos VI, eje 6-6 del 2° piso, los muros de tabiquería no han sido aislados de los elementos resistentes verticales (columnas), ver ilustración (N°42), lo cual genera una gran distorsión angular en la columna corta causando una falla por corte, esta se aplastara por soportar cargas verticales excéntricas, y finalmente causara una torsión a la edificación (problema de columna corta).

Por lo tanto, al módulo VI, se les asignó la calificación **C**.



Ilustración 42: Problema de columna corta, localizado en el eje 6-6, del 2° piso del módulo VI.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 10 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08			X
	MOD - 06			X

Fuente: (Elaboración propia)

4.1.11 Parámetro N° 11: Estado de conservación.

a) Para los módulos IV y VIII de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Para este parámetro se aplicó una encuesta a la Mg. María Rosario López Monosalva, actual directora de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”, ver anexo (N°6), la misma que dio fe que su IE cuenta con un mantenimiento anual, y por lo tanto presenta un buen estado de conservación. También se consideró el informe técnico “Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Jaén, realizado por INDECI PNUD PER/02/051, sustentado en la lámina N° 26, descripción “Estado de conservación”, con fecha octubre del 2005, afirma que la IE “Alfonso Villanueva Pinillos” presenta un estado de conservación bueno, ver anexo (N°7). Sumado a esto, en nuestra visita a obra se pudo apreciar que las edificaciones en estudio no presentan desperfectos internos en su estructura.

Por lo tanto, a los módulos IV y VIII, se les asignó la calificación **A**.

a) Para el módulo VI de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

Para el módulo VI se aplicó los mismos criterios que en los módulos IV y VIII, ya que este también forma parte de la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”, y fue construido el mismo año y bajo las mismas condiciones.

Por lo tanto, al módulo VI, se les asignó la calificación **A**.

Tabla 38

Calificación de los módulos IV, VI y VIII para el parámetro N° 11 de Benedetti y Petrini.

POBLACIÓN	CÓDIGO DE MUESTRA	CALIFICACIÓN		
		A	B	C
IE "A.V.P"	MOD - 04 y MOD - 08	X		
	MOD - 06	X		

Fuente: (Elaboración propia)

4.2 Determinación del índice de vulnerabilidad para los módulos IV, VI y VIII.

4.2.1 Índice de vulnerabilidad para los módulos IV y VIII de la IE “A.V.P”

Tabla 39

Resultados del índice de vulnerabilidad, para los módulos IV y VIII.

i	Parámetro	K_iA	K_iB	K_iC	W_i	KW_i
1	Organización del sistema resistente		1		4	4
2	Calidad del sistema resistente		1		1	1
3	Resistencia convencional	-1			1	-1
4	Posición del edificio y cimentación	0			1	0
5	Diafragma horizontales		1		1	1
6	Configuración en planta			2	1	2
7	Configuración en elevación	0			2	0
8	Distancia máxima entre muros y columnas		1		1	1
9	Tipo de Cubierta	0			1	0
10	Elementos no estructurales			2	1	2
11	Estados de conservación	0			1	0
IV (Índice de Vulnerabilidad)						32.35

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 40

Nivel de vulnerabilidad para los módulos IV y VIII.

Población	Código de Muestra	Iv	Ivn	Vulnerabilidad Sísmica
IE “A.V.P”	MOD - 04 MOD - 08	32.35	34.37	Media

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.2 Índice de vulnerabilidad para el módulo VI de la IE “A.V.P”

Tabla 41

Resultados del índice de vulnerabilidad, para el módulo VI.

i	Parámetro	K_iA	K_iB	K_iC	W_i	KW_i
1	Organización del sistema resistente		1		4	4
2	Calidad del sistema resistente		1		1	1
3	Resistencia convencional	-1			1	-1
4	Posición del edificio y cimentación	0			1	0
5	Diafragma horizontales		1		1	1
6	Configuración en planta			2	1	2
7	Configuración en elevación		1		2	2
8	Distancia máxima entre muros y columnas		1		1	1
9	Tipo de Cubierta	0			1	0
10	Elementos no estructurales			2	1	2
11	Estados de conservación	0	1		1	0
IV (Índice de Vulnerabilidad)						38.24

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 42

Nivel de vulnerabilidad para el módulo VI.

Población	Código de Muestra	Iv	Ivn	Vulnerabilidad Sísmica
IE “A.V.P”	MOD - 06	38.24	40.621	Alta

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.3 Resumen de resultados del índice de vulnerabilidad, módulos IV, VI y VIII.

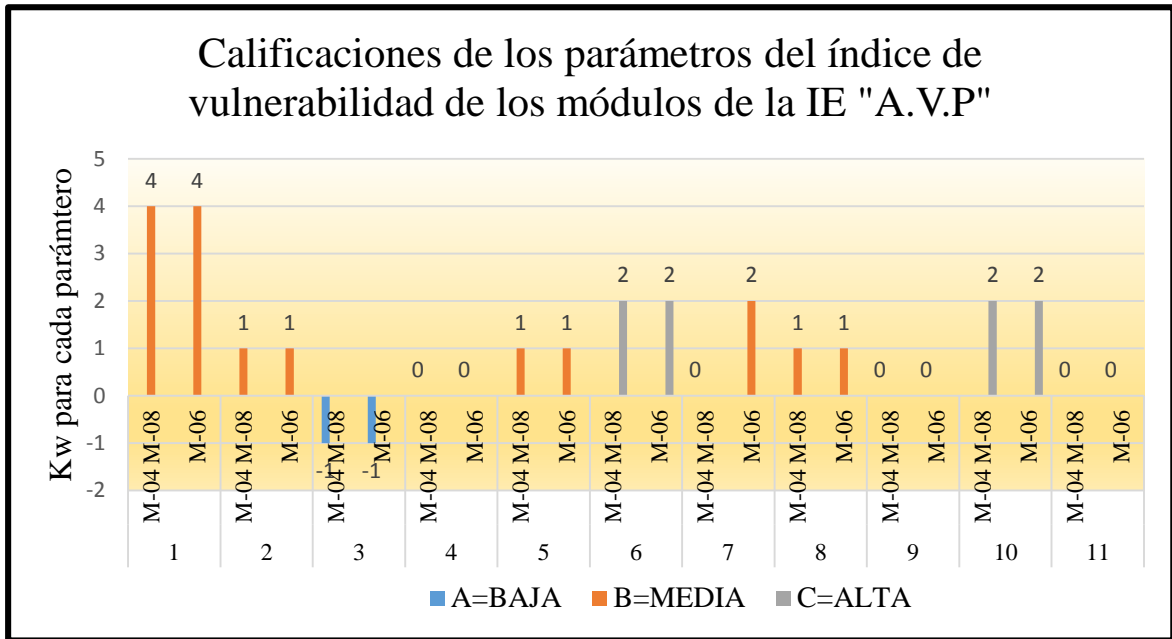


Ilustración 43: Calificaciones para cada parámetro de los módulos IV, VI y VIII.

Fuente: Elaboración propia

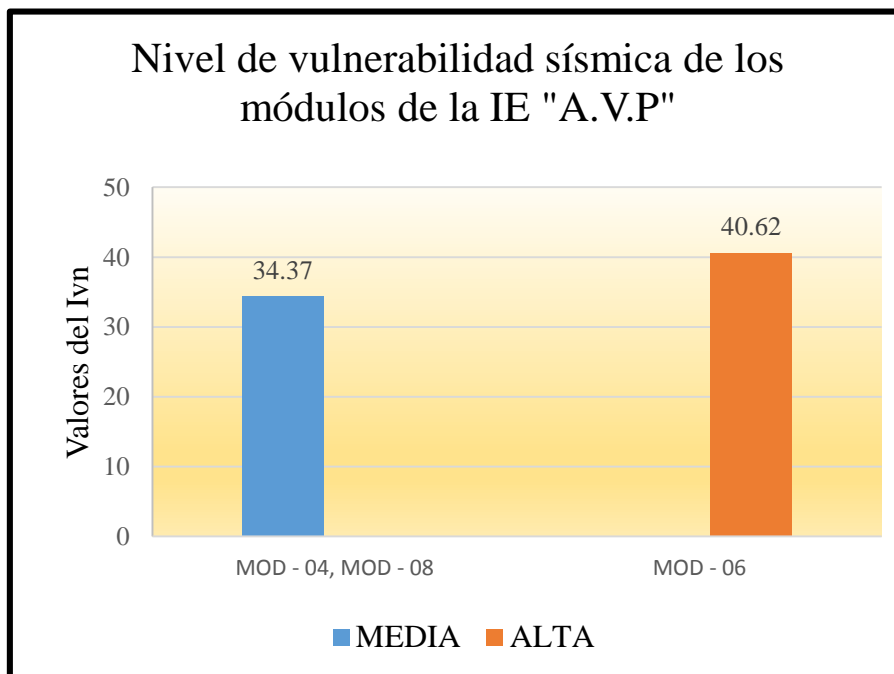


Ilustración 44: Nivel de vulnerabilidad sísmica de los módulos IV, VI y VIII.

Fuente: Elaboración propia

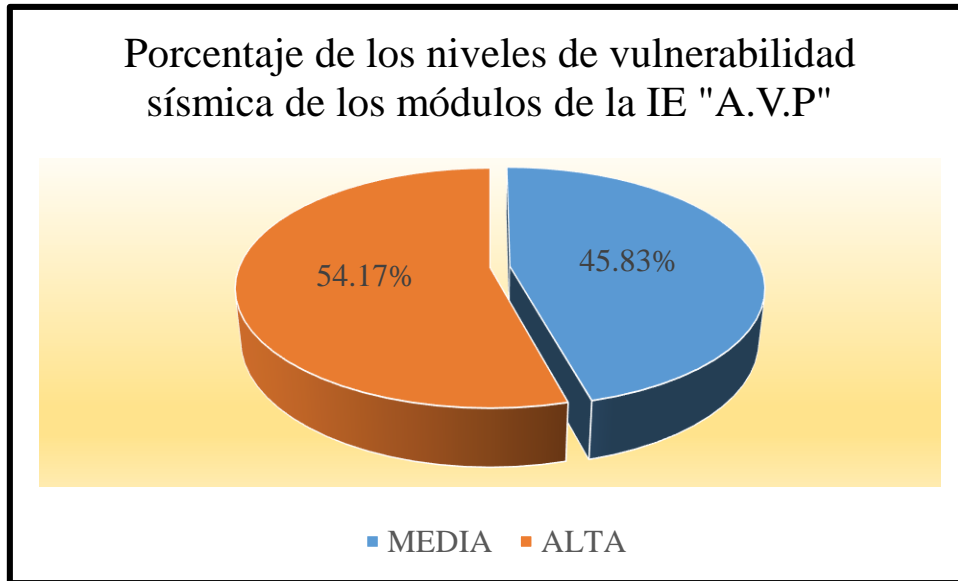


Ilustración 45: *Porcentaje de los niveles de vulnerabilidad sísmica en los módulos de la IE "A.V.P".*

Fuente: Elaboración propia

4.3 Análisis dinámico modal espectral del módulo VI de la IE "A.V.P" aplicando el software ETABS 2016 V.2.1, para obtener las derivas de entrepiso.

4.3.1. Materiales

Las principales propiedades del concreto, la albañilería y el acero que se han usado para la modelación del Módulo VI, están basados en informes técnicos como fue el caso para obtener los parámetros geotécnicos del suelo, además de tablas y fórmulas indicadas en el RNE, en las normas técnicas E-050, E-060 y E-070. Se modelo para una albañilería compuesta por un ladrillo de arcilla, King Kong industrial.

4.3.1.1. Para la albañilería.

- $f'_m = 65 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$resistencia a la compresión.
- $v'_m = 8.1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$resistencia la corte puro.
- $E_m = 500f'_m = 32500 \text{ Kg/cm}^2$módulo de elasticidad.

$G_m = \frac{E_m}{2*(u_m+1)} = 13000 \text{ Kg/cm}^2$módulo de corte.

$u_m = 0.25$módulo de Poisson.

4.3.1.2. Para el concreto.

$f'_c = 210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$resistencia a la compresión.

$E_c = 15000\sqrt{f'_c} = 217370.65 \text{ Kg/cm}^2$módulo de elasticidad.

$G_m = \frac{E_m}{2*(u_c+1)} = 94508.98 \text{ Kg/cm}^2$módulo de corte.

$u_c = 0.15$módulo de Poisson.

4.3.1.3 Para el acero.

$f'_y = 4200 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$resistencia a la fluencia del acero.

$E_c = 15000\sqrt{f'_c} = 217370.65 \text{ Kg/cm}^2$módulo de elasticidad.

$G_m = \frac{E_m}{2*(u_c+1)} = 94508.98 \text{ Kg/cm}^2$módulo de corte.

$u_c = 0.15$módulo de Poisson.

4.3.2 Cargas.

4.3.2.1 Pesos unitarios.

Peso unitario del concreto: 2400 Kg/m³.

Peso unitario de la albañilería: 1800 Kg/m³.

Peso unitario dl mortero de cemento: 2000 Kg/m³.

4.3.2.2 Cargas vivas mínimas repartidas.

- Carga repartidas en aulas: 250 Kg/m².
- Carga repartidas en corredores: 400 Kg/m².
- Carga repartidas en corredores: 400 Kg/m².
- Carga repartidas en cocina: 300 Kg/m².
- Carga repartidas en comedor: 350 Kg/m².

4.3.2.3 Cargas muerta por peso propio de la estructura.

El programa ETABS 2016 se encarga del cálculo del valor de la carga permanente por el peso propio de la estructura del Módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos. Esta información se encuentra ligada al peso de los elementos de la estructura como son: columnas, muros de albañilería, vigas, y losas.

4.3.2.4 Cargas muerta permanente.

Tenemos la carga de los acabados, y también se aplicó en las vigas la carga distribuida producida por la tabiquería.

a) Acabados.

Se empleó un valor de 0.10 tn/m².

b) Tabiquería

Para esto primero calculamos el peso unitario para la tabiquería acabada, para ello multiplicamos el espesor de muro con el peso unitario de la albañilería, a esto se le sumo la multiplicación del espesor de tarrajeado con el peso unitario del mortero, y finalmente todo esto fue dividido por el espesor de muro; se obtuvo lo siguiente:

$$P. Unit. tab. acab = \frac{0.13 \times 1800 + 0.02 \times 2000}{0.13} = 2107.69 \frac{Kg}{m^3} = 2.11 tn/m^3$$

En la siguiente tabla presentamos la carga de la tabiquería que se va a ingresar al programa, para ello se multiplico el P. Unit. Tab. Acab. Con el espesor y la altura del muro.

Tabla 43*Cargas distribuidas de la tabiquería del módulo VI*

Ejes	Techo	Descripción	Esp. Muro (m)	Alt. Muro (m)	P. Unit. Tab. Acab. (ton/m3)	Carga Distribuida (ton/m)
Eje A, entre 1 y 6	1°	Tabiquería en alféizar	0.13	1.90	2.11	0.52
Eje A, entre 6 y 7	1°	Tabiquería en alféizar	0.13	1.00	2.11	0.27
Eje C, entre 1 y 6	1°	Tabiquería en alféizar	0.13	2.30	2.11	0.63
Volado	1°	Tabiquería en parapeto	0.13	1.00	2.11	0.27
Eje A-A	Azotea	Tabiquería en parapeto	0.13	1.00	2.11	0.27
Eje C-C	Azotea	Tabiquería en parapeto	0.13	1.00	2.11	0.27
Eje 1-1	Azotea	Tabiquería en parapeto	0.13	1.00	2.11	0.27
Eje 6'-6'	Azotea	Tabiquería en parapeto	0.13	1.00	2.11	0.27

Fuente: (Elaboración propia)

4.3.3 Secciones de los elementos.

Para el modelamiento de los elementos frame (columnas y vigas), se aplicaron las siguientes secciones:

Columnas

COL. 1: "T" (0.75m x 0.50m x 0.25m)

COL. 2: "L" (0.50m x 0.50m x 0.25m)

COL. 3: (0.25m x 0.25m)

COL. 4: (0.15m x 0.30m)

Vigas

VP-101, VP-201: (0.25m x 0.50m)

VP-102, VP-202: (0.25m x 0.40m)

VS-101, VS-201: (0.25m x 0.30m)

VA-101, VA-201: (0.15m x 0.20m)

VP-101 (0.25m x 0.50m) con reducción a (0.25m x 0.20m)

VP-102 (0.25m x 0.40m) con reducción a (0.25m x 0.20m)

Para el modelamiento de los elementos Shell; muros de albañilería y losa aligerada se emplearon las siguientes secciones:

Muros y losas

Muro de albañilería de $e=0.23\text{m}$

Muro de albañilería de $e=0.13\text{m}$

Losa aligerada de $e=0.20\text{m}$

4.3.4 Modelamiento del sistema estructural del módulo VI.

4.4.4.1 Configuración de grillas.

Se definió la retícula en tres dimensiones respetando las alturas de las plantas y los espacios entre ejes en las dos direcciones. Esta retícula sirve como referencia cuando se requiera dibujar a los elementos estructurales, es decir, es la creación de un espacio de trabajo.

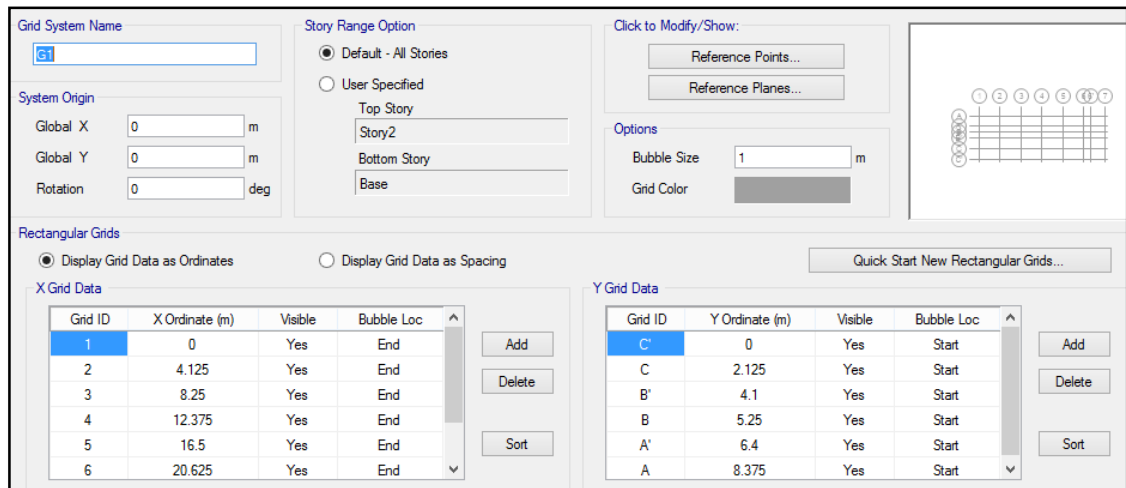


Ilustración 46: Definición de distancias entre ejes para el módulo VI.

Fuente: Elaboración propia

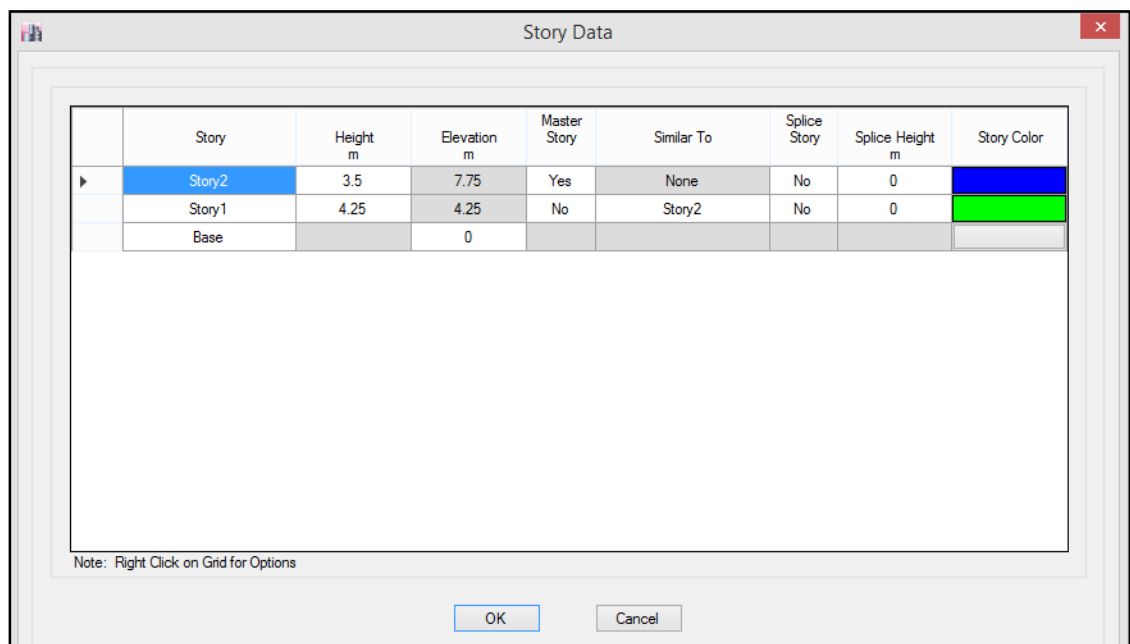


Ilustración 47: Definición de alturas para el módulo VI.

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.2 Configuración de unidades

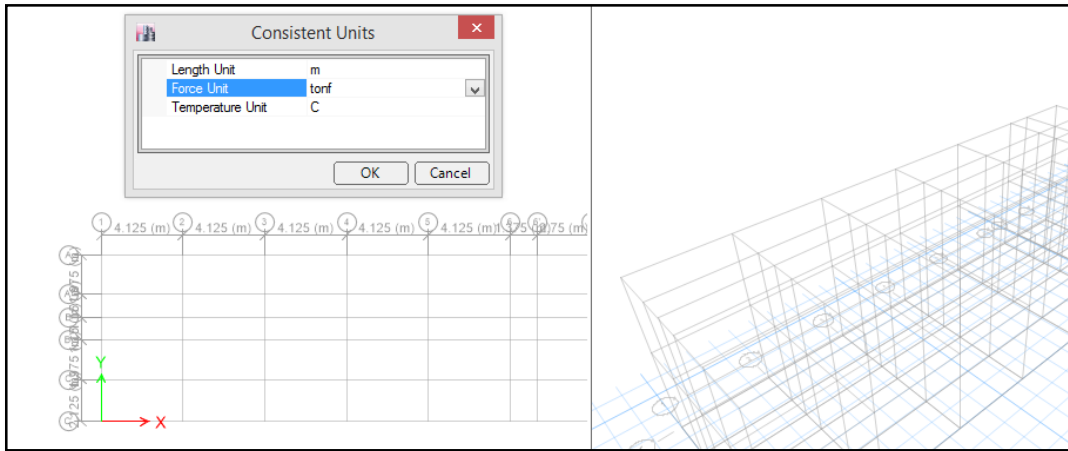


Ilustración 48: Definición de unidades; longitud en “m”, y la fuerza “Tn”

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.3 Definición de materiales.

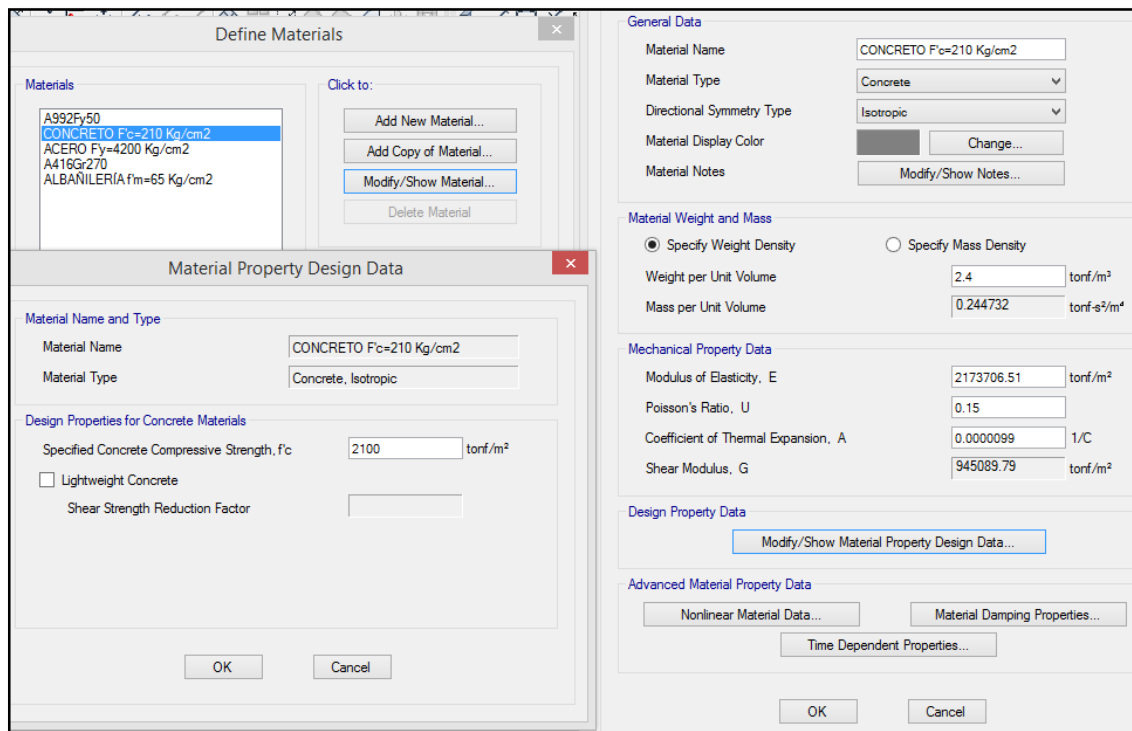


Ilustración 49: Definición de las propiedades del concreto.

Fuente: Elaboración propia.

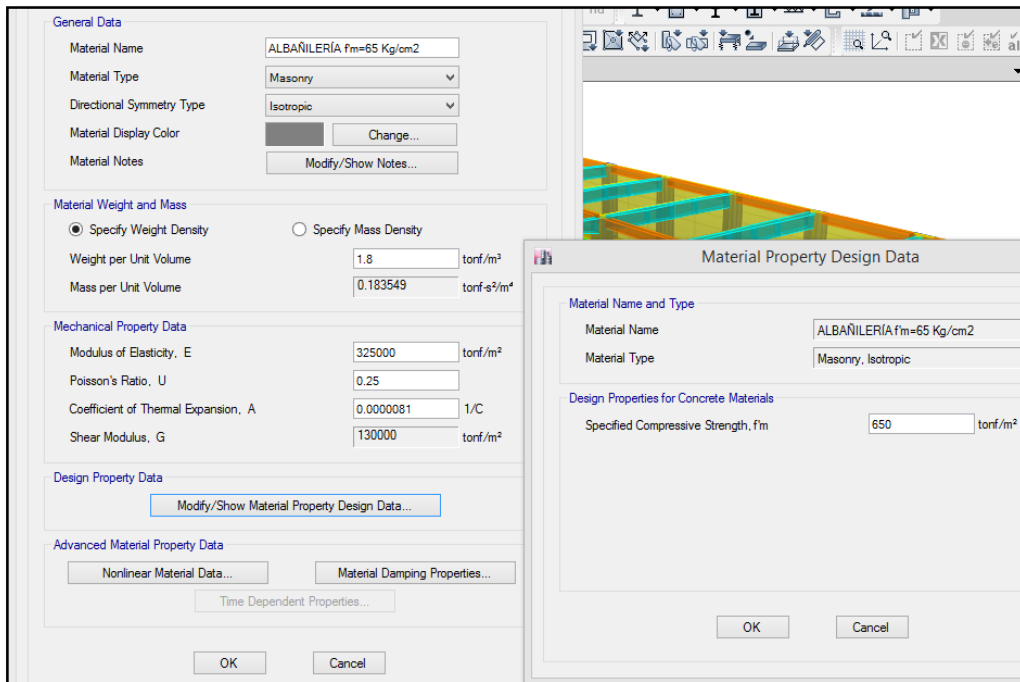


Ilustración 50: Definición de las propiedades de la albañilería.

Fuente: Elaboración propia.

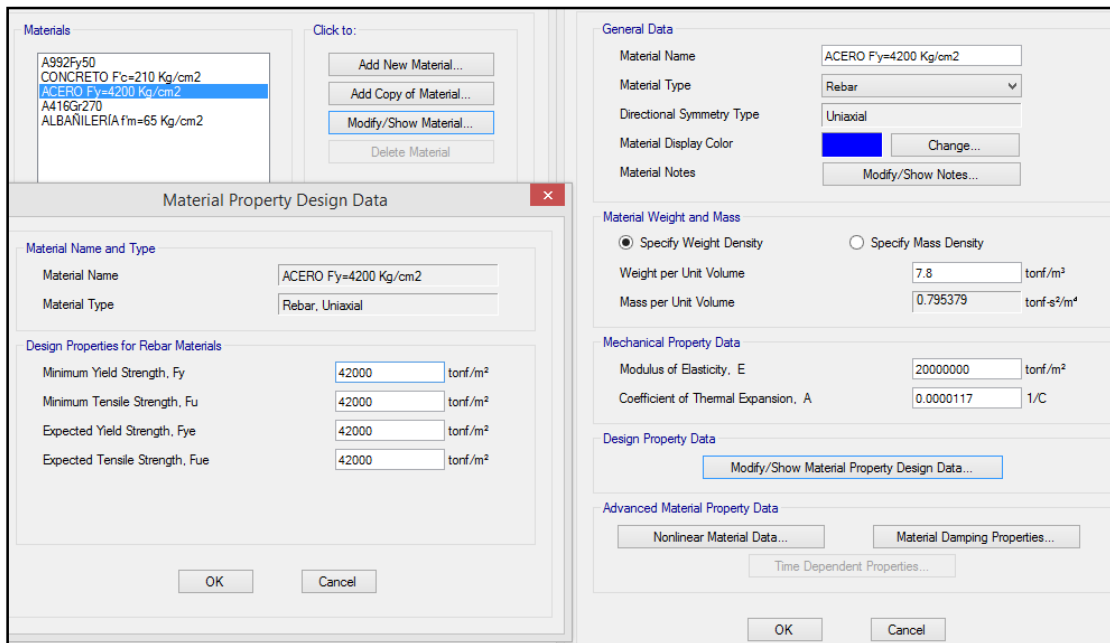


Ilustración 51: Definición de las propiedades del acero.

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.4 Definición de secciones.

Columnas (Elementos frame)

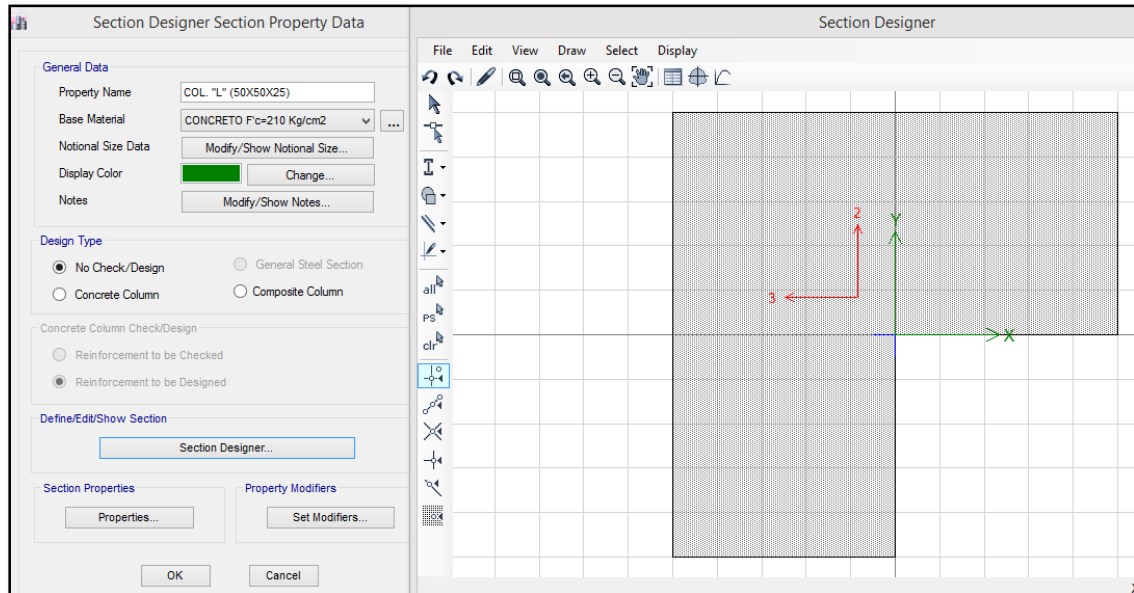


Ilustración 52: Definición de la COL. "L" (0.50x0.50x0.25) en Section Designer.

Fuente: Elaboración propia.

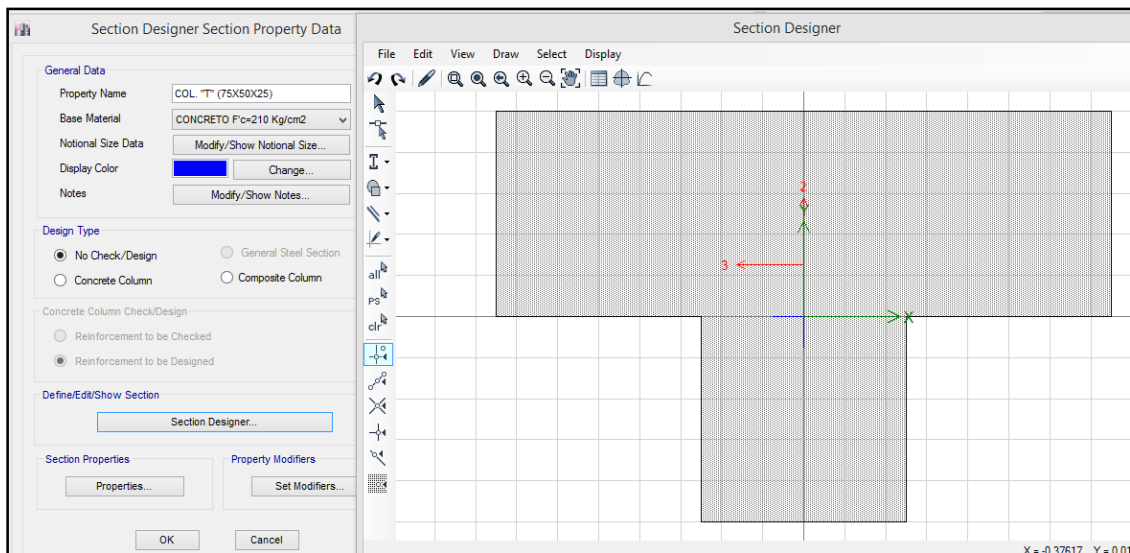


Ilustración 53: Definición de la COL. "T" (0.75x0.50x0.25) en Section Designer.

Fuente: Elaboración propia.

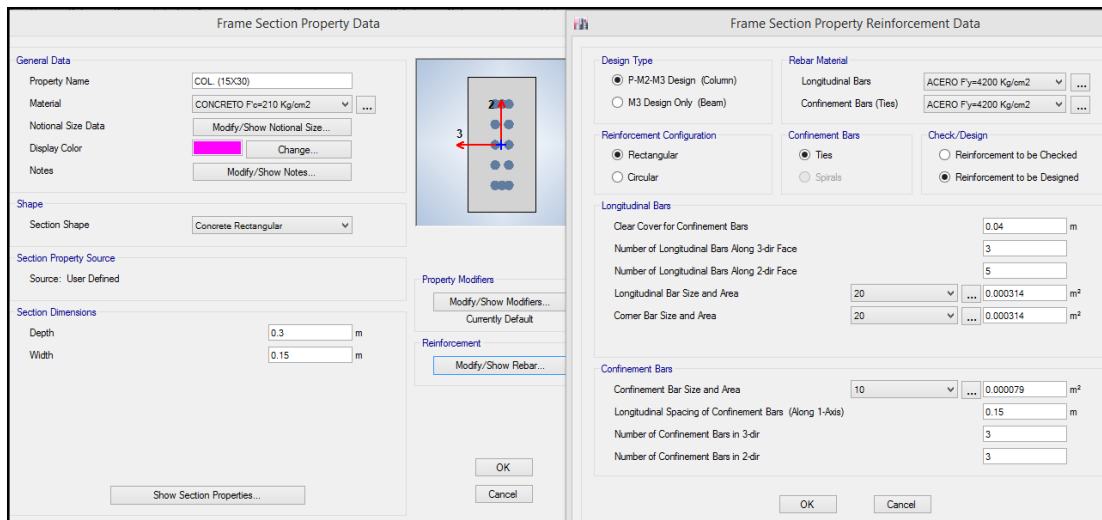


Ilustración 54: Definición de la COL. (0.15x0.30), en frame section property.

Fuente: Elaboración propia.

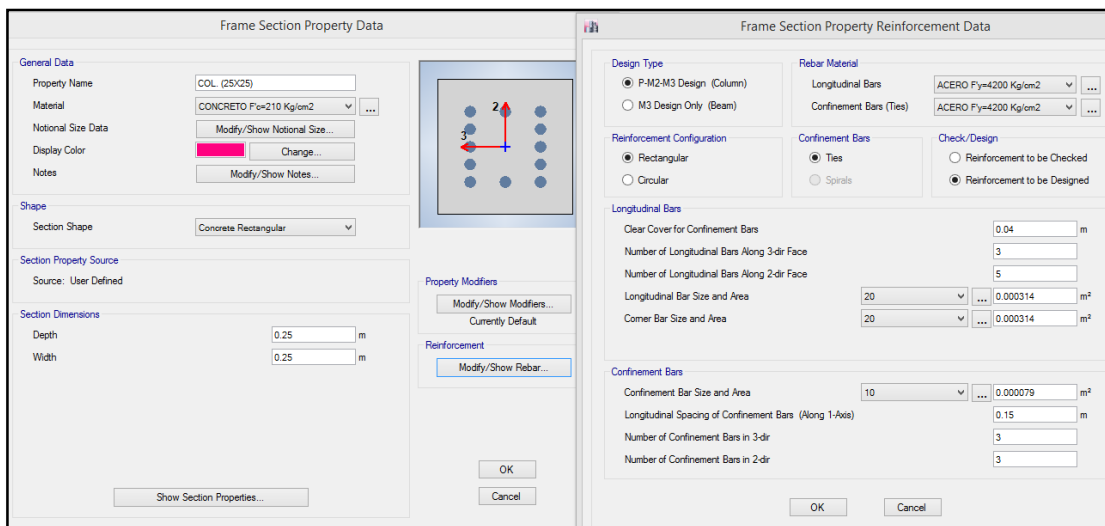


Ilustración 55: Definición de la COL. (0.25x0.25), en frame section property.

Fuente: Elaboración propia.

Vigas (Elementos frame).

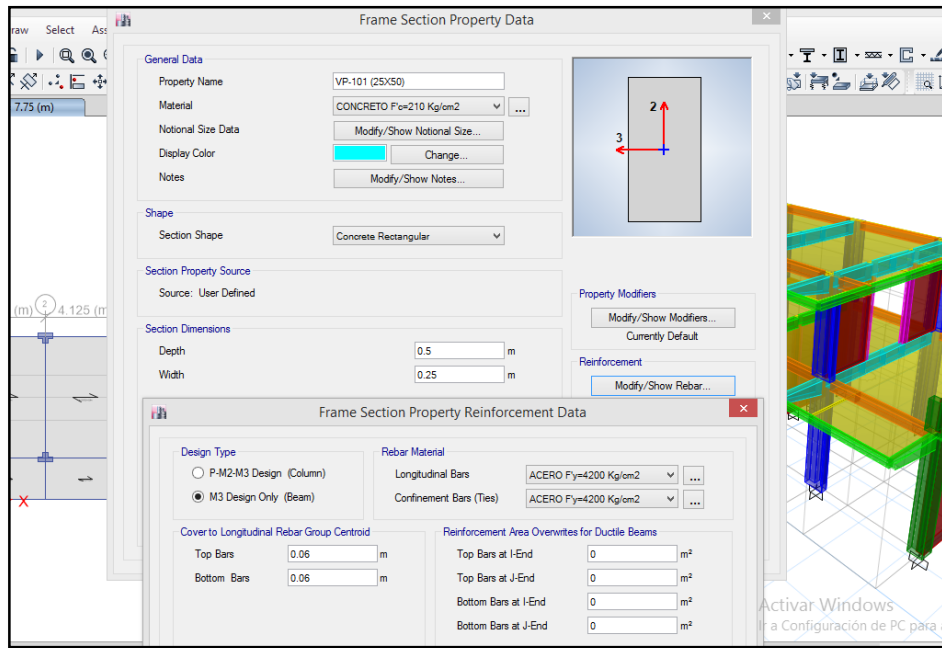


Ilustración 56: Definición de la VP-101 (0.25x0.50), en frame section property.

Fuente: Elaboración propia.

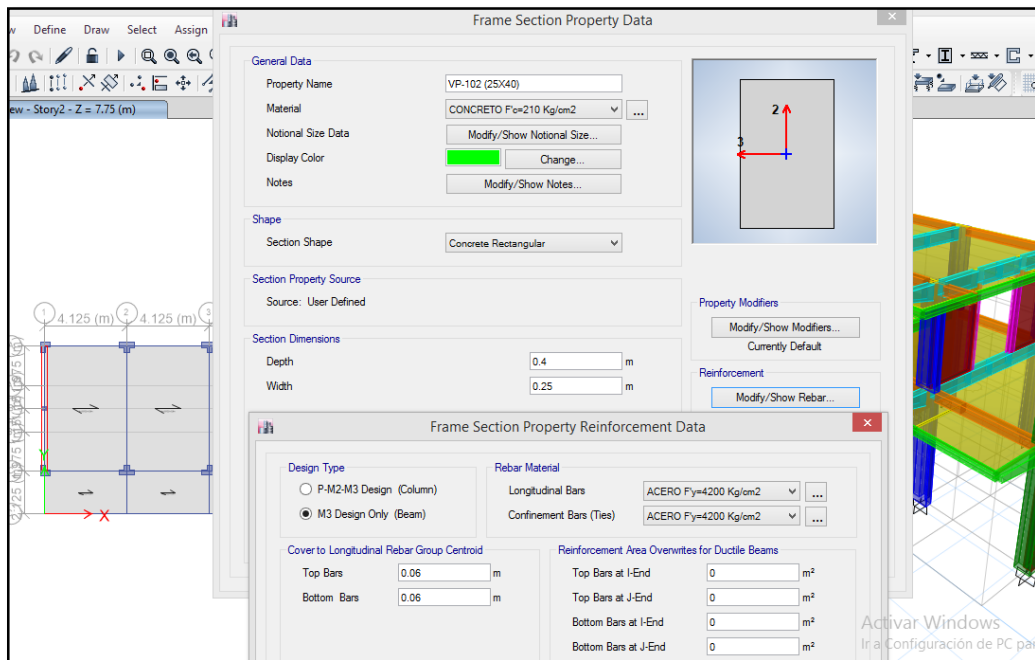


Ilustración 57: Definición de la VP-102 (0.25x0.40), en frame section property.

Fuente: Elaboración propia.

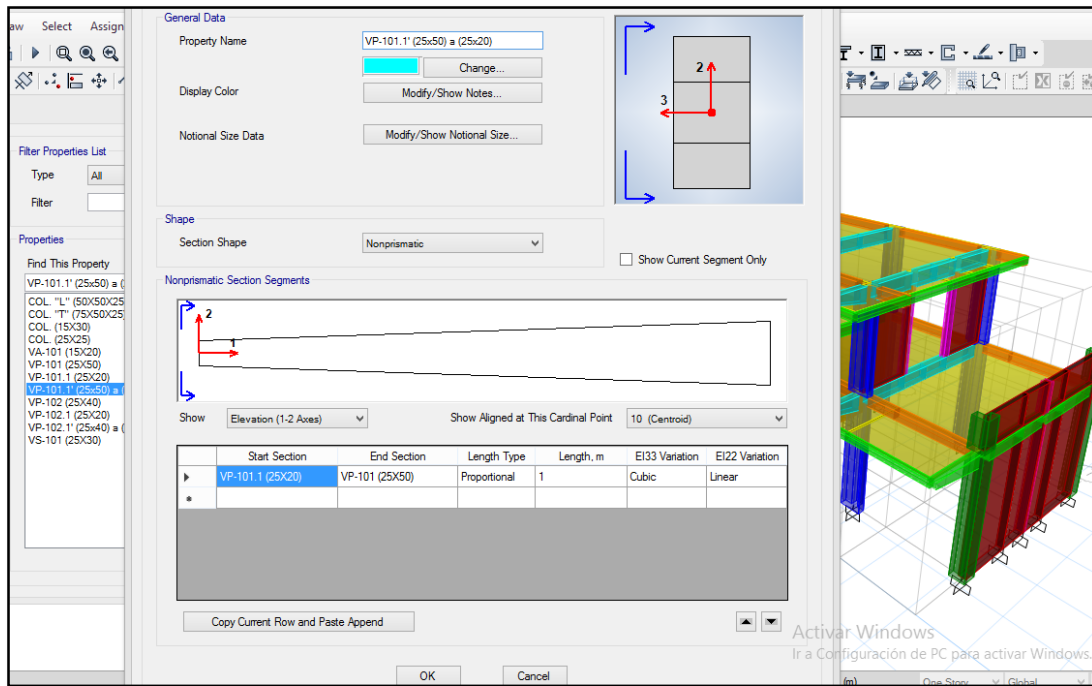


Ilustración 58: Definición de la VP-101.1' (0.25x0.50) a (0.25x0.20)-viga cola de pato, en Nonprismatic.

Fuente: Elaboración propia.

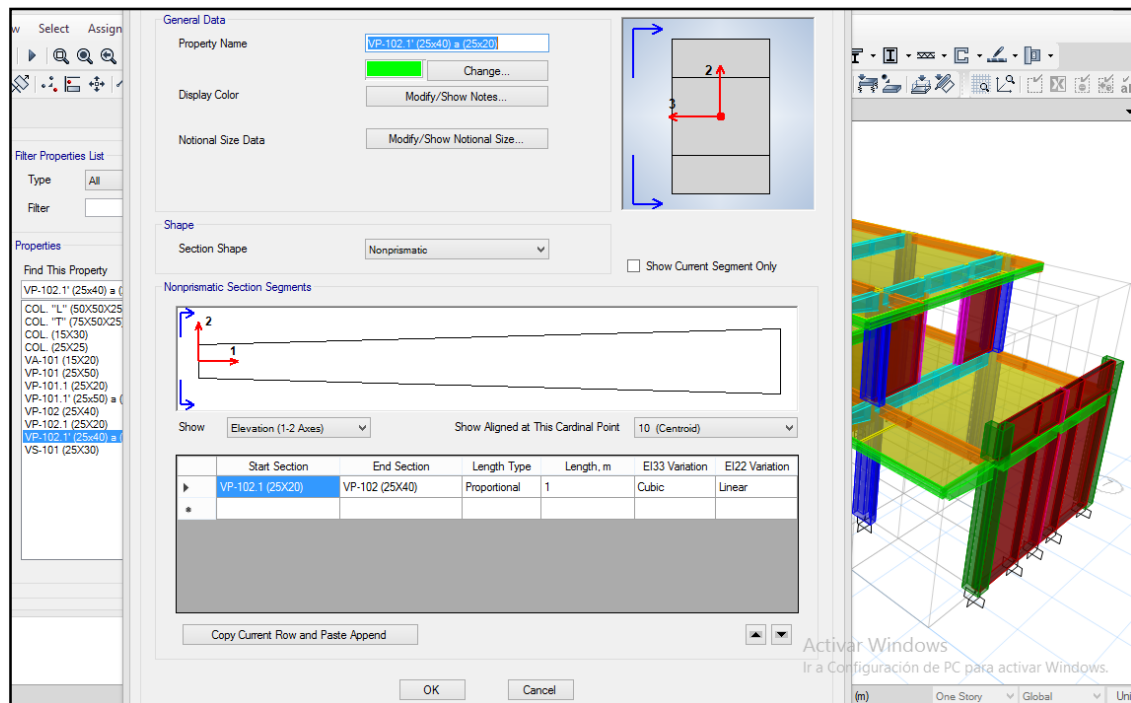


Ilustración 59: Definición de la VP-102.1' (0.25x0.40) a (0.25x0.20)-viga cola de pato, en Nonprismatic.

Fuente: Elaboración propia.

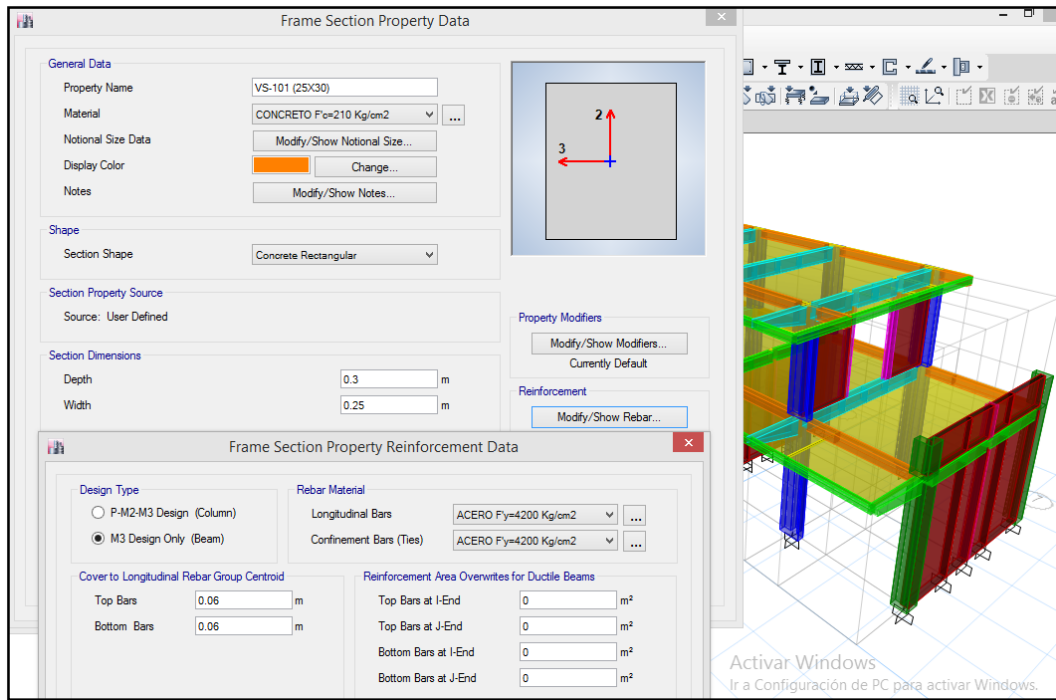


Ilustración 60: Definición de la VS-101 (0.25x0.30), en frame section property.

Fuente: Elaboración propia.

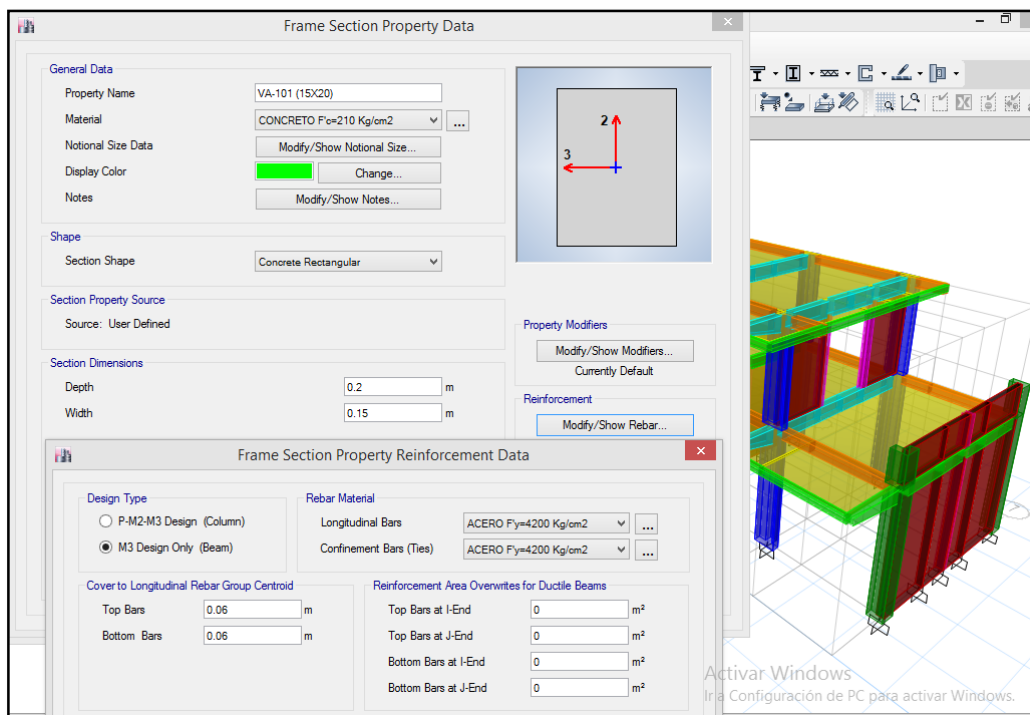


Ilustración 61: Definición de la VA-101 (0.15x0.20), en frame section property.

Fuente: Elaboración propia.

Muros de albañilería (Elementos wall).

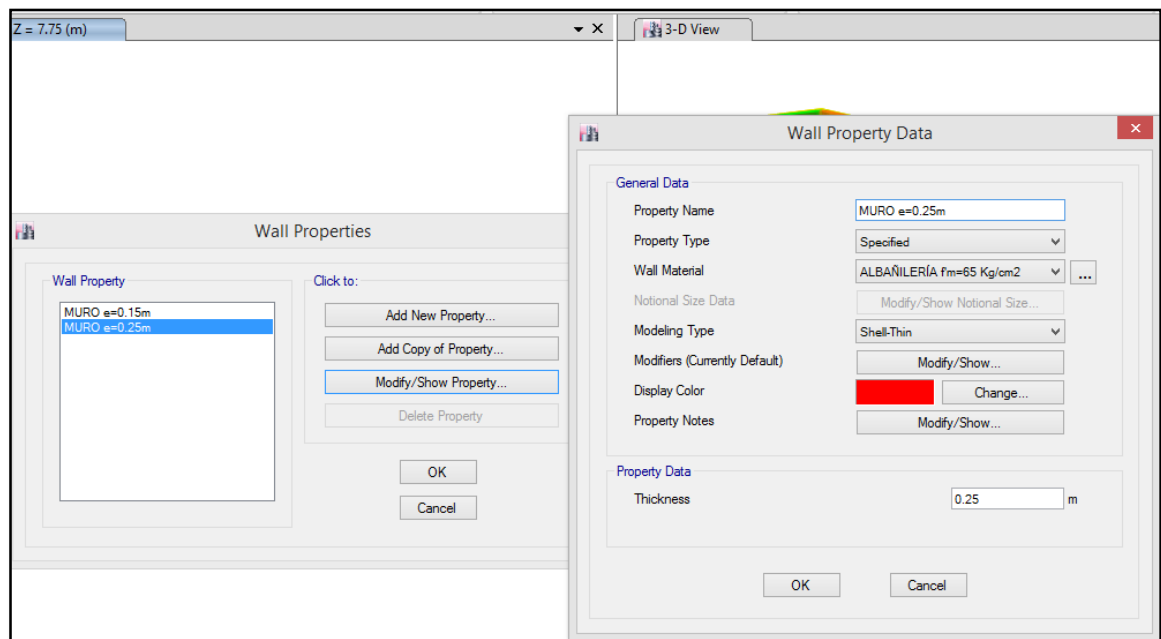


Ilustración 62: Definición del muro de albañilería $e=0.25m$, en Wall property.

Fuente: Elaboración propia.

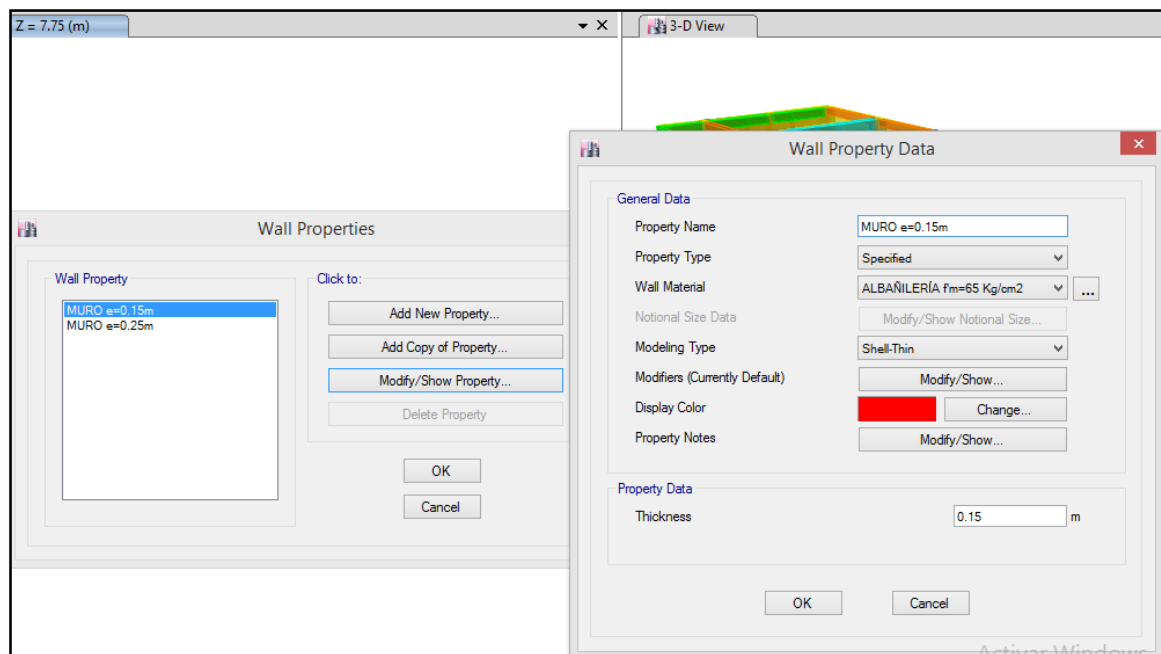


Ilustración 63: Definición del muro de albañilería $e=0.15m$, en Wall property.

Fuente: Elaboración propia.

Losa aligerada (Elemento slab)

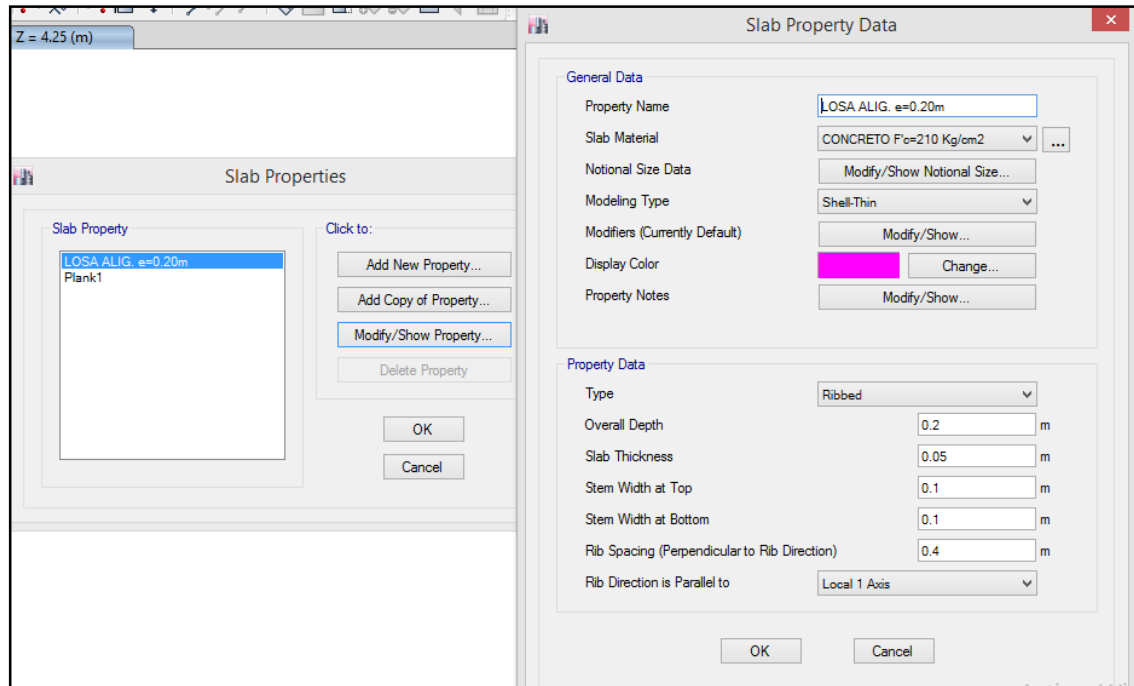


Ilustración 64: Definición de losa aligerada $e=0.20m$, en Slab property.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.5 Dibujo de la estructura.

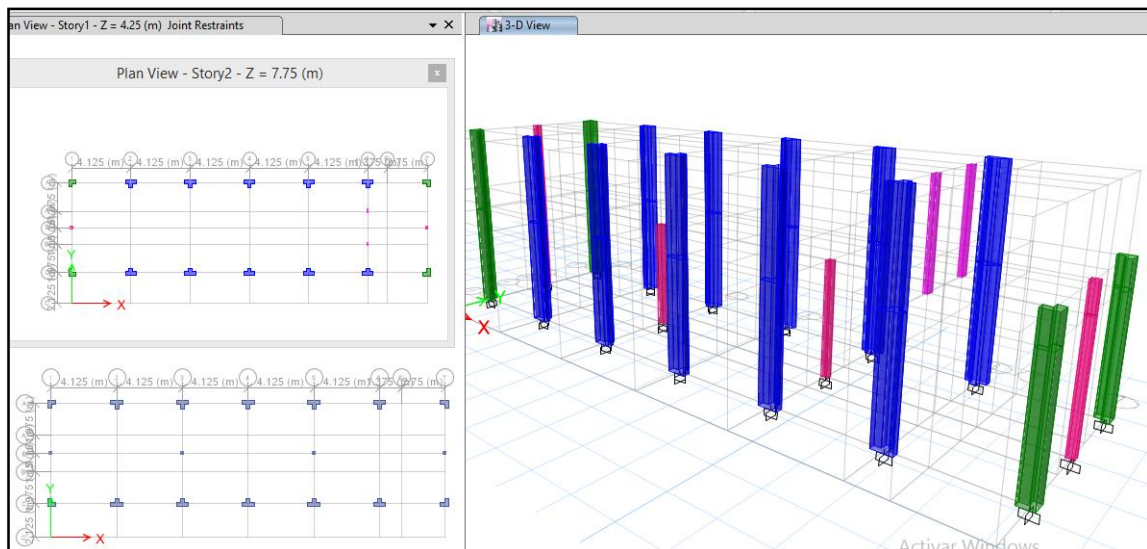


Ilustración 65: Dibujo de todas las columnas del sistema estructural del módulo VI.

Fuente: Elaboración propia.

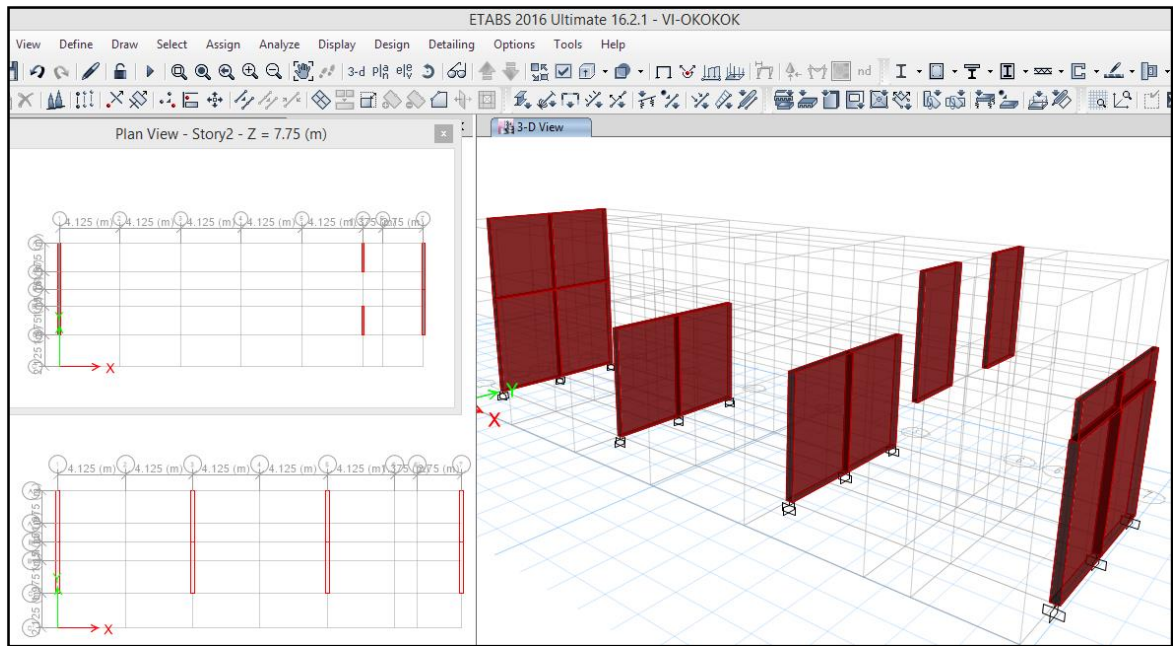


Ilustración 66: Dibujo de todas los muros de albañilería del sistema estructural del módulo VI.

Fuente: Elaboración propia.

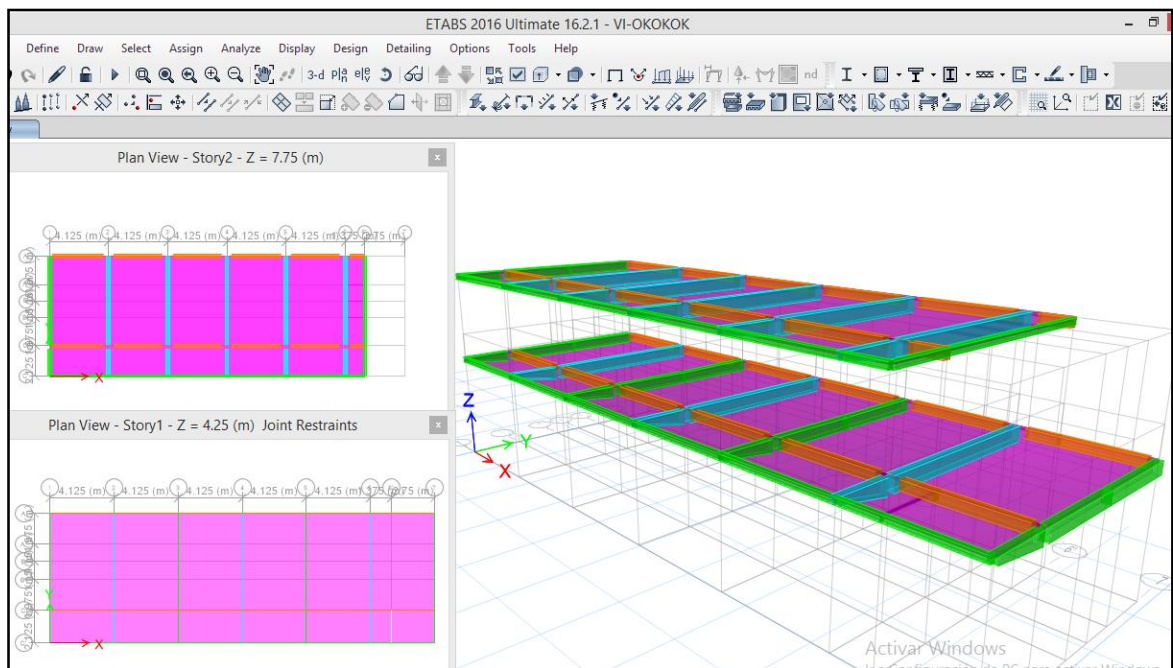


Ilustración 67: Dibujo de todas las vigas y losas aligeradas del sistema estructural del módulo VI.

Fuente: Elaboración propia.

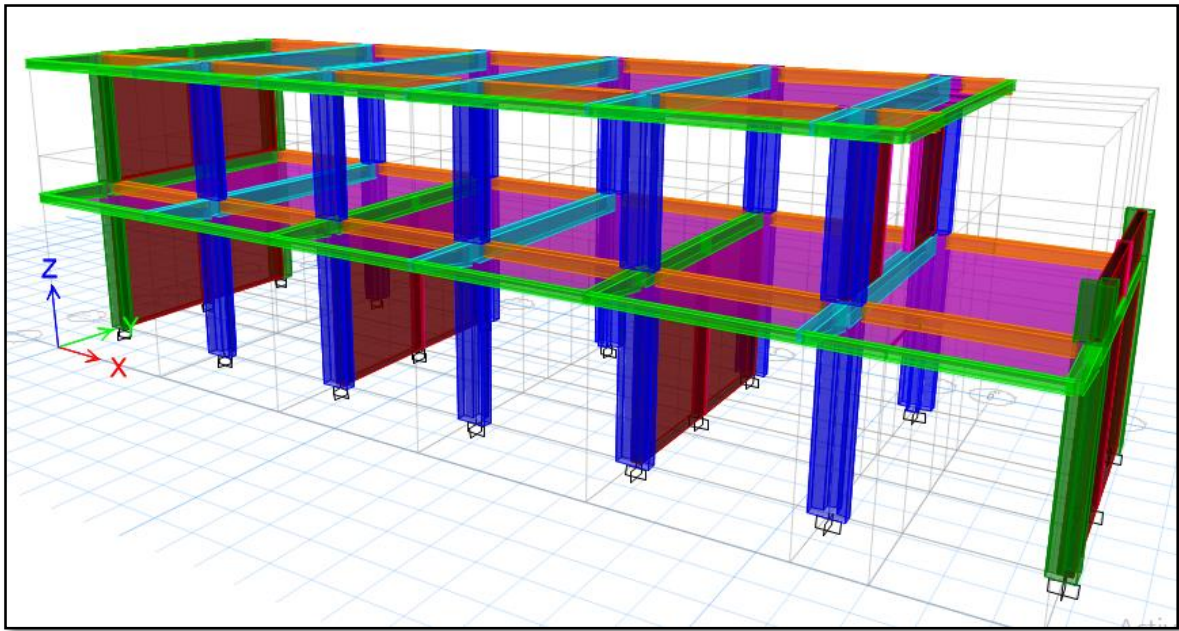


Ilustración 68: Sistema estructural completo del módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos.

Fuente: Elaboración propia.

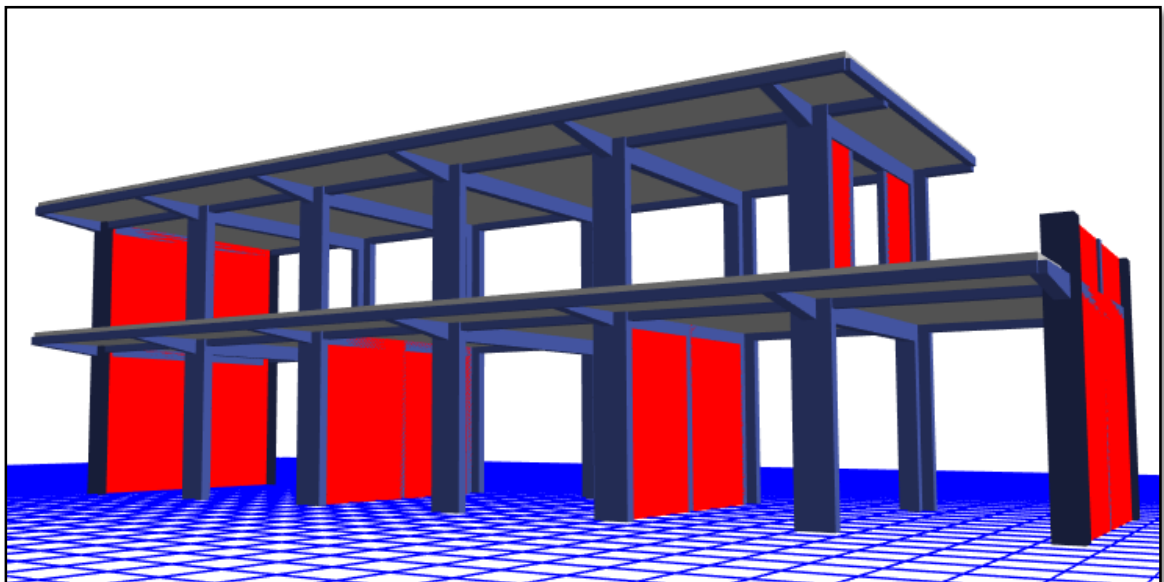


Ilustración 69: Vista 3D Rendered View, del módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.6 Asignación de cargas (CV, CT, Acabados y tabiquería).

En el módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos, se asignó las siguientes cargas: carga viva en entrepiso en el 1° techo (CV), carga viva en azotea (CT), carga muerta de acabados en el 1° y 2° techo (Acabados), y carga distribuida de tabiquería en vigas (Tabiquería).

En acabados se consideró una carga de 0.10 ton/m², y se le sumo el peso de ladrillo que hay en 1 m² de losa aligerada de e=0.20m, cabe mencionar que se ha considerado una cantidad de 2.5 viguetas para 1 m² de losa aligerada, esta carga total se obtuvo de la siguiente manera:

- *Peso de C° en espesor losa, en un 1m² = 1.00x1.00x0.05 = 0.05 m³/m²*
- *Peso de C° en viguetas, en un 1m² = 2.50x0.10x0.15x1.00 = 0.0375 m³/m²*
- *Peso de C° en viguetas + losa = (0.05 + 0.0375)x2.4 = 0.21 ton/m²*
- *Peso de ladrillo = Peso de losa de espesor 0.20m – (Peso de losa + viguetas)*

$$\text{Peso de ladrillo} = 0.30 - 0.21 = 0.09 \text{ ton/m}^2$$
- *Peso considerado en acabados = 0.10 + 0.09 = 0.19 ton/m².*

La siguiente tabla muestra las cargas que se han aplicado en el modelamiento del módulo VI.

Tabla 44

Cargas asignadas en el análisis dinámico modal espectral del módulo VI.

Patrón de carga / Techo	1° techo	2° techo
Carga viva en aulas (ton/m ²) :	0.25	
Carga viva en corredor (ton/m ²) :	0.40	
Carga viva de techo (ton/m ²) :		0.10
Carga muerta de acabados (ton/m ²) :	0.19	0.19
Carga distribuida de tabiquería (ton/m ²):	Según Tabla 43	

Fuente: (Elaboración propia)

Carga viva en entrepiso (CV) – aplicado en 1° techo.

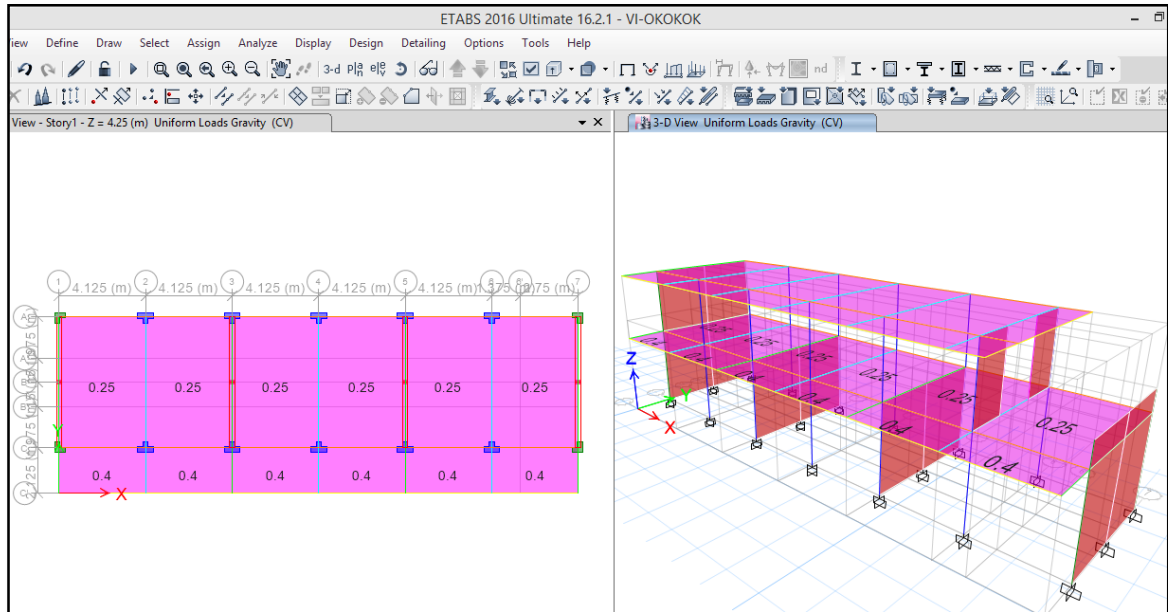


Ilustración 70: Cargas vivas aplicadas en aulas y corredores del 1° techo del módulo VI de la IE “A.V.P”

Fuente: Elaboración propia.

Carga viva techo-azotea (CT) – aplicado en azotea.

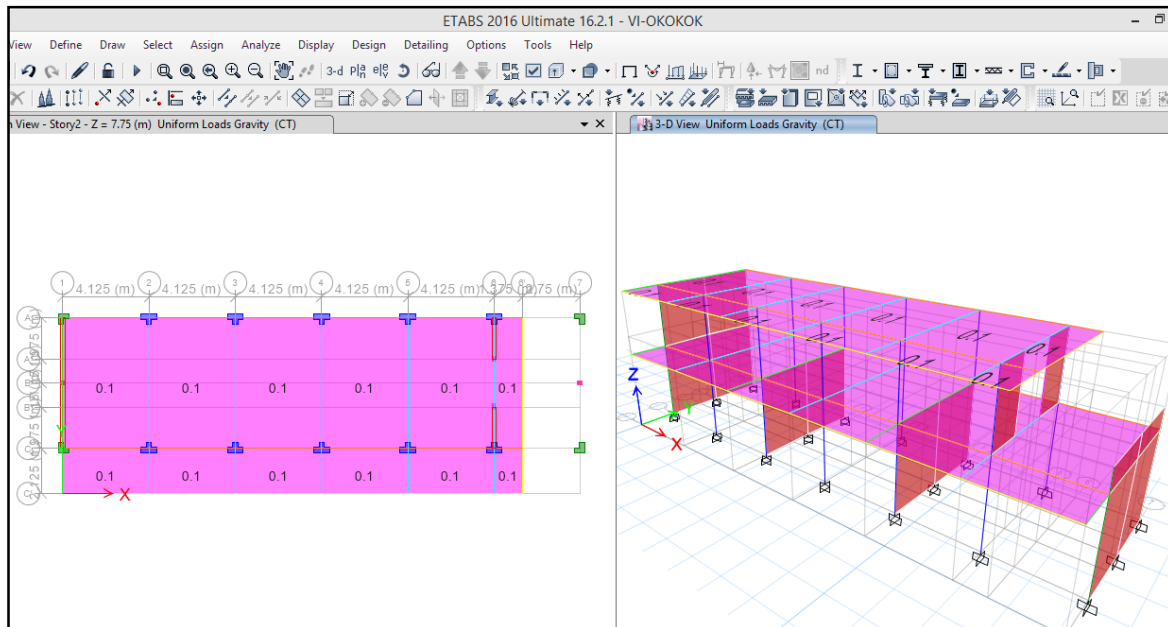


Ilustración 71: Carga viva aplicado en azotea del módulo VI de la IE “A.V.P”

Fuente: Elaboración propia.

Carga muerta-acabados (Acabados) – aplicado en 1° y 2° techo

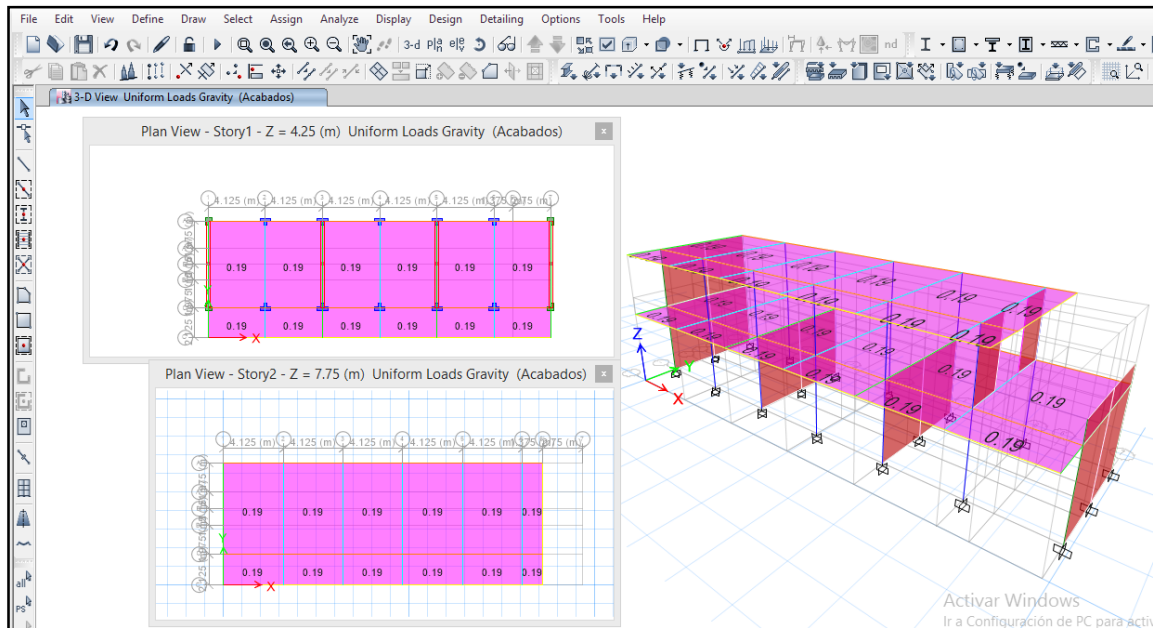


Ilustración 72: Carga de acabados + ladrillo de losa, aplicado en 1°, 2° techo del módulo VI.

Fuente: Elaboración propia.

Carga muerta distribuida (Tabiquería) – aplicado en vigas.

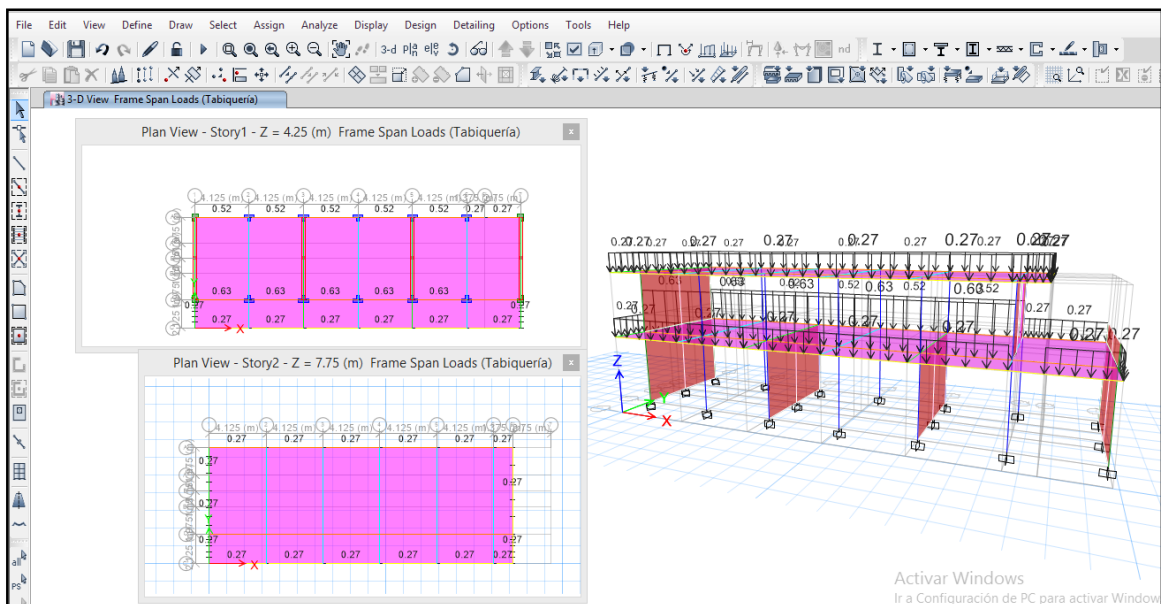


Ilustración 73: Carga muerta de tabiquería, aplicado en 1°, 2° techo del módulo VI de la IE “A.V.P”

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.7 Discretización de los muros de albañilería.

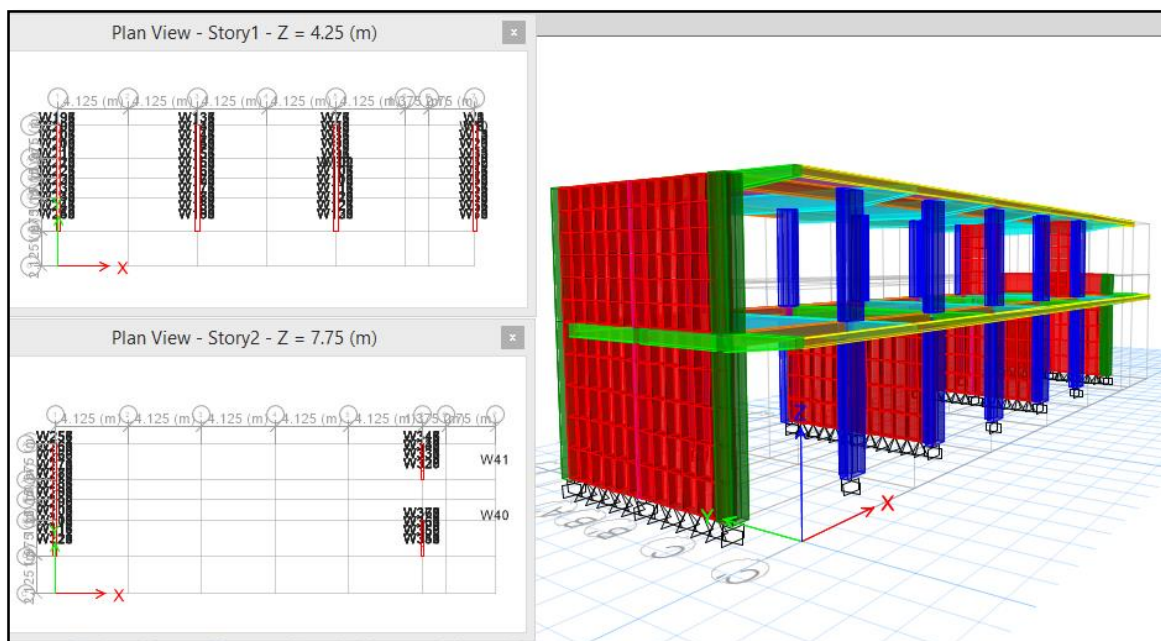


Ilustración 74: Muros de albañilería discretizados para cumplir su función como portantes.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.8 Se asignó restricciones de movimiento en la base.

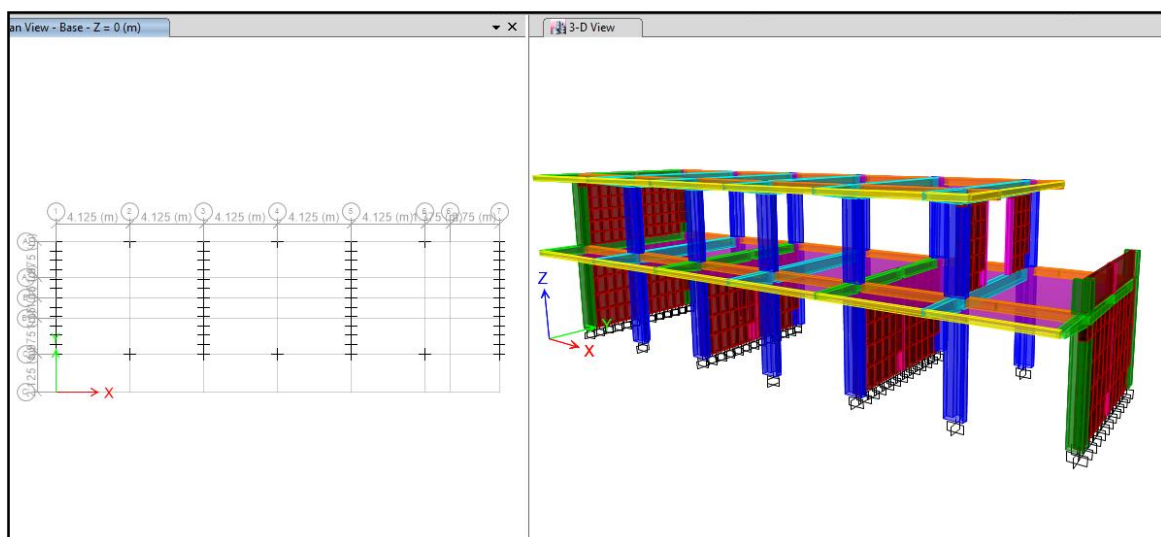


Ilustración 75: Restricciones de empotramiento en la base de la estructura.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.9 Asignación de diafragmas rígidos.

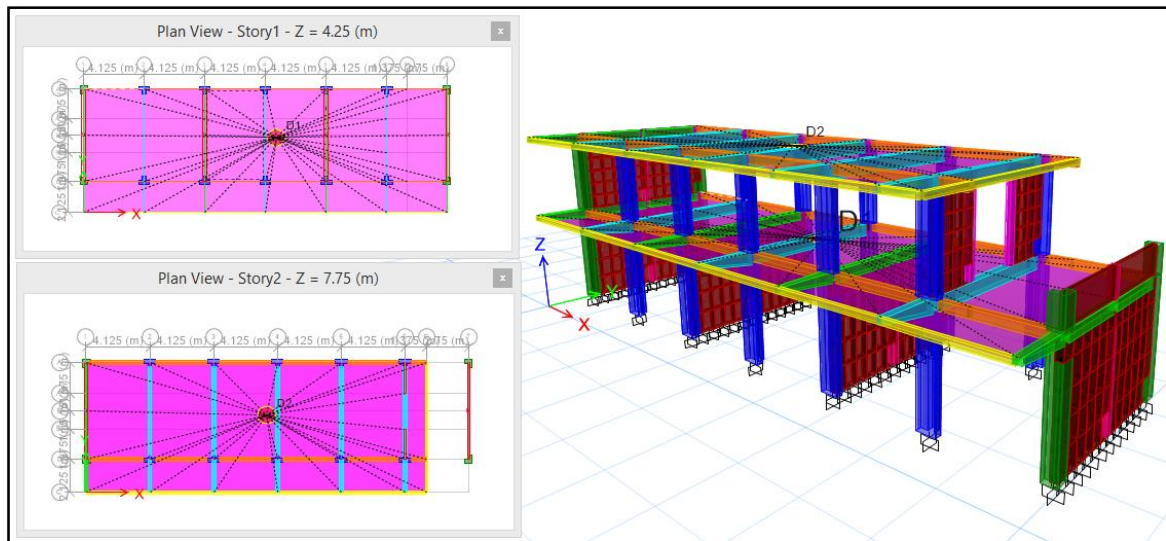


Ilustración 76: Losas aligeradas asignadas como diafragmas rígidos.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.10 Asignación de brazos rígidos.

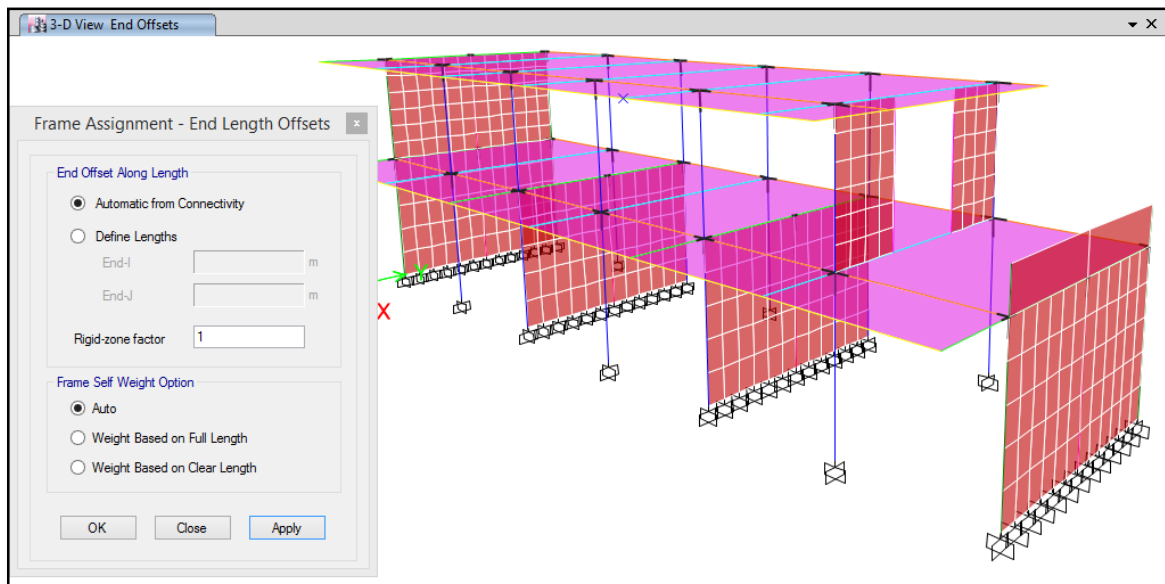


Ilustración 77: Asignación de brazos rígidos para unir vigas y columnas.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.11 Se asignó condiciones de contorno para muros.

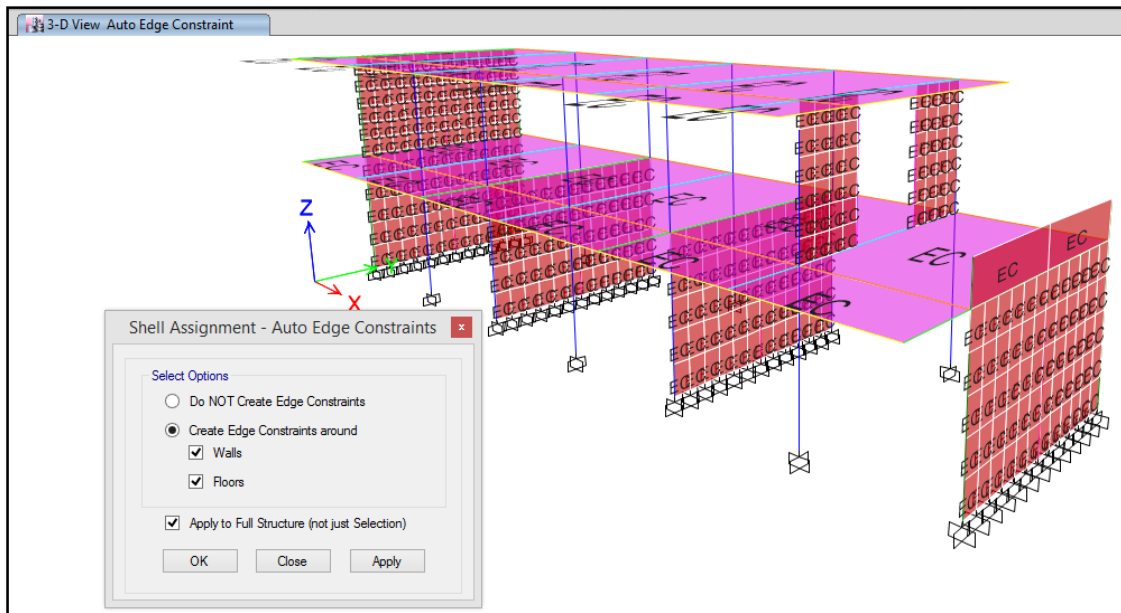


Ilustración 78: Amarre entre muros, ya que su comportamiento con la losa es monolítica.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.12 Definición de masa sísmica.

Para determinar masa se consideró el 100% de la Carga Muerta, el 50% de la Carga Viva y el 25% de la Carga Viva de Techo según como se especifica en la norma E.030 para edificaciones esenciales, categoría A.

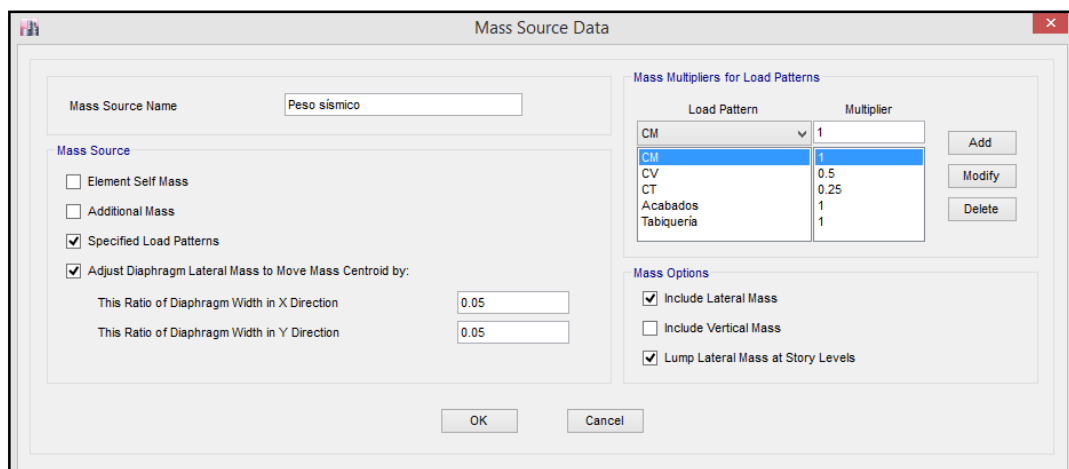


Ilustración 79: Definición de masa sísmica (100% CM + 50% CV + 25% CT)

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.13 Definición de patrones de carga.

Se definió la carga muerta del peso propio de la estructura (CM-dead), una carga viva de entresuelo (CV-live), una carga viva de azotea o techo (CT-roof live), carga muerta de acabados (acabados), y una carga muerta de tabiquería (tabiquería). Cabe indicar que a la (CM) se le dio un factor “1” porque el programa calcula este peso, a los demás cargas se le dio un factor “0” porque fueron ingresadas manualmente. A la carga (CT) se le asignó “roof live” debido a que en la azotea la ocupación no va a ser tan concurrida.

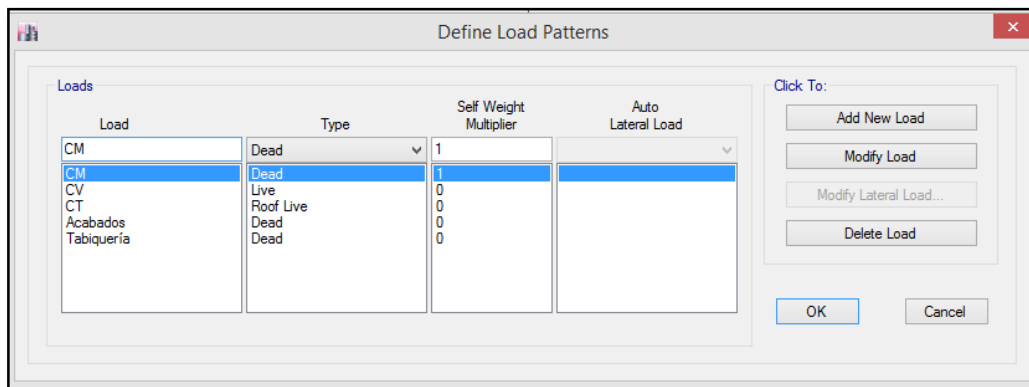


Ilustración 80: Patrones de carga vivas y muertas aplicados en el módulo VI de la IE “A.V.P”.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.14 Definición de caso modal.

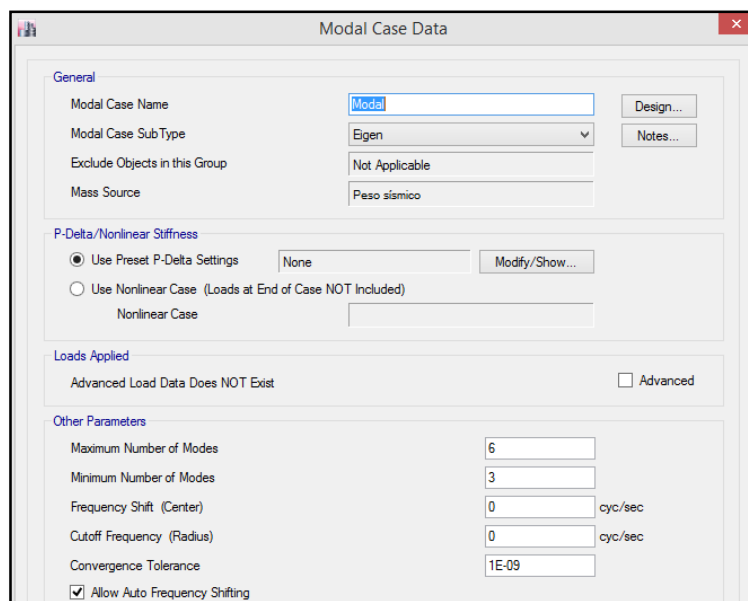


Ilustración 81: Configuración en altura de la estructura

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.15 Analizamos y corremos el modelo estructural.

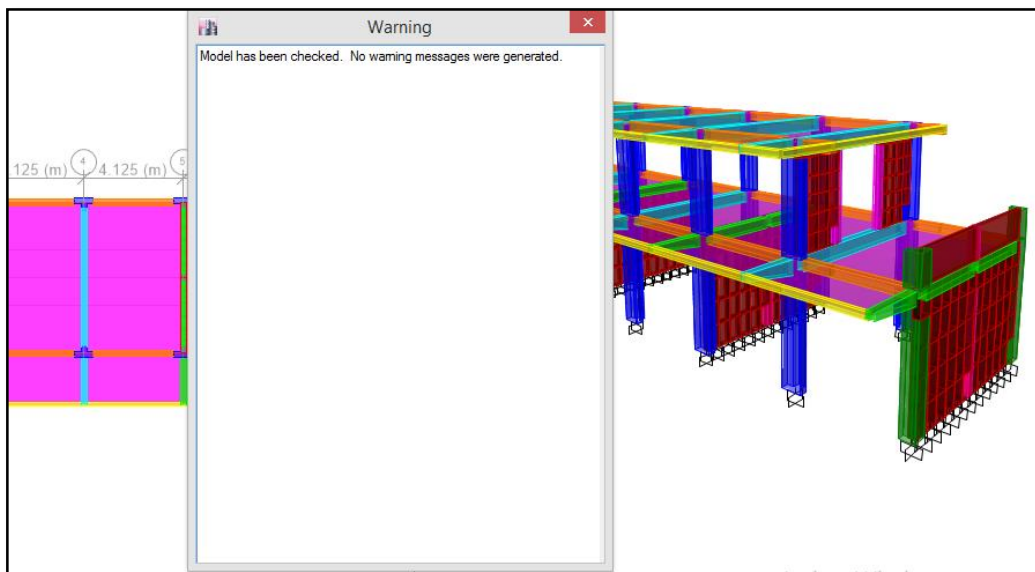


Ilustración 82: El chequeo del modelo muestra que no tenemos errores de conectividad.

Fuente: Elaboración propia.

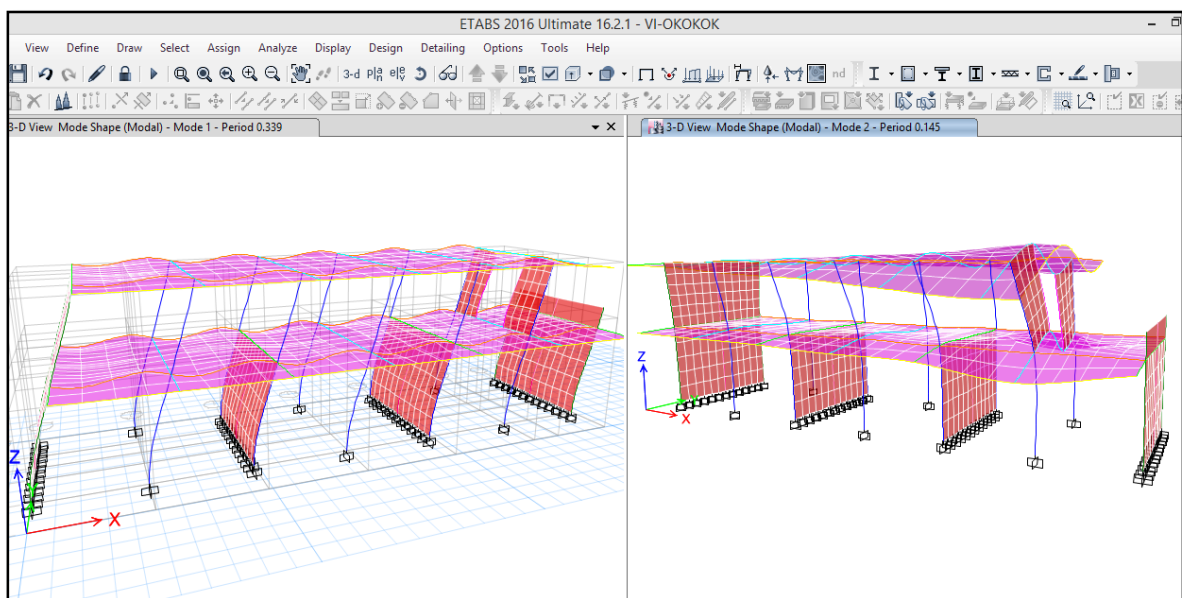


Ilustración 83: El análisis modal muestra que en el modo 1 hay una mayor masa participativa concentrada en la dirección "X-X", y en el modo 2 en la dirección "Y-Y".

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.16 Definición del espectro sísmico para la dirección “X-X” y “Y-Y”

Se calculó aplicando la Ecuación 19:

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

4.4.4.16.1 Parámetros sismorresistentes para la definición del espectro sísmico.

a) El factor zona (Z), $Z = 0.25$, ver Ítem 4.1.3.

b) El factor uso (U), $U = 01.50$, ver Ítem 4.1.3.

c) El factor suelo (S), $U = 01.50$, ver Ítem 4.1.3.

d) El factor de **amplificación sísmica (c)**, fue calculado de acuerdo a la E-030; ítem 1.4.5.1.4, Ecuaciones N°10, 17, y Tabla (N°12). Siendo necesario determinar el periodo fundamental de vibración “T”.

- Aplicando la Tabla (N° 12), para un suelo intermedio, $T_p = 1.00$, y $T_L = 1.60$

- El periodo fundamental de vibración (T), se determinó extrayendo del ETABS la masa participativa de la edificación, luego se analizó la mayor concentración de la masa tanto para la dirección “X-X” y “Y-Y”, para finalmente definir el “T”.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ
Modal	1	0.339	0.8917	2.126E-06	0
Modal	2	0.145	0.0001	0.5087	0
Modal	3	0.096	0.1066	0.0069	0
Modal	4	0.095	0.0015	0.1802	0
Modal	5	0.06	0.0001	0.2848	0
Modal	6	0.038	1.651E-05	0.0194	0

Ilustración 84: Periodos de vibración (T) en la dirección “X-X” y “Y-Y”, obtenidos a partir de la masa participativa de la edificación.

Fuente: Elaboración propia.

Según, *la ilustración 85*, se tiene un periodo de vibración en la dirección “X-X” de 0.339 ($T_x=0.339$), y un periodo de vibración en la dirección “Y-Y” de 0.149 ($T_y=0.149$).

- De los datos anteriores, se deduce que tanto el “ T_x ” y el “ T_y ” son menores que el “ T_p ”, por lo tanto:

$$T_x = 0.339 < T_p = 1.00, \text{ entonces } C_x = 2.5$$

$$T_y = 0.149 < T_p = 1.00, \text{ entonces } C_y = 2.5$$

e) El factor coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R).

Fue calculado tanto para la dirección “X-X” y “Y-Y”, de acuerdo a la E-030; ítem 1.4.5.2.7, Ecuación N°13, y Tablas (N°15, N°16, N°17). $R_{(x,y)} = R_{0(x,y)} * I_a * I_p$

Coefficiente básico de reducción (R_0).

- Aplicando la Tabla (N° 15), se consideró para la dirección “X-X” un sistema estructural de pórticos de concreto armado ($R_{0(x)} = 8$), y para la dirección “Y-Y” un sistema estructural de albañilería confinada ($R_{0(y)} = 3$).

Irregularidades en altura (I_a). Para su determinación se empleó la Tabla (N° 16).

- **Discontinuidad en los sistemas resistentes.** Se consideró esta irregularidad basándose en las ilustraciones (N°25, N°26). Por lo tanto; $I_a = 0.80$

Irregularidades en planta (I_p). No presenta, por lo tanto; $I_p = 1.00$

Finalmente, aplicando la Ecuación N° 13: $R = R_0 * I_a * I_p$ tenemos:

$$R_x = 8 * 0.80 * 1.00 = 6.40$$

$$R_y = 3 * 0.80 * 1.00 = 2.40$$

A continuación se presenta un resumen de los datos necesarios para definir el espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en la dirección “X-X”, tabla (N°45), y la tabla (N°46) para definir el espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en la dirección “Y-Y”.

Tabla 45*Parámetros sismorresistentes para definir el espectro sísmico en la dirección "X-X"*

Factor	Valor	Descripción
Z	0.25	Zona 2: Jaén
U	1.50	Edif. Esencial "A": IE
S	1.40	S3: Suelo blando
Tp	1.00	Para un Z2, S3
Tl	1.60	Para un Z2, S3
T	0.339	Del análisis modal
C	2.50	$T < T_p$
R0	8.00	Pórticos de concreto
Ia	0.80	Discontinuidad Elem. Resist.
Ip	1.00	No presenta
R	6.40	Coefficiente de reducción
C/R	0.390625	> 0.11....Cumple
g	9.81	gravedad
Z.U.S.g/R	0.8047265625	Factor Z.U.S.g/R

Fuente: (Elaboración propia)**Tabla 46***Parámetros sismorresistentes para definir el espectro sísmico en la dirección "Y-Y"*

Factor	Valor	Descripción
Z	0.25	Zona 2: Jaén
U	1.50	Edif. Esencial "A": IE
S	1.40	S3: Suelo blando
Tp	1.00	Para un Z2, S3
Tl	1.60	Para un Z2, S3
T	0.145	Del análisis modal
C	2.50	$T < T_p$
R0	3.00	Albañilería confinada
Ia	0.80	Discontinuidad Elem. Resist.
Ip	1.00	No presenta
R	2.40	Coefficiente de reducción
C/R	1.041666667	> 0.11....Cumple
g	9.81	gravedad
Z.U.S.g/R	2.1459375	Factor Z.U.S.g/R

Fuente: (Elaboración propia)

4.3.4.16.2 Cálculo de los espectros sísmicos para las direcciones “X-X” y “Y-Y”

Teniendo ya todos los parámetros sismorresistentes se procedió aplicar la Ecuación 19: $S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g$ para obtener los espectros inelásticos pseudo-aceleraciones para la dirección “X-X”, y “Y-Y”. Para esto se calculó el factor Z.U.S.g/R, y el factor “C”, el factor “C” se determinó teniendo en cuenta los tres casos que establece la E-030: $T < T_p$ entonces $C = 2.5$, $T_p < T < T_L$ entonces $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$, y $T > T_L$ entonces $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T^2}\right)$

Tabla 47

Espectro inelástico pseudo-aceleraciones en la dirección "X-X"

Tx	Cx	Z.U.S.g/R	Sax
0.1	2.50	0.8047265625	2.011816406
0.2	2.50	0.8047265625	2.011816406
0.3	2.50	0.8047265625	2.011816406
0.4	2.50	0.8047265625	2.011816406
0.5	2.50	0.8047265625	2.011816406
0.6	2.50	0.8047265625	2.011816406
0.7	2.50	0.8047265625	2.011816406
0.8	2.50	0.8047265625	2.011816406
0.9	2.50	0.8047265625	2.011816406
1	2.50	0.8047265625	2.011816406
1.1	2.272727273	0.8047265625	1.828924006
1.2	2.083333333	0.8047265625	1.676513672
1.3	1.923076923	0.8047265625	1.547551082
1.4	1.785714286	0.8047265625	1.437011719
1.5	1.666666667	0.8047265625	1.341210938
1.6	1.5625	0.8047265625	1.257385254
1.7	1.384083045	0.8047265625	1.113808391
1.8	1.234567901	0.8047265625	0.993489583
1.9	1.108033241	0.8047265625	0.891663781
2	1	0.8047265625	0.804726563
2.1	0.907029478	0.8047265625	0.729910714
2.2	0.826446281	0.8047265625	0.665063275
2.3	0.756143667	0.8047265625	0.608488894
2.4	0.694444444	0.8047265625	0.558837891
2.5	0.64	0.8047265625	0.515025
2.6	0.591715976	0.8047265625	0.476169564
2.7	0.548696845	0.8047265625	0.441550926
2.8	0.510204082	0.8047265625	0.410574777

2.9	0.475624257	0.8047265625	0.382747473
3	0.444444444	0.8047265625	0.35765625
3.1	0.416233091	0.8047265625	0.334953824
3.2	0.390625	0.8047265625	0.314346313
3.3	0.367309458	0.8047265625	0.295583678
3.4	0.346020761	0.8047265625	0.278452098
3.5	0.326530612	0.8047265625	0.262767857
3.6	0.308641975	0.8047265625	0.248372396
3.7	0.292184076	0.8047265625	0.235128287
3.8	0.27700831	0.8047265625	0.222915945
3.9	0.262984878	0.8047265625	0.211630917
4	0.25	0.8047265625	0.201181641
4.1	0.237953599	0.8047265625	0.191487582
4.2	0.22675737	0.8047265625	0.182477679
4.3	0.216333153	0.8047265625	0.174089035
4.4	0.20661157	0.8047265625	0.166265819
4.5	0.197530864	0.8047265625	0.158958333
4.6	0.189035917	0.8047265625	0.152122224
4.7	0.181077411	0.8047265625	0.145717802
4.8	0.173611111	0.8047265625	0.139709473
4.9	0.166597251	0.8047265625	0.134065233
5	0.16	0.8047265625	0.12875625

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 48

Espectro inelástico pseudo-aceleraciones en la dirección "Y-Y"

Ty	Cy	Z.U.S.g/R	Say
0.1	2.50	2.1459375	5.3648438
0.2	2.50	2.1459375	5.3648438
0.3	2.50	2.1459375	5.3648438
0.4	2.50	2.1459375	5.3648438
0.5	2.50	2.1459375	5.3648438
0.6	2.50	2.1459375	5.3648438
0.7	2.50	2.1459375	5.3648438
0.8	2.50	2.1459375	5.3648438
0.9	2.50	2.1459375	5.3648438
1	2.50	2.1459375	5.3648438
1.1	2.272727273	2.1459375	4.8771307
1.2	2.083333333	2.1459375	4.4707031
1.3	1.923076923	2.1459375	4.1268029

1.4	1.785714286	2.1459375	3.8320313
1.5	1.666666667	2.1459375	3.5765625
1.6	1.5625	2.1459375	3.3530273
1.7	1.384083045	2.1459375	2.9701557
1.8	1.234567901	2.1459375	2.6493056
1.9	1.108033241	2.1459375	2.3777701
2	1	2.1459375	2.1459375
2.1	0.907029478	2.1459375	1.9464286
2.2	0.826446281	2.1459375	1.7735021
2.3	0.756143667	2.1459375	1.6226371
2.4	0.694444444	2.1459375	1.4902344
2.5	0.64	2.1459375	1.3734
2.6	0.591715976	2.1459375	1.2697855
2.7	0.548696845	2.1459375	1.1774691
2.8	0.510204082	2.1459375	1.0948661
2.9	0.475624257	2.1459375	1.0206599
3	0.444444444	2.1459375	0.95375
3.1	0.416233091	2.1459375	0.8932102
3.2	0.390625	2.1459375	0.8382568
3.3	0.367309458	2.1459375	0.7882231
3.4	0.346020761	2.1459375	0.7425389
3.5	0.326530612	2.1459375	0.7007143
3.6	0.308641975	2.1459375	0.6623264
3.7	0.292184076	2.1459375	0.6270088
3.8	0.27700831	2.1459375	0.5944425
3.9	0.262984878	2.1459375	0.5643491
4	0.25	2.1459375	0.5364844
4.1	0.237953599	2.1459375	0.5106336
4.2	0.22675737	2.1459375	0.4866071
4.3	0.216333153	2.1459375	0.4642374
4.4	0.20661157	2.1459375	0.4433755
4.5	0.197530864	2.1459375	0.4238889
4.6	0.189035917	2.1459375	0.4056593
4.7	0.181077411	2.1459375	0.3885808
4.8	0.173611111	2.1459375	0.3725586
4.9	0.166597251	2.1459375	0.3575073
5	0.16	2.1459375	0.34335

Fuente: (Elaboración propia)

4.3.4.16.3 Gráficas del “T” vs “Sa”, para las direcciones “X-X” y “Y-Y”

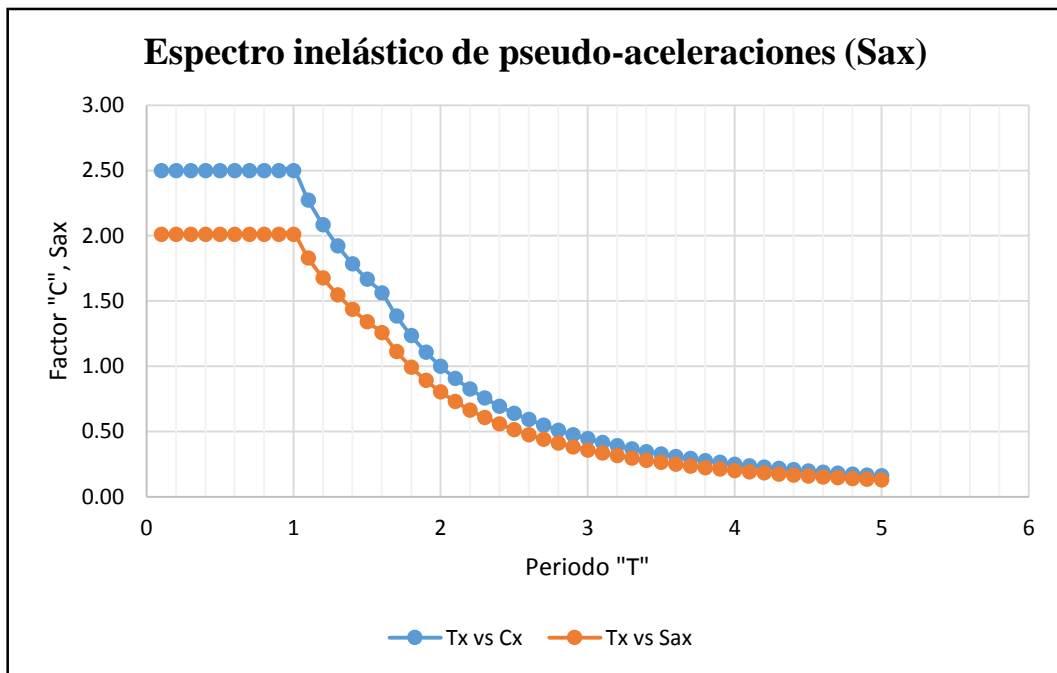


Ilustración 85: Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en l dirección “X-X”.

Fuente: Elaboración propia.

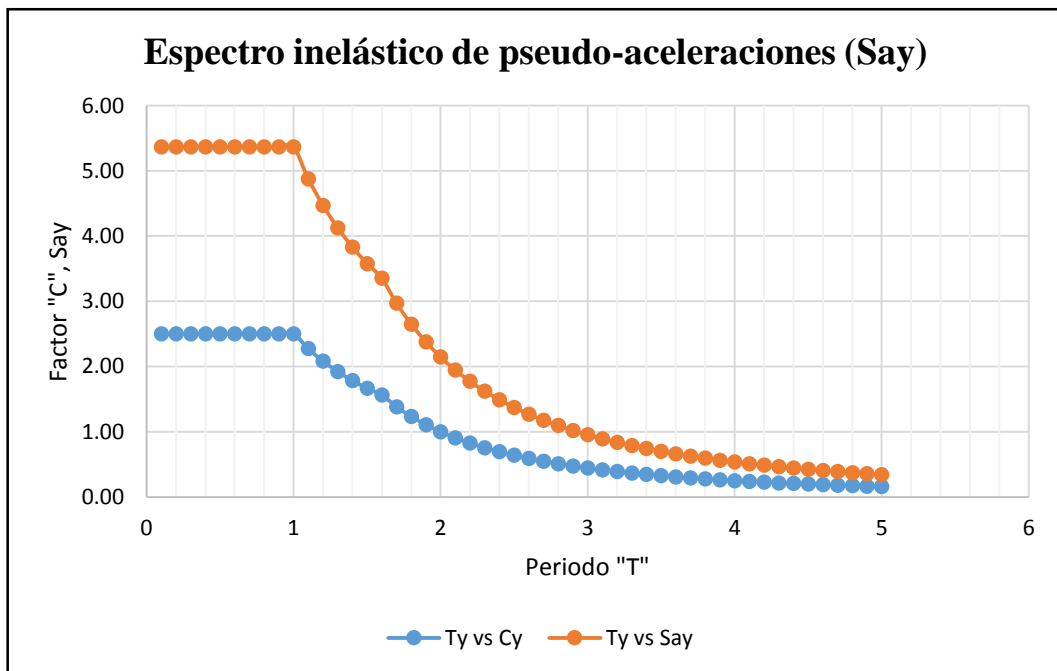


Ilustración 86: Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en l dirección “Y-Y”.

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.16.4 Cargamos en el ETABS el espectro “T” vs “C”.

Cabe indicar que se cargó al ETBAS la gráfica “T” vs “C”, y no la gráfica “T” vs “Sa”, esto debido a que se ingresara manualmente el valor de $Z.U.S.g/R= 0.8047265625$ para el espectro en “X-X”, el valor de $Z.U.S.g/R= 2.1459375$, con lo que sería lo mismo que ingresar el “T” vs “Sa”. Se hace esto con la finalidad de en caso se encuentre una irregularidad después del análisis sísmico dinámico ingresemos solamente el valor de $Z.U.S.g/R$, y con ello conseguirá automatizar el análisis dinámico.

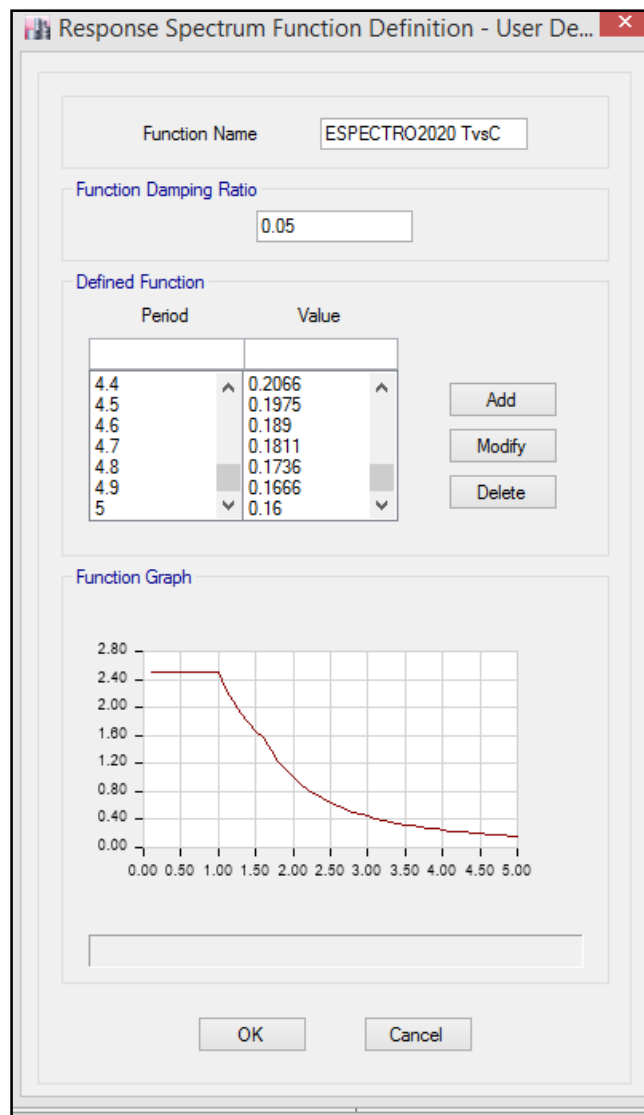


Ilustración 87: Espectro “T” vs “C” cargado en el ETABS para realizar el análisis dinámico.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.17 Definición de los casos dinámicos en las direcciones “X-X” e “Y-Y”.

Se consideró una excentricidad del centro de masas del diafragma rígido de 0.05 (5%) para ambas direcciones, y se usó la combinación cuadrática completa, según lo indicado en el RNE, Norma E.030. En esta definición del caso dinámico en ambas direcciones, se ha ingresado en “Scale Factor” el valor $Z.U.S.g/R= 0.8047265625$ para el caso dinámico “SDXX”, y el valor de $Z.U.S.g/R= 2.1459375$ para el caso dinámico “SDYY” con esto se logró completar el espectro sísmico “T” vs “Sa”.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO2020 "T...	0.8047

Ilustración 88: Definición del sismo dinámico en “X-X” usando la combinación cuadrática completa.

Fuente: Elaboración propia.

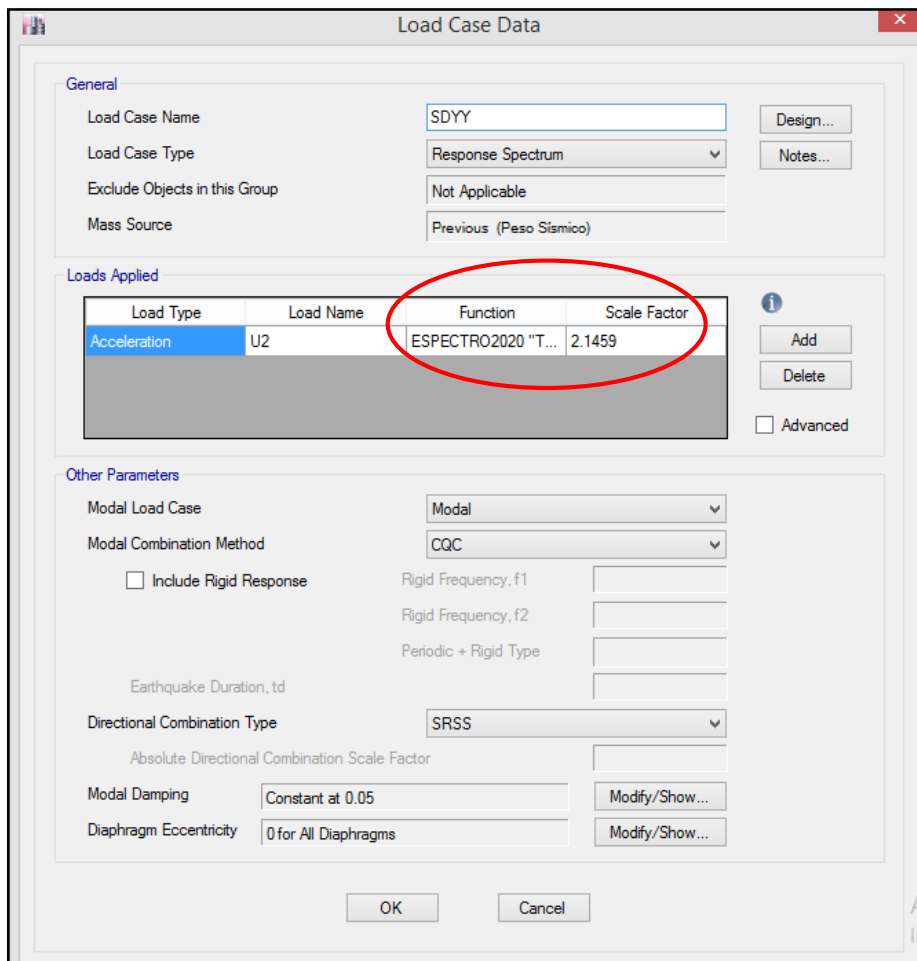


Ilustración 89: Definición del sismo dinámico en “Y-Y” usando la combinación cuadrática completa.

Fuente: Elaboración propia.

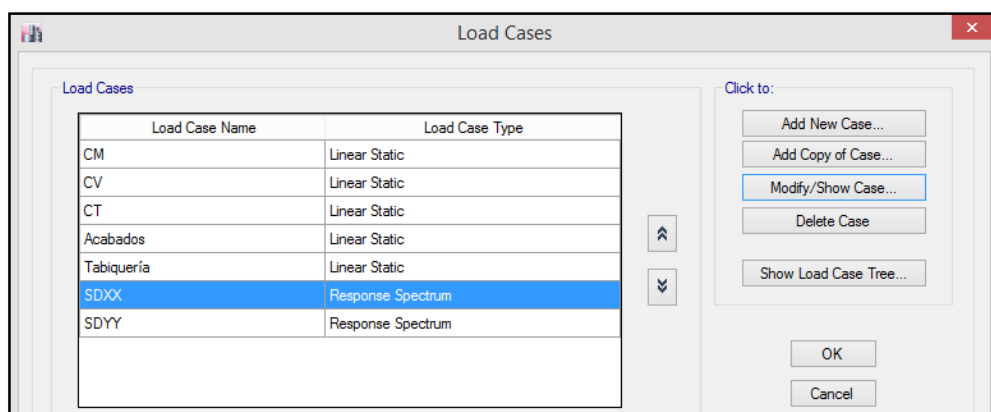


Ilustración 90: Casos dinámicos tanto en “X-X” (SDXX), e “Y-Y” (SDYY)

Fuente: Elaboración propia.

Se analizó y se corrió el análisis dinámico modal espectral.

4.3.4.18 Control de irregularidades estructurales en altura y planta.

4.3.4.18.1 Irregularidades estructurales en altura

Irregularidad de Rigidez – Piso Blando.

Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Tabla 49

Irregularidad de rigidez en las direcciones "X-X", e "Y-Y", para un análisis dinámico.

Story	Load Case	Stiffness (tonf/m)	Stiffness por piso (tonf/m)	(0.70*Kpiso2)	Condición
Story2	SDXX	9739.551	9739.551	6817.69	7856.573 < 6817.69 No cumple
Story1	SDXX	17596.124	7856.573		
Story2	SDYY	31975.57	31975.57	22382.90	120116.3 < 22382.9 No cumple
Story1	SDYY	152091.87	120116.3		

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto no se tiene irregularidad de rigidez.

Irregularidades de Resistencia – Piso Débil.

Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 50

Irregularidad de resistencia en las direcciones "X-X", e "Y-Y", para un análisis dinámico.

Story	Load Case	Shear (tonf)	Shear por piso (tonf/m)	(0.80*Vpiso2)	Condición
Story2	SDXX	36.883	36.883	29.51	30.6544 < 29.51 No cumple
Story1	SDXX	67.5374	30.6544		
Story2	SDYY	79.3821	79.3821	63.51	46.2855 < 63.51 Si cumple
Story1	SDYY	125.6676	46.2855		

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto si se tiene irregularidad de resistencia, entonces $I_a=0.75$

Irregularidad Extrema de Rigidez.

Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que el 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Tabla 51

Irregularidad extrema de rigidez en las direcciones "X-X", e "Y-Y", para un análisis dinámico.

Story	Load Case	Stiffness (tonf/m)	Stiffness por piso (tonf/m)	($0.60 \cdot K_{\text{piso}2}$)	Condición
Story2	SDXX	9739.551	9739.551	5843.73	7856.573 < 5843.73 No cumple
Story1	SDXX	17596.124	7856.573		
Story2	SDYY	31975.57	31975.57	19185.34	120116.3 < 19185.34 No cumple
Story1	SDYY	152091.87	120116.3		

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto no se tiene irregularidad extrema de rigidez.

Irregularidad Extrema de Resistencia.

Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Tabla 52

Irregularidad extrema de resistencia en las direcciones "X-X", e "Y-Y", para un análisis dinámico.

Story	Load Case	Shear (tonf)	Shear por piso (tonf/m)	($0.65 \cdot V_{\text{piso}2}$)	Condición
Story2	SDXX	36.883	36.883	23.97	30.6544 < 23.97 No cumple
Story1	SDXX	67.5374	30.6544		
Story2	SDYY	79.3821	79.3821	51.60	46.2855 < 51.60 Si cumple
Story1	SDYY	125.6676	46.2855		

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto si se tiene irregularidad extrema de resistencia, entonces $I_a=0.50$

Irregularidad de Masa o Peso.

Se tiene irregularidad de masa o peso, cuando el peso de un piso determinado es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

Tabla 53

Irregularidad de masa o peso en las direcciones "X-X", e "Y-Y".

Story	Load Case/Combo	P (tonf)	Peso por piso (tonf-m)	P piso1/P piso2	Condición
Story 2	100%CM+50%CV +25%CT	157.372	157.372	1.59	1.59 > 1.50 Cumple
Story 1	100%CM+50%CV +25%CT	408.091	250.7192		

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto si se tiene irregularidad en masa o peso, entonces $I_a=0.90$.

Irregularidad Geométrica vertical.

La configuración presenta irregularidad geométrica vertical cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

Tabla 54

Irregularidad geométrica vertical en las direcciones "X-X", e "Y-Y".

Dirección	Piso	Longitudes	L piso1/L piso2	Condición
X-X	2°	22.13 m	1.13	1.13 > 1.30
	1°	25.00 m		No cumple

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto no se tiene irregularidad geométrica vertical.

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.

Se ha considerado esta irregularidad debido a que 03 muros de albañilería del 1° piso, de la dirección “Y-Y”, en obra ya no han sido considerados en el 2° piso.

El módulo VI de la IE “A.V.P” si presenta irregularidad en discontinuidad en los sistemas resistentes, entonces $I_a=0.80$.

Discontinuidad Extrema de los Sistemas Resistentes.

El módulo VI de la IE “A.V.P” si presenta irregularidad en discontinuidad extrema en los sistemas resistentes, entonces $I_a=0.60$.

4.3.4.18.21 Irregularidades estructurales en planta.

Irregularidad Torsional.

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, (Δ_{max}), en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 19.

Tabla 55

Irregularidad torsional en la dirección "X-X", para derivas inelásticas.

Story	Load Case/Combo	Max Drift (1)	Avg Drift (2)	Ratio=(1)/(2)	Condición
Story2	DERIVAXX Max	0.005906	0.005886	1.003	1.003 > 1.3 No cumple
Story1	DERIVAXX Max	0.004922	0.004912	1.002	1.002 > 1.3 No cumple

Fuente: (Elaboración propia)

Se analizó la irregularidad torsional en la dirección “X-X” (pórticos de concreto), debido a que se tiene diafragmas rígidos, y las derivas máximas y promedios, ver tabla (N° 55), son mayores al 50% del desplazamiento permisible; ($0.5*0.007=0.0035$).

Tabla 56*Irregularidad torsional en la dirección "Y-Y", para derivas inelásticas.*

Story	Load Case/Combo	Max Drift (1)	Avg Drift (2)	Ratio=(1)/(2)	Condición
Story2	DERIVAYY Max	0.002474	0.00145	1.706	No fue evaluada
Story1	DERIVAYY Max	0.000471	0.0004	1.179	

Fuente: (Elaboración propia)

No se analizó la irregularidad torsional en la dirección “Y-Y” (albañilería confinada), a pesar que se tiene diafragmas rígidos, las derivas máximas y promedios, ver tabla (N° 56), no son mayores al 50% del desplazamiento permisible; ($0.5 \cdot 0.005 = 0.0025$).

Por lo tanto no se tiene irregularidad torsional.

Irregularidades Torsional Extrema.

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, (Δ_{max}), en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 19.

Tabla 57*Irregularidad torsional extrema en la dirección "X-X", para derivas inelásticas.*

Story	Load Case/Combo	Max Drift (1)	Avg Drift (2)	Ratio=(1)/(2)	Condición
Story2	DERIVAXX Max	0.005906	0.005886	1.003	1.003 > 1.5 No cumple
Story1	DERIVAXX Max	0.004922	0.004912	1.002	1.002 > 1.5 No cumple

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 58*Irregularidad torsional extrema en la dirección "Y-Y", para derivas inelásticas.*

Story	Load Case/Combo	Max Drift (1)	Avg Drift (2)	Ratio=(1)/(2)	Condición
Story2	DERIVAYY Max	0.002474	0.00145	1.706	No fue evaluada
Story1	DERIVAYY Max	0.000471	0.0004	1.179	

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto no se tiene irregularidad torsional extrema.

Esquinas entrantes.

La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.

El módulo VI de la IE "A.V.P" no presenta irregularidad por esquinas entrantes.

Discontinuidad del diafragma.

La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que el 50% del área bruta del diafragma.

El módulo VI de la IE "A.V.P" no presenta irregularidad por discontinuidad del diafragma.

Sistemas no paralelos.

Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos.

El módulo VI de la IE "A.V.P" no presenta irregularidad por sistemas no paralelos.

A continuación se presenta las tablas (N°59, N°60), las cuales resume las irregularidades en altura y en planta respectivamente, que presenta el módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos.

Tabla 59*Resumen de irregularidades en altura que presenta el módulo VI.*

Tipo de irregularidad en altura	Situación	Factor
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando.	No presenta	.....
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil.	Si presenta	0.75
Irregularidad Extrema de Rigidez.	No presenta	.....
Irregularidad Extrema de Resistencia	Si presenta	0.50
Irregularidad de Masa o Peso.	Si presenta	0.90
Irregularidad Geométrica vertical.	No presenta	.....
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes.	Si presenta	0.80
Discontinuidad Extrema de los Sistemas Resistentes.	Si presenta	0.60

Fuente: (Elaboración propia)**Tabla 60***Resumen de irregularidades en planta que presenta el módulo VI.*

Tipo de irregularidad en planta	Situación	Factor
Irregularidad Torsional.	No presenta	.....
Irregularidades Torsional Extrema.	No presenta	.....
Esquinas entrantes.	No presenta	.....
Discontinuidad del diafragma.	No presenta	.....
Sistemas no paralelos.	No presenta	.....

Fuente: (Elaboración propia)**4.3.4.19 Parámetros sismorresistentes obtenidos luego de correr el análisis dinámico.**

Realizado el control de irregularidades basándose en los datos obtenidos luego de correr el análisis sísmico dinámico, se volvió a calcular los parámetros sismorresistentes con el objetivo de obtener resultados más conservadores, ya que estas nuevas irregularidades afectan el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas, es decir el factor $Z.U.S.g/R$ que hemos ha tomado un nuevo valor. Con el nuevo valor de $Z.U.S.g/R$ se procedió en el software ETABS 21016 V.2.1 a modificar los casos dinámicos, y con estos nuevos casos dinámicos se determinó las derivas y la fuerza cortante mínima para un análisis dinámico espectral.

Tabla 61

Nuevos parámetros sismorresistentes para la dirección "X-X", obtenidos luego de un control de irregularidades y corrido el análisis sísmico dinámico.

Factor	Valor	Descripción
Z	0.25	Zona 2: Jaén
U	1.50	Edif. Esencial "A": IE
S	1.40	S3: Suelo blando
Tp	1.00	Para un Z2, S3
Tl	1.60	Para un Z2, S3
T	0.339	Del análisis modal
C	2.50	$T < T_p$
R0	8.00	Pórticos de concreto
Ia	0.50	Irreg. Extrema de Resistencia.
Ip	1.00	No presenta
R	4.00	Coefficiente de reducción
C/R	0.625	> 0.11....Cumple
g	9.81	gravedad
Z.U.S.g/R	1.2875625	Factor Z.U.S.g/R

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 62

Nuevos parámetros sismorresistentes para la dirección "Y-Y", obtenidos luego de un control de irregularidades y corrido el análisis sísmico dinámico.

Factor	Valor	Descripción
Z	0.25	Zona 2: Jaén
U	1.50	Edif. Esencial "A": IE
S	1.40	S3: Suelo blando
Tp	1.00	Para un Z2, S3
Tl	1.60	Para un Z2, S3
T	0.145	Del análisis modal
C	2.50	$T < T_p$
R0	3.00	Albañilería confinada
Ia	0.50	Irreg. Extrema de Resistencia.
Ip	1.00	No presenta
R	1.50	Coefficiente de reducción
C/R	1.666666667	> 0.11....Cumple
g	9.81	gravedad
Z.U.S.g/R	3.4335	Factor Z.U.S.g/R

Fuente: (Elaboración propia)

4.3.4.20 Definición de los nuevos casos dinámicos en las direcciones “X-X” e “Y-Y”, considerando el nuevo factor Z.U.S.g/R.

Se consideró una excentricidad del centro de masas del diafragma rígido de 0.05 (5%) para ambas direcciones, y se usó la combinación cuadrática completa, según lo indicado en el RNE, Norma E.030. Se ingresó en “Scale Factor” el nuevo valor $Z.U.S.g/R = 1.2875625$ para el caso dinámico “SDXX”, y el nuevo valor de $Z.U.S.g/R = 3.4335$ para el caso dinámico “SDYY”.

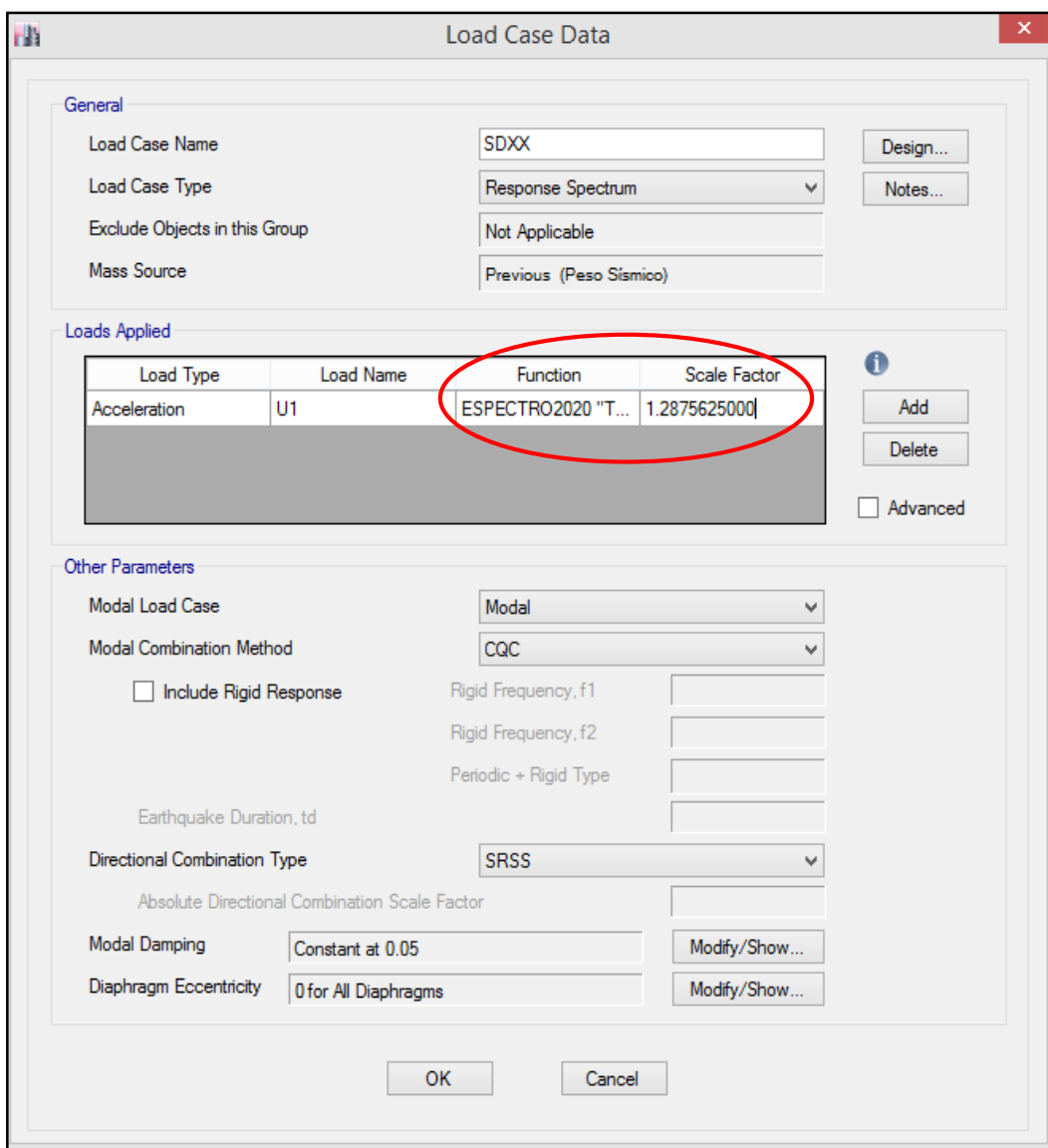


Ilustración 91: Definición del sismo dinámico en “X-X” aplicando el nuevo valor de Z.U.S.g/R

Fuente: Elaboración propia.

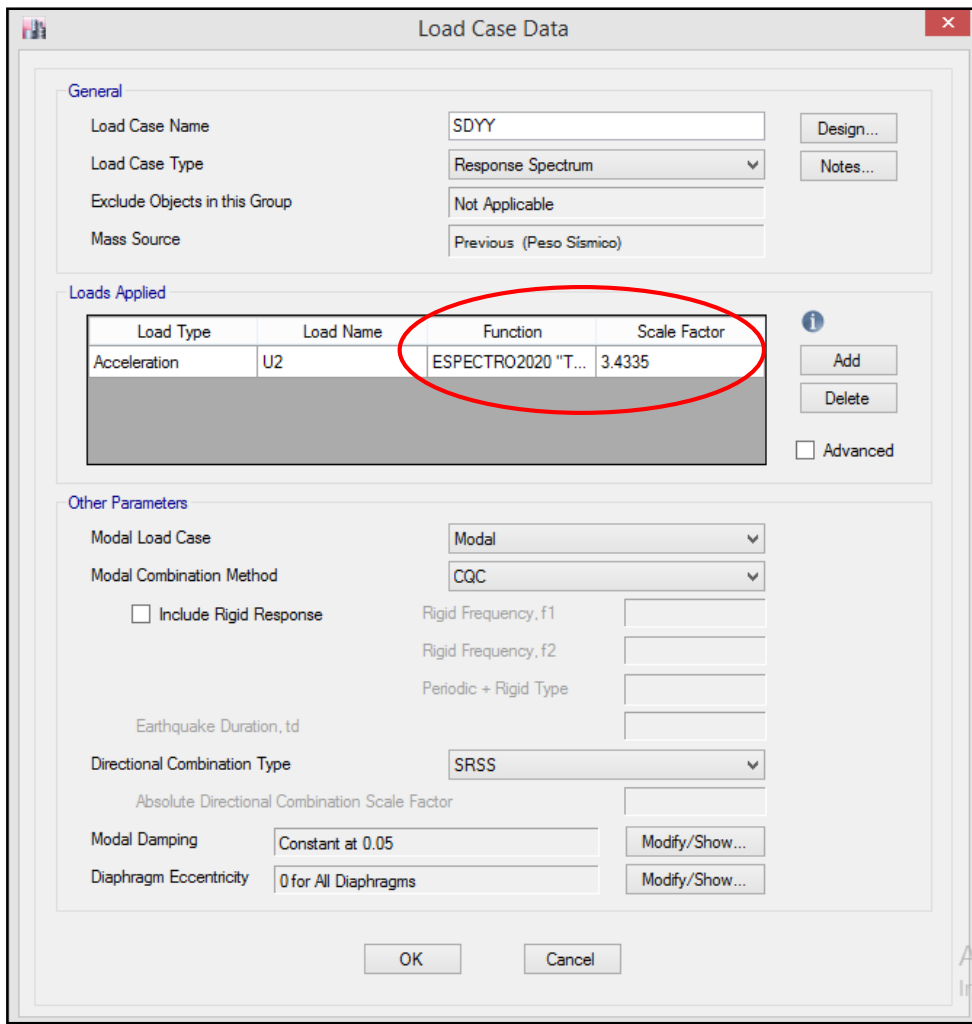


Ilustración 92: Definición del sismo dinámico en “Y-Y” aplicando el nuevo valor de $Z.U.S.g/R$

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.21 Análisis del modelo.

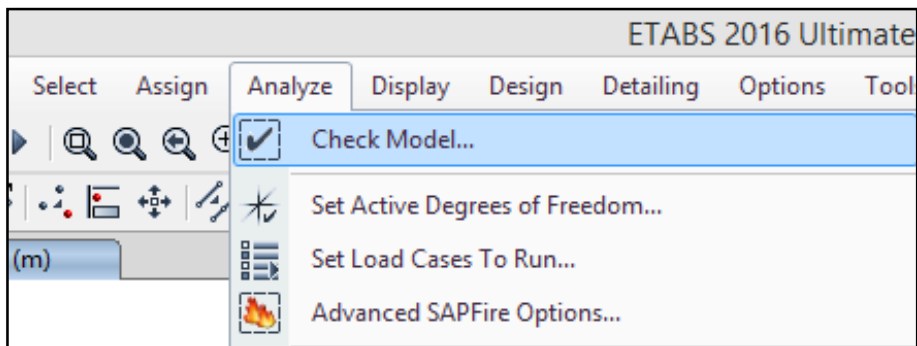


Ilustración 93: Chequeo del modelo

Fuente: Elaboración propia.

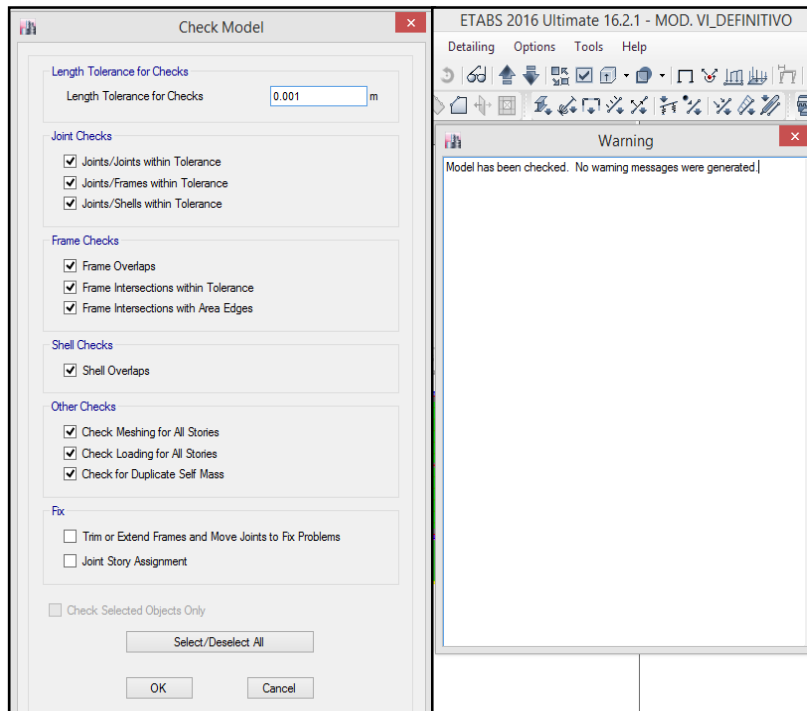


Ilustración 94: Se muestra que el modelo ha sido desarrollado de manera correcta

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.22 Se corrió el modelo.

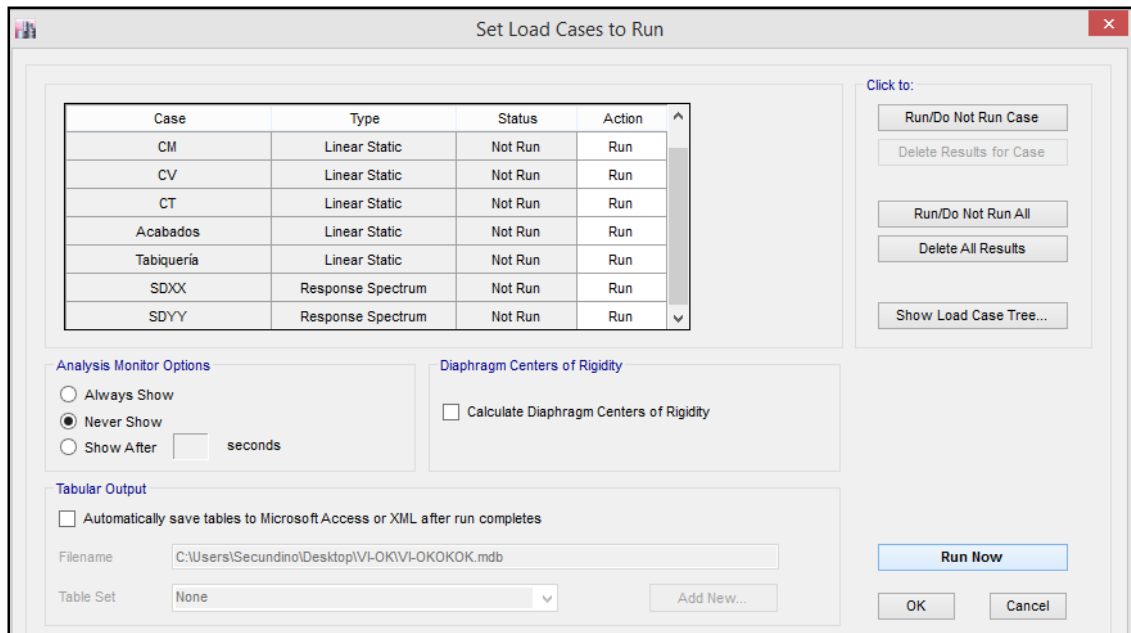


Ilustración 95: Se muestra todos los casos corridos para el análisis dinámico modal espectral

Fuente: Elaboración propia.

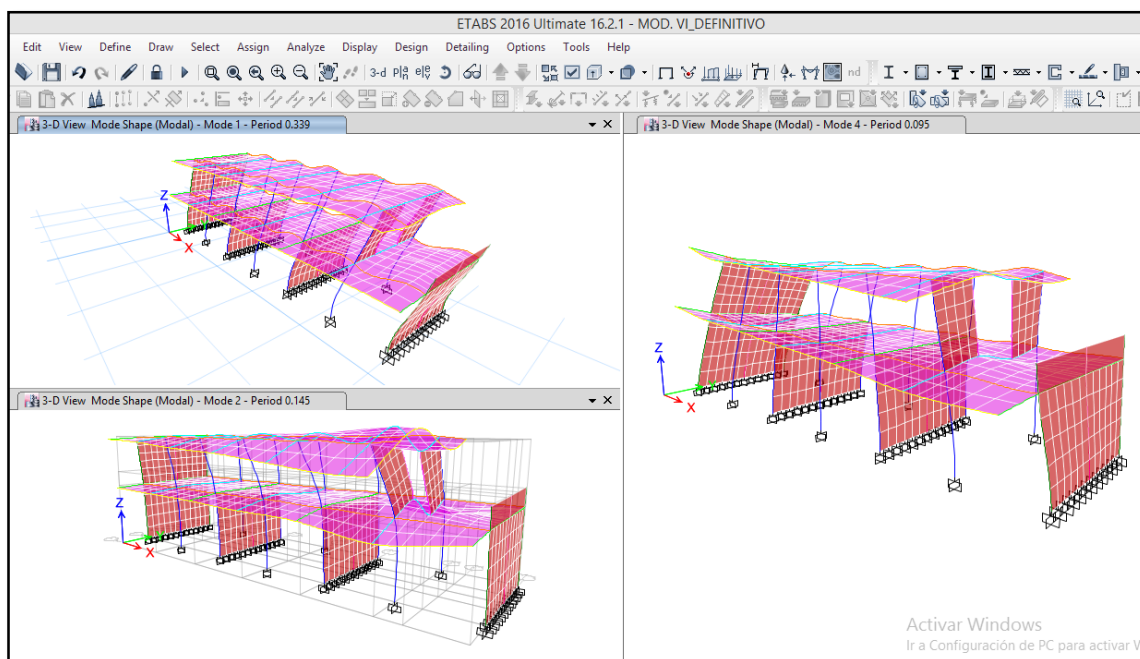


Ilustración 96: Se aprecia un movimiento de traslación en X (mode 1), un movimiento de traslación en Y (mode 2), y un movimiento de torsión (mode 4)

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5 Derivas de entrepiso del módulo VI de la IE “A.V.P”.

Se definió las combinaciones de carga para obtener las derivas inelásticas, esto en el software ETABS 2016 V.2.1. Para esto a las combinaciones dinámicas se les multiplico un 0.85R, tal como lo establece la E-030 para estructuras irregulares, es decir:

- Al SDXX se le múltiplo $0.85R=0.85*4.00=3.40$ver ilustración (N°97)
- Al SDYY se le múltiplo $0.85R=0.85*1.50=1.275$ver ilustración (N°98)

Luego se extrajo la tabla de “Story drift” y se compararon las derivas obtenidas con los límites de derivas que establece la norma. Para este caso en la dirección “X-X” se tiene un sistema estructural de pórticos (0.007), y en la dirección “Y-Y” se tiene un sistema estructura de albañilería (0.005), obteniéndose que el módulo VI cumple con los límites de distorsión de entrepiso que establece la norma E-030, ver tabla (N°63).

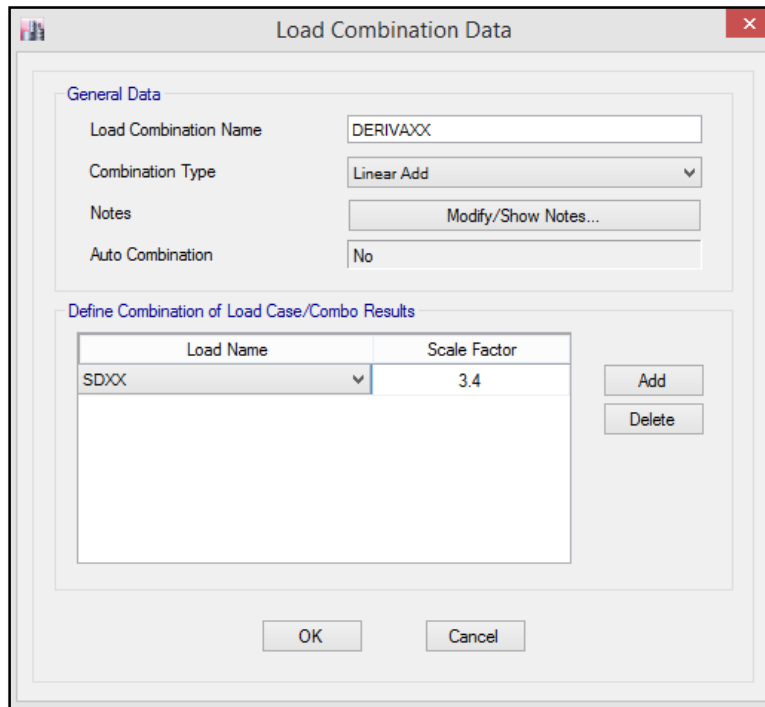


Ilustración 97: Definición de combinación de carga para la deriva inelástica en la dirección “X-X”

Fuente: Elaboración propia.

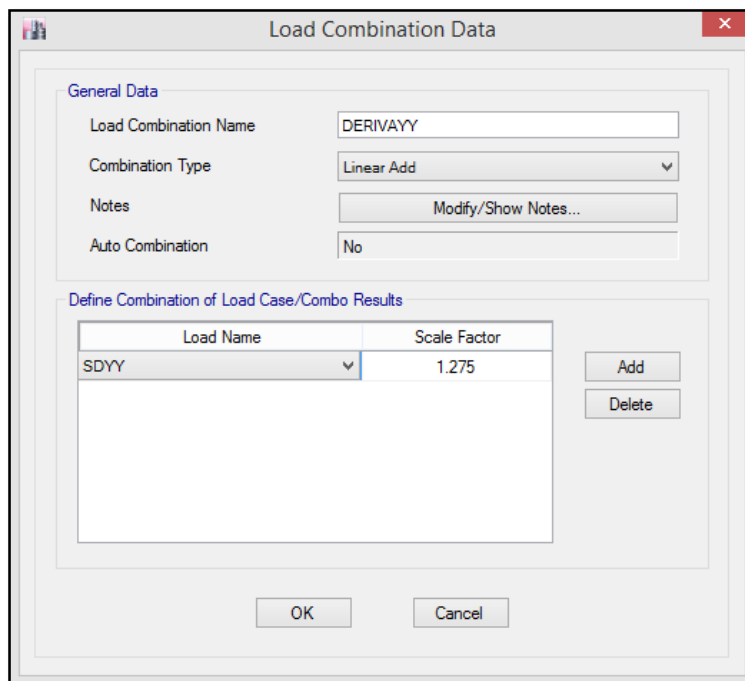


Ilustración 98: Definición de combinación de carga para la deriva inelástica en la dirección “Y-Y”

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63*Resultados de las derivas de entrepiso para el módulo VI de la IE "A.V.P".*

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Sistema Estructural	Límite de distorsión	Condición
Story2	DERIVAXX Max	X	0.005906	Pórticos	0.007	Cumple
Story1	DERIVAXX Max	X	0.004924	Pórticos	0.007	Cumple
Story2	DERIVAYY Max	Y	0.002474	Albañilería	0.005	Cumple
Story1	DERIVAYY Max	Y	0.000471	Albañilería	0.005	Cumple

Fuente: (Elaboración propia)

4.4 Cálculo de la fuerza cortante mínima del módulo VI de la IE "A.V.P".

4.4.1 Fuerza cortante en la base.

Se aplicó la Ecuación 14: $V = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P$

Los valores de Z.U.C.S/R tanto para la dirección "X-X" e "Y-Y" lo tenemos en las tablas (N°61, N°62), el peso se obtuvo del ETABS, luego de generar una combinación de carga (PESO=100%CM+50%CV+25%CT).

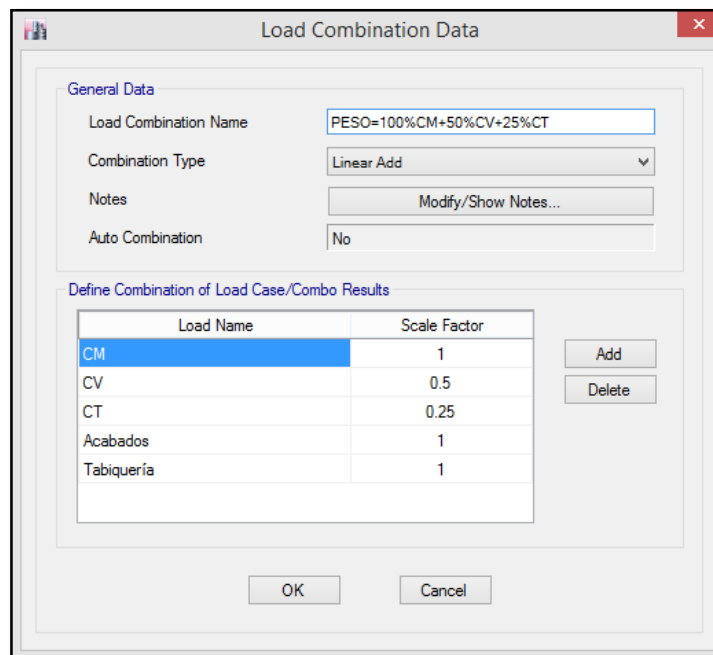
**Ilustración 99:** *Combinación de carga que permitió obtener el peso de la edificación.***Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 64
Peso de la edificación (Módulo VI)

Story	Load Case/Combo	Location	P (tonf)
Story2	PESO=100%CM+50%CV+25%CT	Bottom	157.372
Story1	PESO=100%CM+50%CV+25%CT	Bottom	408.0912

Fuente: (Elaboración propia)

Teniendo todos los datos se procedió a calcular la fuerza cortante estática en la base tanto para dirección “X-X” (Vx), y en la dirección “Y-Y” (Vy).

$$*) V_{ESTÁTICA "X"} = \frac{ZxUxCxS}{R} xP = \frac{0.25x1.50x2.50x1.40}{4} x408.0912 = \mathbf{133.90 ton}$$

$$*) V_{ESTÁTICA "Y"} = \frac{ZxUxCxS}{R} xP = \frac{0.25x1.50x2.50x1.40}{1.50} x408.0912 = \mathbf{357.08 ton}$$

4.4.2 Fuerza cortante mínima.

La fuerza cortante dinámica se obtuvo del software ETABS.

Tabla 65
Fuerza cortante dinámica para el Módulo VI

Load Case/Combo	FX (tonf)	FY (tonf)	FZ (tonf)
SDXX Max	108.0635	1.7169	0
SDYY Max	4.5783	201.0717	0

Fuente: (Elaboración propia)

Finalmente se verificó si la fuerza cortante mínima cumple con el 90% de la cortante estática en la base, tal como lo estipula la E-030.

$$*) V_{\min(X)} \frac{V_{DINÁMICA (X)}}{V_{ESTÁTICA (X)}} = \frac{108.06}{133.90} x100 = \mathbf{80.70\%} \dots \dots \dots \mathbf{No cumple}$$

$$*) V_{\min(Y)} \frac{V_{DINÁMICA (Y)}}{V_{ESTÁTICA (Y)}} = \frac{201.07}{357.08} x100 = \mathbf{56.31\%} \dots \dots \dots \mathbf{No cumple}$$

4.5 Resumen general de los métodos aplicados en esta investigación.

Tabla 66

Resumen general de resultados obtenidos por el método de Benedetti y Petrini.

Resumen general de resultados obtenidos por el método de Benedetti y Petrini		
Parámetros	Vulnerabilidad Módulos IV-VIII	Vulnerabilidad Módulo VI
1. Tipo y organización del sistema resistente.	Media (B)	Media (B)
2. Calidad del sistema resistente.	Media (B)	Media (B)
3. Resistencia convencional.	Baja (A)	Baja (A)
4. Posición del edificio y fundación.	Baja (A)	Baja (A)
5. Presencia de diafragmas horizontales.	Media (B)	Media (B)
6. Configuración en planta.	Alta (C)	Alta (C)
7. Configuración en elevación.	Baja (A)	Media (B)
8. Distancia máxima entre los muros.	Media (B)	Media (B)
9. Tipo de techumbre.	Baja (A)	Baja (A)
10. Elementos no estructurales.	Alta (C)	Alta (C)
11. Estado de conservación.	Baja (A)	Baja (A)
Índice de vulnerabilidad normalizado	34.37 (Media)	40.621 (Alta)

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 67

Resumen general de resultados obtenidos por el análisis dinámico modal espectral.

Resumen general de resultados obtenidos por el análisis dinámico modal espectral				
Descripción	Sistema estructural	Valores obtenidos	Valores según norma E-030	Condición
Derivas inelásticas máximas				
Dirección "X-X" - Módulo VI	Pórticos	0.005906	0.007	Cumple
Dirección "Y-Y" - Módulo VI	Albañilería	0.002474	0.005	Cumple
Fuerza cortante mínima				
Dirección "X-X" - Módulo VI	Pórticos	80.70%	90%	No cumple
Dirección "Y-Y" - Módulo VI	Albañilería	56.31%	90%	No cumple

Fuente: (Elaboración propia)

V. DISCUSIÓN

Respecto a otras investigaciones realizadas en infraestructuras educativas en las que han empleado los mismos métodos aplicados en este estudio, hemos obtenido resultados parecidos, en el caso nuestro se obtuvo una vulnerabilidad media para los módulos IV-VIII y una vulnerabilidad alta para el módulo VI, asociado a factores estructurales como inadecuada separación con otros módulos, discontinuidad de los elementos resistentes, interrupción de juntas sísmicas, reducción de sección de área de elementos estructurales, problemas de columna corta, elementos no estructurales reciben y transmiten cargas, y reducción del área de construcción en el entrepiso superior, así tenemos: en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica realizada en 65 edificaciones educativas del sector público, ubicadas a lo largo de la terraza de la ciudad de Mérida, aplicando el método de índice de vulnerabilidad, concluyeron que el 51% de los planteles evaluados tienen un índice de vulnerabilidad media, y que cuando estos son evaluados individualmente algunos parámetros obtienen índices de vulnerabilidad alto y muy alto. (Suarez et al., 2009, p. 269)

En otra investigación realizada a los pabellones 1 y 2 de la Institución Educativa Estatal Ramón Castilla y Marquesado, obtuvieron una vulnerabilidad sísmica alta y media respectivamente; a causa de su comportamiento sísmico inadecuado, elevada rigidez de la columna corta, inestabilidad de sus tabiques y su regular ha mal estado de conservación. (Marín, 2014, p. 72)

Realizado el análisis dinámico modal espectral para el módulo VI de la IE Alfonso Villanueva Pinillos, la cual presenta un sistema estructural de pórticos en la dirección X y muros de albañilería en la dirección Y, se obtuvo que las derivas máximas de la edificación en ambas direcciones, cumplen con los límites de distorsión establecidos por la norma técnica E-030, de 0.007 para pórticos, y 0.005 para albañilería, y con respecto a la fuerza cortante mínima se dedujo que en ambas direcciones de la infraestructura educativa, no cumple con la fuerza cortante mínima establecidos por la norma técnica E-030, del 90% del cortante estático para edificaciones irregulares. Los resultados mostrados anteriormente son parecidos a otras investigaciones como es el caso, de la evaluación estructural del bloque A1 de la “IE emblemática Jaén de Bracamoros”, provincia de Jaén-Cajamarca, la cual presenta un sistema estructural de pórticos en el eje X y de muros de albañilería en Y, el autor

manifiesta que la IE Jaén de Bracamoros presenta en ambas direcciones derivas que se encuentran en el rango permisible por la norma técnica E-030, comportándose adecuadamente ante el análisis sísmico estático y dinámico modal espectral aplicado. (Díaz, 2018, p. 77)

En otra investigación, realizaron un estudio de vulnerabilidad sísmica de la I.E. emblemática San Juan de la ciudad de Trujillo, 2018, la cual presenta un sistema estructural de pórticos en el eje X y de muros de albañilería en Y, concluyen que las derivas inelásticas de entrepiso en ambas direcciones cumplen con los límites de distorsiones de entrepiso que exige la norma, por otro lado en la misma investigación obtienen fuerzas cortante mínimas que si cumplen con el 80% del cortante estático para edificaciones regulares. (Zavaleta y Miranda, 2018, p. 147). Este resultado discrepa respecto al nuestro, debido a que nuestra edificación estudiada presenta irregularidades significativas en altura como es el caso de la irregularidad extrema de resistencia.

Finalmente, esto demuestra que es sumamente importante conocer la vulnerabilidad sísmica de las infraestructuras educativas, ya que nos permiten identificar los posibles tipos de fallas que pueden ocurrir, para de esta manera plantear soluciones como análisis y reforzamientos de los elementos resistentes, para de esta manera salvaguardar la vida de los seres humanos.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- a. Evaluado las condiciones de los módulos IV-VIII y VI, mediante los once parámetros del método de Benedetti y Petrini, se deduce que el parámetro N° 7 “Configuración en elevación”, fue el factor más determinante para clasificar como vulnerabilidad alta al módulo VI, con respecto a los módulos IV-VIII, y los factores estructurales que afectan el comportamiento adecuado de estas edificaciones: inadecuada separación con otros módulos, discontinuidad de los elementos resistentes, interrupción de juntas sísmicas, reducción de sección de área de elementos estructurales, problemas de columna corta, elementos no estructurales reciben y transmiten cargas, y reducción del área de construcción en el entrepiso superior.
- b. Aplicando el Método de Benedetti y Petrini, los módulos IV-VIII de la IE Alfonso Villanueva Pinillos presentan una vulnerabilidad MEDIA, y el módulo VI de la misma IE, presenta una vulnerabilidad ALTA. Además se determinó que la vulnerabilidad media representa el 45.83%, mientras que la vulnerabilidad alta representa el 54.17%.
- c. Realizado el análisis dinámico modal espectral del módulo VI, asistido con el software ETABS 2016 V.2.1, en la dirección “X-X” la edificación presenta una deriva máxima de valor 0.005906, y en la dirección “Y-Y” una deriva máxima de valor 0.002474, cumpliendo con los límites de distorsión establecidos por la norma técnica E-030, de 0.007 para pórticos, y 0.005 para albañilería.
- d. La fuerza mínima calculada para el módulo VI, en la dirección “X-X” representa el 80.70% de cortante estática, y en la dirección “Y-Y” solo el 56.31%, por lo tanto en ambas direcciones no cumple con la fuerza cortante mínima establecidos por la norma técnica E-030, del 90% del cortante estático para edificaciones irregulares.

6.2 Recomendaciones

- a. A las autoridades competentes, en los módulos IV-VIII, demoler las escaleras que conectan al 2° nivel ya que no cuentan con la separación mínima entre edificaciones y, realizar un análisis estructural considerando; la continuidad de la separación sísmica y de los muros portantes existentes en los ejes 3-3 y 4-4 del 1° piso, la continuidad de las áreas y formas de columnas del 1° nivel en todos los ejes del 2° nivel, y colocar juntas de dilatación entre elementos de tabiquería y elementos estructurales en los ejes A-A y C-C del 2° nivel. Realizado todas estas modificaciones, el análisis determinará si se ha logrado cumplir con las exigencias del RNE, caso contrario evaluar otro reforzamiento estructural en las partes críticas que consideren los nuevos proyectistas.
- b. A los profesionales inmersos en la investigación de este tipo de temas, realizar ajustes y calibraciones del método de Benedetti y Petrini de acorde a la situación problemática de cada lugar, y además realizar estudios complementados sobre el índice de daño de la edificación.
- c. La norma técnica E-030 establece que las edificaciones de categoría “A”, ubicadas en las zonas sísmicas 4, 3 y 2, no deben presentar irregularidades, por lo tanto a las autoridades pertinentes, en el módulo VI, demoler las escalera que conecta al 2° nivel ya que no cuentan con la separación mínima entre edificaciones y, realizar un análisis estructural considerando; la continuidad de los muros portantes de los ejes 3-3 y 5-5 del 1° piso, la eliminación el muro portante ubicado en el eje 6-6 del 2° piso, y la continuidad de los pórticos y muros de albañilería en el eje 7-7 del 2° nivel. Realizado todas estas modificaciones, el análisis determinará si se ha logrado cumplir con las exigencias del RNE, caso contrario evaluar otro reforzamiento estructural en las partes críticas que consideren los nuevos proyectistas.
- d. A los profesionales proyectistas, para incrementar la fuerza cortante mínima, escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos del análisis dinámico, excepto los desplazamientos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Así es Cajamarca Turismo y Tradición. (2011). *Los 12 Distritos de Jaén*. Obtenido de <https://asiescajamarca.blogspot.com/2011/06/los-12-distritos-de-la-provincia-de.html>
- Auccapuella, N. L. (2004). Evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Ayacucho (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Ayacucho, Perú.
- Computers & Structures. Inc. (2020). *Etabs*. Obtenido de <https://www.csiamerica.com/products/etabs>
- Díaz, J. K. (2018). Evaluación estructural del bloque A1 de la “I.E. Emblemática Jaén de Bracamoros”, provincia de Jaén-Cajamarca. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca Cajamarca, Perú.
- Español Maps of World. (2019). *Mapas del mundo*. Obtenido de <https://espanol.mapsofworld.com/continentes/sur-america/peru/cajamarca.html>
- Gent, K., Astroza, M., & Giuliano, G. (2005). Calibración del índice de vulnerabilidad del G.N.D.T. a las edificaciones Chilenas: Estructuras de albañilería confinada. *Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica IX Jornada*. Concepción, Chile.
- Gerencia Sub Regional Jaén - San Ignacio. (2010). *Reposición de infraestructura y mobiliario escolar IE Alfonso Villanueva Pinillos - Jaén*.
- González, H. M. (2004). Evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en el Distrito de San Martín de Porres. San Martín de Porres (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Hernández, U. M. (2002). Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2020). *Membresía ICG 2020: Software CSI ETABS versión 2016*. Obtenido de <http://www.construccion.org/index.php?e=software/csi/etabs.htm>

- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2005). *Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la Ciudad de Jaén*. Jaén. Obtenido de <http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INDECI/Programa%20de%20prevencion%20y%20medidas%20de%20mitigacion%20Jaen.%202005.pdf>
- López, O. A. (2009). INDICADORES DE RIESGO SÍSMICO EN EDIFICIOS. *BOLETÍN TÉCNICO IMME*, 47(1), 17-41.
- Marín, F. R. (2014). Determinación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la I.E. estatal Ramón Castilla Y Marquesado del Distrito de Jaén- Cajamarca (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén, Cajamarca, Perú.
- Meyhuay, T. T., Cerna, P. C., & Gonzales, P. T. (2015). Determinación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la zona urbana del distrito de Jangas, aplicando el sistema de información geográfica. *Revista Aporte Santiaguino*, 8(1), 57-66.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *RNE: Norma técnica E-020 Cargas*. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/titulo03edificaciones.html#>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *RNE: Norma técnica E-070 albañilería*. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/titulo03edificaciones.html#>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *RNE: Norma técnica E-060 concreto armado*. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/titulo03edificaciones.html#>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *RNE: Norma técnica E-030 diseño sismorresistente*. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/titulo03edificaciones.html#>
- Morejón, G., López, O. A., Berenguer, Y., Leyva, K., Villalón, M., José Gregorio Rengel, O. G., . . . Schmitz, M. (2014). Evaluación del riesgo sísmico del fondo habitacional de las ciudades Guarenas y Guatire. *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V*, 29(3), 37-50.

- Pérez, C. C. (2011). Diagnóstico de la construcción en Ayacucho. *Seminario regional de estudios y normalización de la construcción*. Ayacucho, Perú.
- Peuyodjona Luuli, N. N. (2017). Trabajo de Diploma Dedicatoria. Universidad de Camaguey.
- Quevedo, H. C., & Yajamanco, G. L. (2019). Vulnerabilidad sísmica de los Centros de Salud del Distrito de Jaén (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Cajamarca, Perú.
- Rondón, E. M., Araujo, I. D., & Cho, G. C. (2008). Estimación del daño sísmico en edificaciones de mampostería a partir de la aplicación de funciones de vulnerabilidad simuladas. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7(13), 39-56.
- Rondón, E. M., Carvajal, N. M., & Cho, G. C. (2010). Funciones de vulnerabilidad calculadas para edificaciones en muros de hormigón reforzado. *Revista Ingeniería de Construcción*, 5(1), 63-82.
- Ruiz Sibaja, A., Vidal Sánchez, F., & Aranda Caballero, C. (2016). Estudio de la vulnerabilidad sísmica del Centro Histórico de Tapachula, Chiapas, con el método del Índice de Vulnerabilidad. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 15(1), 1-24.
- Samaniego, L., & Rios, J. (2011). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica del Distrito del Rimac*. Obtenido de https://www.academia.edu/19628871/Vulnerabilidad_sismica_en_rimac
- Suárez, L., Dávila, N., Inglessis, P., & Rivero, P. (2009). Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad sísmica. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 30(3), 269-278.
- Torres, J. A. (FEBRERO de 2013). Análisis y gestión del riesgo sísmico de edificios y sistemas esenciales (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Zavaleta, C. G., & Miranda, O. C. (2018). “Estudio de vulnerabilidad sísmica de la I.E. Emblemática San Juan de la Ciudad de Trujillo” (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por brindarme la vida, la salud, y las energías necesarias para lograr culminar satisfactoriamente este trabajo de investigación. A toda mi familia por su apoyo incondicional, sin su confianza no hubiera sido posible la culminación de este trabajo de investigación.

Al Mg. Billy Alexis Cayatopa Calderón, asesor de esta tesis, por haber aceptado ser parte de esta investigación, por los conocimientos compartidos, y por toda la ayuda metodológica y profesional brindada en la orientación para el desarrollo y culminación de esta tesis.

Un agradecimiento especial a la Universidad Nacional de Jaén, carrera profesional de Ingeniería Civil, por la acogida y todo el apoyo en nuestra formación académica. Y a los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Civil, por el compromiso que mostraron a lo largo de nuestra formación profesional, agradecerles por inculcarnos que en esta vida nunca se termina de aprender y que cada día es una nueva oportunidad para superarnos.

A la plana docente y administrativa de la IE Alfonso Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén, por permitir llevar a cabo esta investigación en su infraestructura educativa, agradecerles por todo el apoyo y las facilidades que nos han otorgado, sin ese compromiso no se hubiese culminado esta investigación.

DEDICATORIA

A DIOS, por darme la vida, y por permitirme tener a mi lado a mis padres y hermanos. Por concederme las energías y la voluntad para culminar esta etapa tan importante en mi vida. Por su infinito e incondicional amor.

A MIS HERMANOS, José, Guime y Robinson; quienes de una y mil maneras están para brindarme todo su apoyo, y por demostrarme que el amor de familia es lo más puro que existe.

A MIS AMIGOS, Y DOCENTES por todos los conocimientos compartidos, por motivarme a seguir adelante, y por permitirme formar partes de sus vidas.

A MIS PADRES, el Sr. Ever y la Sra. María, por todo el gran e incondicional apoyo que me han brindado a lo largo de mi formación tanto como ser humano así como profesional.

A MÍ TÍO, Rodolfo, recuerdo que cuando yo era niño me dijo: si te esfuerzas y amas lo que haces siempre lo lograras, ahora sé que desde el cielo está velando por toda la familia.

ANEXOS

ANEXO N° 1.
Solicitud de copia digital
de expediente de la IE
Alfonso Villanueva
Pinillos.

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA	
Gerencia Sub Regional Jaén	
Trámite Documentario	
Hora:	11:42 am
Reg:	02
Recibido por:	

SUMILLA: Solicito copia digital de expediente técnico.

ING LUIS ALBERTO DIAZ ROJAS
SUB GERENTE DEL ÁREA DE OPERACIONES DE LA GERENCIA SUB
REGIONAL JAÉN-SAN IGNACIO.

SECUNDINO RAMIREZ JULCAMORO, identificado con DNI N° 75394788, domiciliado en la **Calle. Los Diamantes N°140, Mz. A, Lt. 13, de la Habur “VILLA SOL” - Jaén**, me presento y le manifiesto lo siguiente:

En mi condición de Bachiller de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, acudo a su despacho para solicitarle a usted, de favor, se me brinde una copia digital del expediente técnico de la infraestructura existente de la **INTITUCIÓN EDUCATIVA “ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS” DE LA PROVINCIA DE JAÉN**, información que me servirán para la ejecución de mi proyecto de tesis denominado **“Vulnerabilidad Sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en una Institución Educativa, en Jaén, año 2019”**, dicho proyecto se encuentra aprobado por la Universidad Nacional de Jaén mediante resolución N° 487-2019-CO-UNJ, su desarrollo me servirá para la obtención de mi título profesional. Cabe mencionar que le estoy adjuntando una copia simple de dicha resolución.

POR LO EXPUESTO:

Se le agradece anticipadamente, y ruego a su persona acceder a mi solicitud por ser un trabajo de investigación que contribuirá a determinar el grado de vulnerabilidad de la infraestructura educativa ante un eventual sismo.

Jaén, 14 de noviembre del 2019.


.....
SECUNDINO RAMIREZ JULCAMORO
DNI N° 75394788

ANEXO N° 2.
Carta de entrega de
copia digital de
expediente de la IE
Alfonso Villanueva
Pinillos.



MAD: 04980798
Jaén, 20 de noviembre del 2019.

CARTA N° 001 -2019-GR.CAJ-GSRJ/SGO-WCF

Señor:

Secundino Ramirez Julcamoro

**ASUNTO: ENTREGA DE COPIA DIGITAL DEL EXPEDIENTE DE LA
INFRAESTRUTURA EXISTENTE DE LA IEPSM ALFONSO
VILLANUEVA PINILLOS.**

Ref. : Solicitud de fecha 14/11/2019

Mediante el presente me dirijo a usted para saludarle cordialmente, al mismo tiempo hacer la entrega de una copia digital del expediente técnico de la infraestructura existente de la **INTITUCIÓN EDUCATIVA "ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS" DE LA PROVINCIA DE JAÉN**, al Bachiller en INGENIERÍA CIVIL, **SECUNDINO RAMIREZ JULCAMORO**, identificado con DNI N° 75394788, egresado de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN.

Él interesado necesita dicha información para la ejecución de su proyecto de tesis denominado "**Vulnerabilidad Sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en una Institución Educativa, en Jaén, año 2019**", dicho proyecto se encuentra aprobado por la Universidad Nacional de Jaén mediante resolución N° 487-2019-CO-UNJ.

Se expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada.

Ing. Wenceslao Correa febrero
(e) DIVISIÓN DE ESTUDIOS

ANEXO N° 3.
Solicitud para
autorización de ejecución
de tesis en la IE Alfonso
Villanueva Pinillos.

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

I.E.P.S.M. "A.V.P." - JAÉN	
RECEPCIÓN	
Nº Registro:	567
Folios:	07
Fecha:	6/11/2019
Hora:	2:30 pm
Agro toda una vida	

SUMILLA: Solicito autorización para ejecución de tesis.

MG. JOSÉ ANTONIO TAPIA RIVERA
DIRECTOR DE LA IEPSM ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS

SECUNDINO RAMIREZ JULCAMORO, identificado con DNI N° 75394788, domiciliado en la **Calle. Los Diamantes N°140, Mz. A, Lt. 13, de la Habur "VILLA SOL" - Jaén**, me presento y le manifiesto lo siguiente:

En mi condición de Bachiller de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén, acudo a su despacho para solicitarle a usted como máxima autoridad de este centro educativo, de favor, se me autorice y se me brinde las condiciones necesarias como: acceso a la I.E para toma de medidas, tomas fotográficas y aplicación de ensayos no destructivos, entre otros, que me servirán para la ejecución de mi proyecto de tesis denominado **"Vulnerabilidad Sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en una Institución Educativa, en Jaén, año 2019"**, dicho proyecto se encuentra aprobado por la Universidad Nacional de Jaén mediante resolución N° 487-2019-CO-UNJ, su desarrollo me servirá para la obtención de mi título profesional. Cabe mencionar que le estoy adjuntando una copia simple de dicha resolución.

POR LO EXPUESTO:

Se le agradece anticipadamente, y ruego a su persona acceder a mi solicitud por ser un trabajo de investigación que contribuirá a determinar el grado de vulnerabilidad de la infraestructura educativa ante un eventual sismo.

Jaén, 06 de noviembre del 2019.


.....
SECUNDINO RAMIREZ JULCAMORO
DNI N° 75394788

ANEXO N° 4.
Autorización de
ejecución de tesis en la IE
Alfonso Villanueva
Pinillos.



MINISTERIO DE EDUCACION
REGIÓN DE EDUCACIÓN DE CAJAMARCA
UNIDAD DE GESTION EDUCATIVA LOCAL-JAEN
I.E.P.S.M. "ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS"- JAEN
AV.MARISCAL CASTILLA N°961 TEL. 076-785505



"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

EL DIRECTOR DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PSM "ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS" DE LA PROVINCIA DE JAÉN.

AUTORIZA

Al Bachiller en INGENIERÍA CIVIL, **SECUNDINO RAMIREZ JULCAMORO**, identificado con DNI N° 75394788, egresado de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN, se **AUTORIZA** el acceso a la I.E para que realice las mediciones, tome fotografías, aplique encuestas, y ejecute ensayos no destructivos en los pabellones de nuestra I.E, esta información le servirá para la ejecución de su proyecto de tesis denominado "**Vulnerabilidad Sísmica aplicando el método de Benedetti y Petrini en una Institución Educativa, en Jaén, año 2019**", dicho proyecto se encuentra aprobado por la Universidad Nacional de Jaén mediante resolución N° 487-2019-CO-UNJ.

Se expide la presente constancia a solicitud de la parte interesada.

Jaén, 13 de noviembre del 2019.



Prof. José Antonio Tapia Rivera
DIRECTOR

ANEXO N° 5.
Fichas de evaluación
para estructuras de
concreto armado por el
método de Benedetti y
Petrini.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL MÓDULO IV y VIII – PARTE I FICHA DE EVALUACIÓN PARA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO (BENEDETTI Y PETRINI)

Departamento : Cajamarca	
Provincia/Distrito: Jaén/Jaén.	
Sector : Pueblo Nuevo.	
Dirección : Av. Mariscal Castilla N° 901.	
I.E : Alfonso Villanueva Pinillos.	
Fecha :/11/2019.	
Responsable : Secundino Ramirez Julcamoro.	

DESCRIPCIÓN DE LOS 11 PARÁMETROS DE BENEDETTI Y PETRINI	
1.- ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	
<i>Completar y marcar según lo observado.</i>	
Año de construcción :	<input type="text" value="2010"/>
Asesoría técnica correcta :	<input type="checkbox" value="SI"/> <input checked="" type="checkbox" value="NO"/>
Clase: B	
2.- CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE	
<i>Calificar con B (bueno) y M (malo).</i>	
Estado de materiales :	<input type="checkbox" value="B"/>
Proceso constructivo :	<input type="checkbox" value="M"/>
Clase: B	
3.- RESISTENCIA CONVENCIONAL	
<i>Especificar según lo observado.</i>	
Número de pisos (N) :	..... 2
Amx: área de muros en X (m2) :	..... 6.5625
Amy: área de muros en Y (m2) :	..... 6.5625
Acx: área de columnas en X (m2) :	..... 3.8125
Acy: área de columnas en Y (m2) :	..... 3.8125
Altura promedio de entrepiso (m) :	..... 3.65
Área de cubierta (m2) :	..... 1.64.45
Clase: A	
4.- POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN	
<i>Marcar según lo observado.</i>	
Pendiente pronunciada :	<input type="checkbox" value="SI"/> <input checked="" type="checkbox" value="NO"/>
Presencia de sales :	<input type="checkbox" value="SI"/> <input checked="" type="checkbox" value="NO"/>
Presencia de filtraciones :	<input type="checkbox" value="SI"/> <input checked="" type="checkbox" value="NO"/>
Clase: A	
5.- DIAFRAGMAS HORIZONTALES	
<i>Marcar según lo observado.</i>	
Discontinuidades abruptas :	<input type="checkbox" value="SI"/> <input checked="" type="checkbox" value="NO"/>
Buena conexión diafragma-elemento vertical:	<input type="checkbox" value="SI"/> <input checked="" type="checkbox" value="NO"/>
Deflexión del diafragma :	<input type="checkbox" value="SI"/> <input checked="" type="checkbox" value="NO"/>
Clase: B	
6.- CONFIGURACIÓN EN PLANTA	
<i>Especificar lo siguiente.</i>	
a : 6.50 m	b : 0.00 m
L : 25.30 m	B1 : 0.26 m
B2 : 0.00 m	
Clase: C	

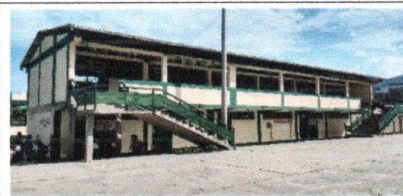


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL MÓDULO IV y VIII – PARTE II FICHA DE EVALUACIÓN PARA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO (BENEDETTI Y PETRINI)

Departamento : Cajamarca
 Provincia/Distrito: Jaén/Jaén.
 Sector : Pueblo Nuevo.
 Dirección : Av. Mariscal Castilla N° 901.
 I.E : Alfonso Villanueva Pinillos.
 Fecha :/11/2019.
 Responsable : Secundino Ramirez Julcamoro.



DESCRIPCIÓN DE LOS 11 PARÁMETROS DE BENEDETTI Y PETRINI

7.- CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN

Especificar y marcar según lo observado.

Existe irregularidad en la edificación : SI NO
 H= Altura total de edificación :
 T= Altura del piso irregular :
 RL :

Clase: A

8.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE MUROS O COLUMNAS

Completar y marcar según lo observado.

Año de construcción :
 Asesoría técnica correcta : SI NO

Clase: B

9.- TIPO DE CUBIERTA

Marcar según lo observado.

Cubierta estable : SI NO
 Adecuada conexión cubierta-elemento vertical: SI NO
 Cubierta plana : SI NO
 Material liviano : SI NO

Clase: A

10.- ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Calificar con B (bueno), R (regular), M (malo), según conexión al S.R.

Cornisa y parapetos :
 Balcones y volados :
 Cubiertas livianas :

Clase: C

11.- ESTADO DE CONSERVACIÓN

La estructura de concreto armado está en.

Buen estado :
 Con presencia de daños :
 Mal estado :

Clase: A

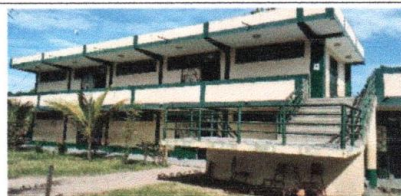


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL MÓDULO VI – PARTE I FICHA DE EVALUACIÓN PARA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO (BENEDETTI Y PETRINI)

Departamento : Cajamarca
 Provincia/Distrito: Jaén/Jaén.
 Sector : Pueblo Nuevo.
 Dirección : Av. Mariscal Castilla N° 901.
 I.E : Alfonso Villanueva Pinillos.
 Fecha :/11/2019.
 Responsable : Secundino Ramirez Julcamoro.



DESCRIPCIÓN DE LOS 11 PARÁMETROS DE BENEDETTI Y PETRINI

1.- ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE

Completar y marcar según lo observado.

Año de construcción :
 Asesoría técnica correcta :
 Clase: B

2.- CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE

Calificar con B (bueno) y M (malo).

Estado de materiales :
 Proceso constructivo :
 Clase: B

3.- RESISTENCIA CONVENCIONAL

Especificar según lo observado.

Número de pisos (N) : 2
 Amx: área de muros en X (m2) : 5.25
 Amy: área de muros en Y (m2) : 5.25
 Acx: área de columnas en X (m2) : 3.30
 Acy: área de columnas en Y (m2) : 3.50
 Altura promedio de entrepiso (m) : 3.35
 Área de cubierta (m2) : 0.00
 Clase: A

4.- POSICIÓN DEL EDIFICIO Y CIMENTACIÓN

Marcar según lo observado.

Pendiente pronunciada :
 Presencia de sales :
 Presencia de filtraciones :
 Clase: A

5.- DIAFRAGMAS HORIZONTALES

Marcar según lo observado.

Discontinuidades abruptas :
 Buena conexión diafragma-elemento vertical:
 Deflexión del diafragma :
 Clase: B

6.- CONFIGURACIÓN EN PLANTA

Especificar lo siguiente.

a : 6.50 m b : 0.00 m
 L : 25.00 m B1 : 0.26 m
 B2 : 0.00 m
 Clase: C



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL MÓDULO VI – PARTE II FICHA DE EVALUACIÓN PARA ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO (BENEDETTI Y PETRINI)

Departamento : Cajamarca
 Provincia/Distrito: Jaén/Jaén.
 Sector : Pueblo Nuevo.
 Dirección : Av. Mariscal Castilla N° 901.
 I.E : Alfonso Villanueva Pinillos.
 Fecha :/11/2019.
 Responsable : Secundino Ramirez Julcamoro.



DESCRIPCIÓN DE LOS 11 PARÁMETROS DE BENEDETTI Y PETRINI

7.- CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN

Especificar y marcar según lo observado.

Existe irregularidad en la edificación : SI NO
 H= Altura total de edificación : 6.70m
 T= Altura del piso irregular : 3.50m
 RL : 0.52

Clase: B

8.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE MUROS O COLUMNAS

Completar y marcar según lo observado.

Año de construcción : 2010
 Asesoría técnica correcta : SI NO

Clase: B

9.- TIPO DE CUBIERTA

Marcar según lo observado.

Cubierta estable : SI NO
 Adecuada conexión cubierta-elemento vertical: SI NO
 Cubierta plana : SI NO
 Material liviano : SI NO

Las losas son únicamente de c°A° Clase: A

10.- ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Calificar con B (bueno), R (regular), M (malo), según conexión al S.R.

Cornisa y parapetos : M
 Balcones y volados : M
 Cubiertas livianas : M

Clase: C

11.- ESTADO DE CONSERVACIÓN

La estructura de concreto armado está en.

Buen estado :
 Con presencia de daños :
 Mal estado :

Clase: A

ANEXO N° 6.
Encuesta para
determinar el estado de
conservación de la IE
Alfonso Villanueva
Pinillos.



ENCUESTA APLICADO A LA PLANA DOCENTE Y PERSONAL ADMINISTRATIVO DE LA IEPSM ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS, CON LA FINALIDAD DE DETERMINAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE DICHA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA.

Departamento : Cajamarca.
Provincia/Distrito : Jaén/Jaén.
Dirección : Av. Mariscal Castilla N° 961 – Sector: Pueblo Nuevo.
Fecha :/11/2019.
Proyecto de tesis : “Vulnerabilidad Sísmica aplicando el método de Benedetti y Petri en una Institución Educativa, en Jaén, año 2019?”
Responsable : Secundino Ramirez Julcamoro.

1. ¿Existe un plan de mantenimiento para la infraestructura educativa (módulos IV, VI y VIII)?

- a) Sí, y se cumple.
- b) Sí, y se cumple a veces.
- c) Sí, pero no se cumple.
- d) No existe.

2. ¿Cómo califica usted el estado actual de la infraestructura educativa (módulos IV, VI y VIII)?

- a) Bueno.
- b) Regular.
- c) Malo.

3. ¿Cada qué periodo se realiza el mantenimiento de la infraestructura educativa (módulos IV, VI y VIII)?

- a) Una vez al año.
- b) Dos veces al año.
- c) Tres veces al año.
- d) Nunca.

4. Si ocurriera un sismo en estos momentos, ¿Cree usted que la infraestructura educativa es segura?

- a) Una vez al año.
- b) Dos veces al año.



Maria Rosario Lopez Mesasola
DIRECTORA
DNI: 27713525

ANEXO N° 7.
Resumen de informe de
INDECI PNUD
PER/02/051 “Programa
de prevención y medidas
de mitigación ante
desastres de la ciudad de
Jaén”

1. INTRODUCCIÓN

Este informe técnico fue realizado en Noviembre del año 2005 por INDECI, consta de 259 páginas, y está estructurado de la siguiente manera: capítulo I. Generalidades, II. Contexto regional, provincial, distrital y urbano, III. Evaluación de peligro vulnerabilidad y riesgos, y el capítulo IV. Propuesta general. Cabe mencionar que en esta investigación dividen a la ciudad de Jaén en tres sectores determinando para cada sector los capítulos antes mencionados. Para nuestra investigación se hizo un resumen de los temas relacionados al aspecto geotécnico del sector II, se escogió este sector porque incluye a la IE “Alfonso Villanueva Pinillos”.

2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Provincia de Jaén, se localiza en la parte Norte de la Región, limita por el Norte con la Provincia de San Ignacio, por el Este con las Provincias de Bagua y Utcubamba de la Región Amazonas, por el Oeste con la Provincias de Huancabamba de la Región Piura y por el Sur con la Provincia de Cutervo y Provincias de Ferreñafe y Lambayeque de la Región Lambayeque.

3. EVALUACIÓN DE PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGO.

3.1.1 Caracterización Físico – Geográfico.

La ciudad de Jaén está flanqueada por afloramientos rocosos de areniscas, lutitas y conglomerados de color pardo rojizos, perteneciendo probablemente a la formación Bellavista, aflorante en la margen derecha del valle Jaén, desde fila alta hasta la confluencia de la ciudad de Bellavista y el río Marañón, asignándole a estas formaciones rocosas al tercio superior de la Era Cenozoica.

En la margen izquierda y derecha del valle Jaén los suelos están compuestos por bloques de roca entre 2.0 a 0.4 m de diámetro, cantos rodados, grava y gravilla, englobados en matriz arena limo arcillosa, estos bloques de roca tienen origen en rocas intrusivas (granodioritas), volcánicas (dacitas) y sedimentarias (calizas), asignándole a la edad Cuaternaria de la serie Pleistocénica.

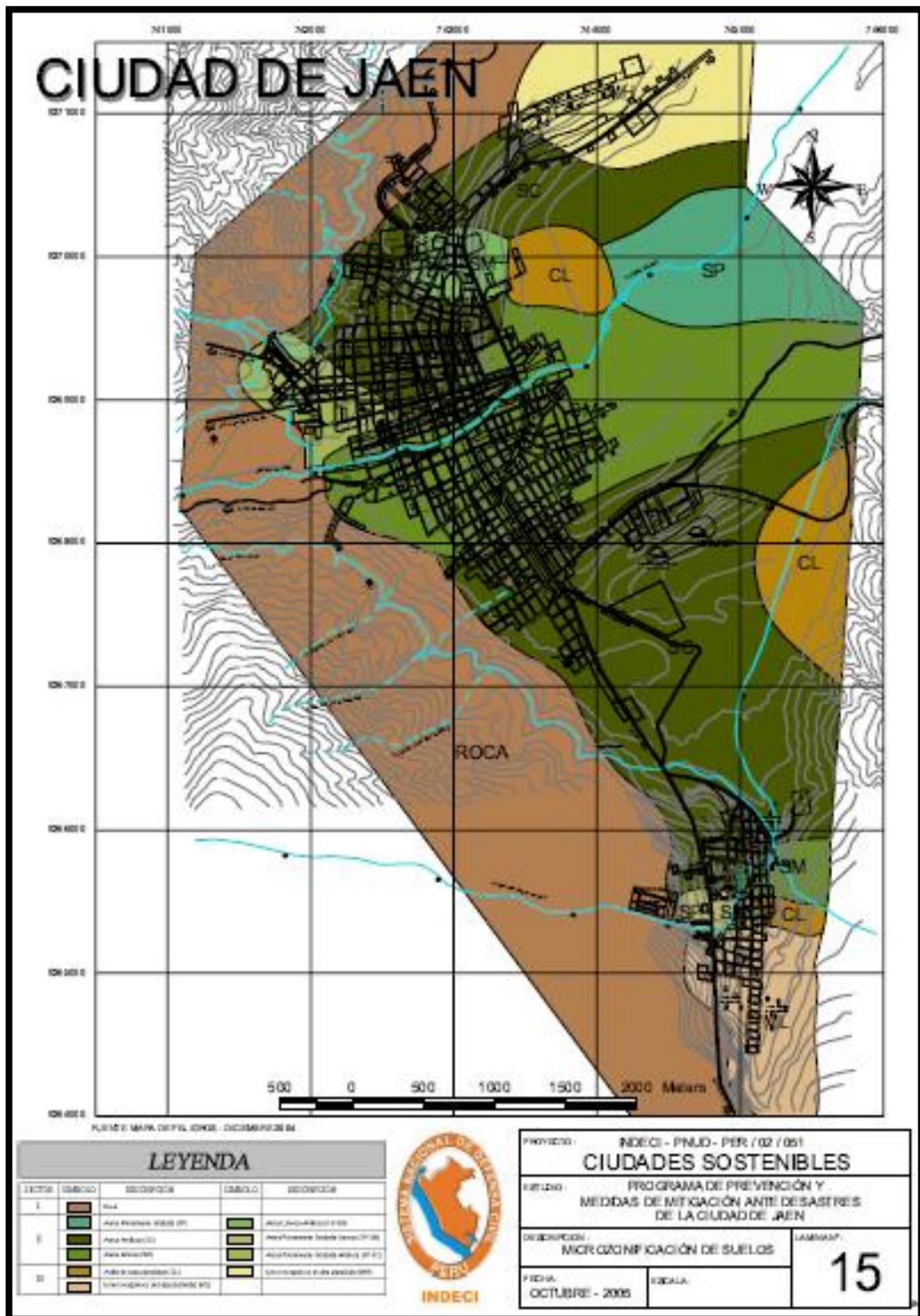
3.1.2 Microzonificación Geotécnica

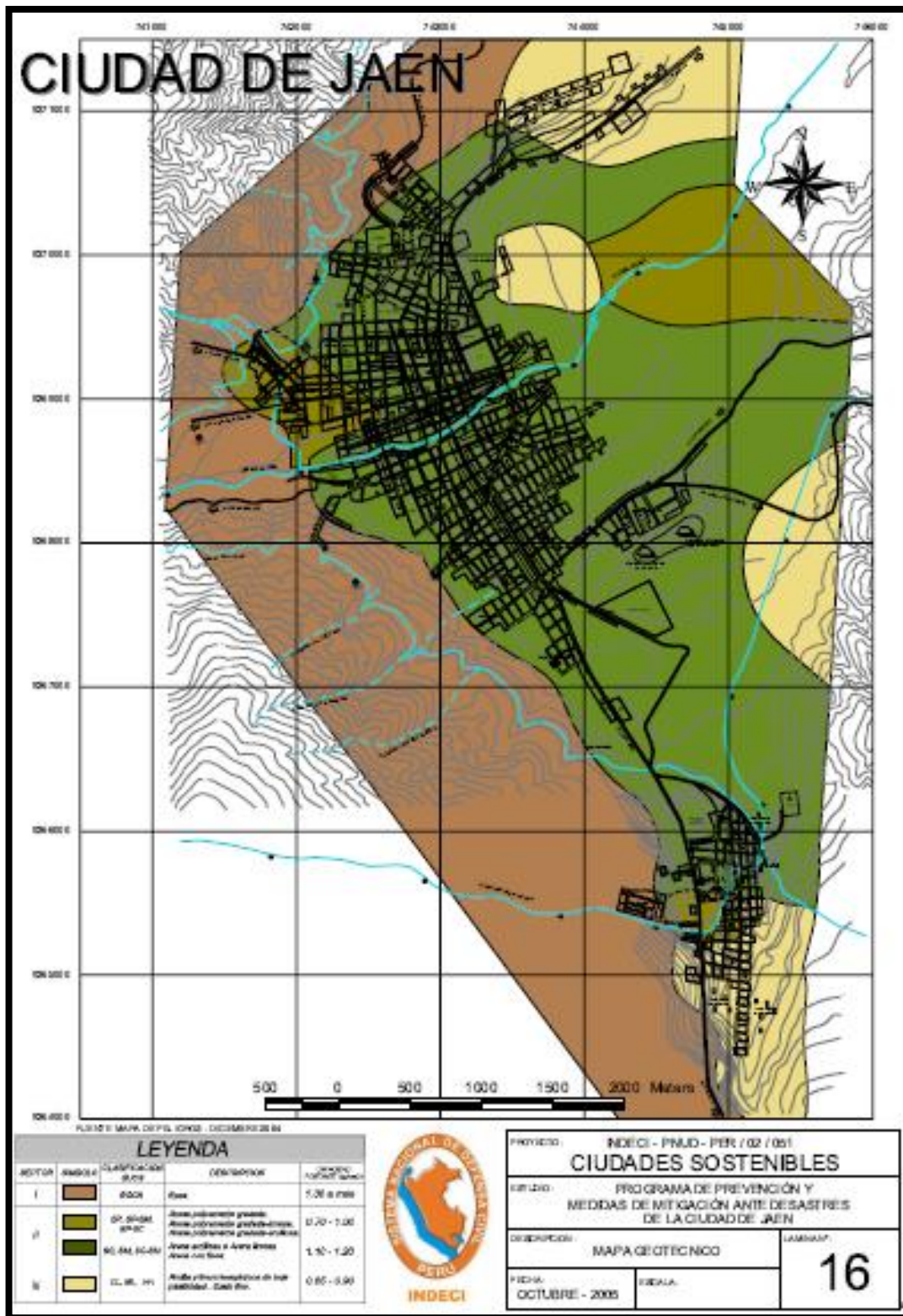
INDECI afirma que los tipos de suelos predominantes en el Sector II (zona donde se ubica la IE que hemos estudiado), son las arenas pobremente gradadas, arenas pobremente gradadas arcillosas, arenas pobremente gradadas limosas, arenas limosas arcillosas, arenas limosas y arenas arcillosas (SP, SP-SC, SP-SM, SC-SM, SM y SC) suelos granulares, y arenas con finos. Tienen mediana expansibilidad y son de baja plasticidad. Con capacidad portante de 0.70 a 1.20 kg/cm². Según lámina N° 15, descripción “Microzonificación de suelos”, con fecha octubre del 2005, se pudo apreciar que la IE “Alfonso Villanueva Pinillos” presenta un suelo de arena arcillosa (SC).

Por otro lado según INDECI, sustentado en la lámina N° 16, descripción “Mapa Geotécnico”, con fecha octubre del 2005, la IE “Alfonso Villanueva Pinillos” presenta un suelo de arena arcillosa (SC) o arena limosa (SM), arena con finos (SC-SM), con una capacidad portante de 1.10 Kg/cm² – 1.20 Kg/cm², también afirma según lámina N° 17, descripción “Suelos expansivos”, que esta IE no presenta suelos expansivos, y según lámina N° 18, descripción “Licuación se suelos”, afirma que esta IE presenta suelos no licuables.

4. EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD.

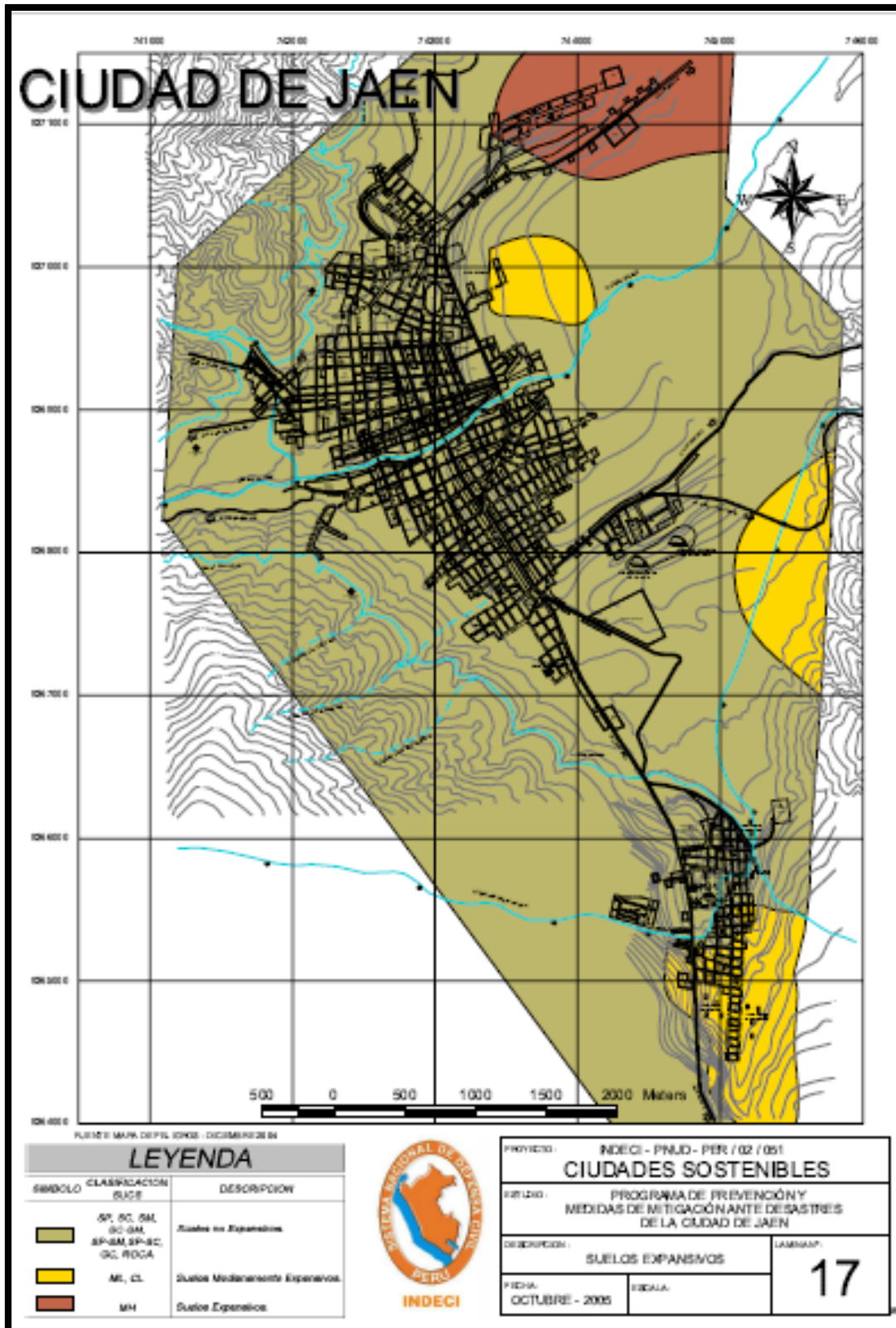
Según INDECI, sustentado en la lámina N° 26, descripción “Estado de conservación”, con fecha octubre del 2005, se pudo apreciar que la IE “Alfonso Villanueva Pinillos” presenta un estado de conservación bueno, también afirma según lámina N° 27, descripción “Vulnerabilidad ante fenómenos de origen geológico y geológico climático”, que el Sector II presenta una vulnerabilidad alta, es decir asume una capacidad de respuesta baja ante la ocurrencia de peligros o amenazas de fenómenos naturales o antrópicos, caracterizada por el predominio de viviendas en regular y mal estado de construcción, mal uso de materiales constructivos, edificaciones en proceso de construcción, población de escasos y medios recursos económicos y sin cultura de prevención, estimándose la posible ocurrencia de pérdidas importantes en niveles superiores al 50 %.

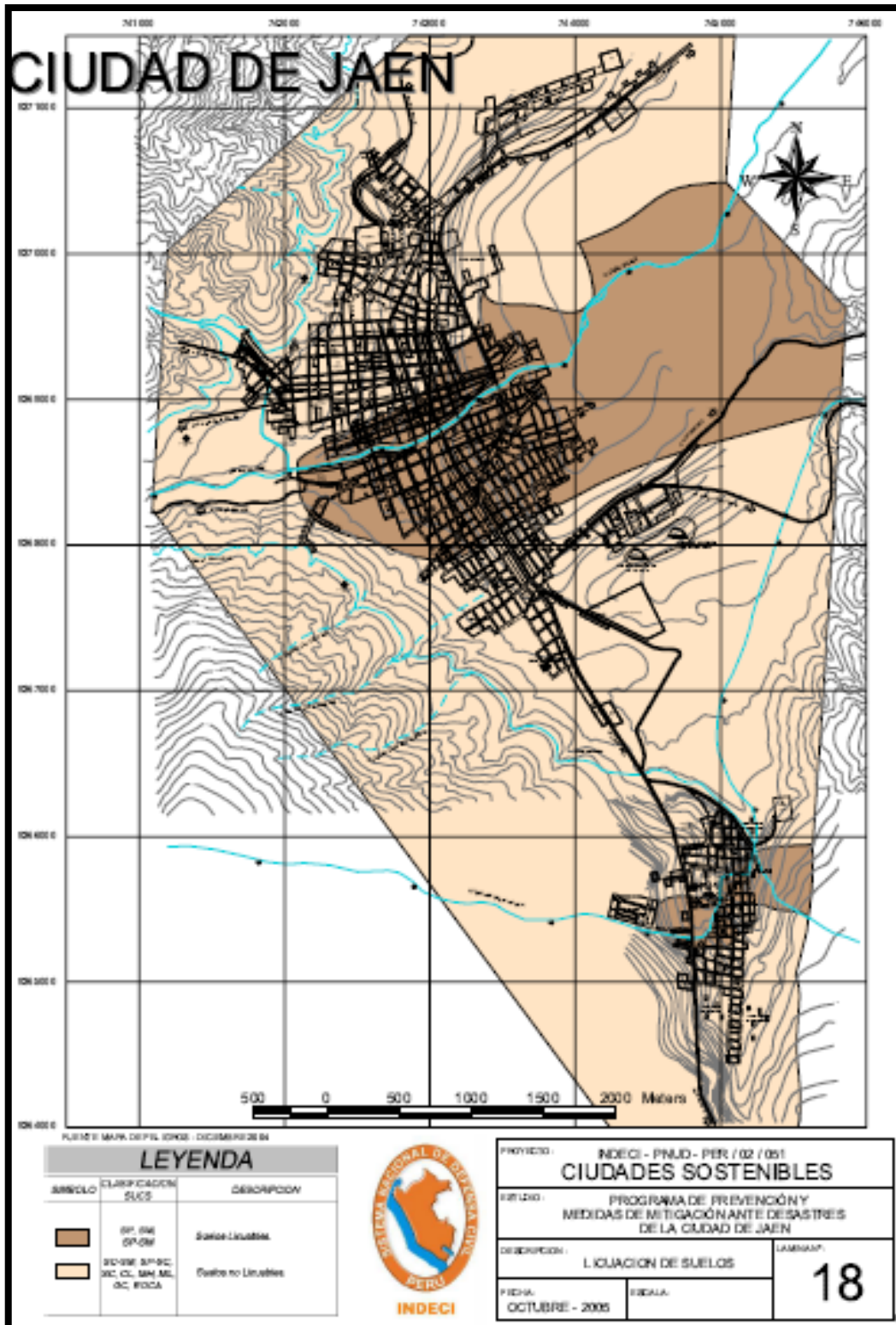


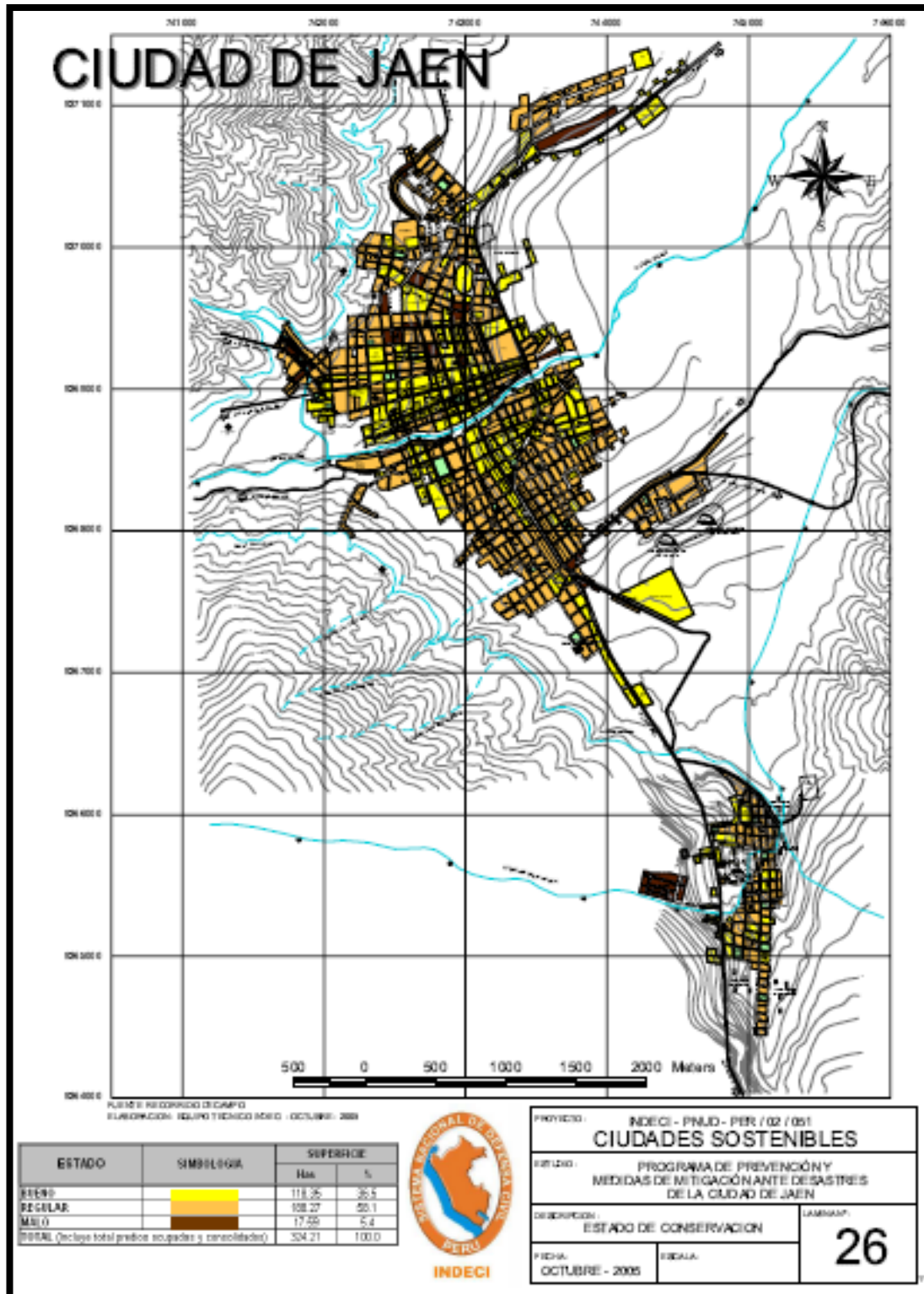


LEYENDA

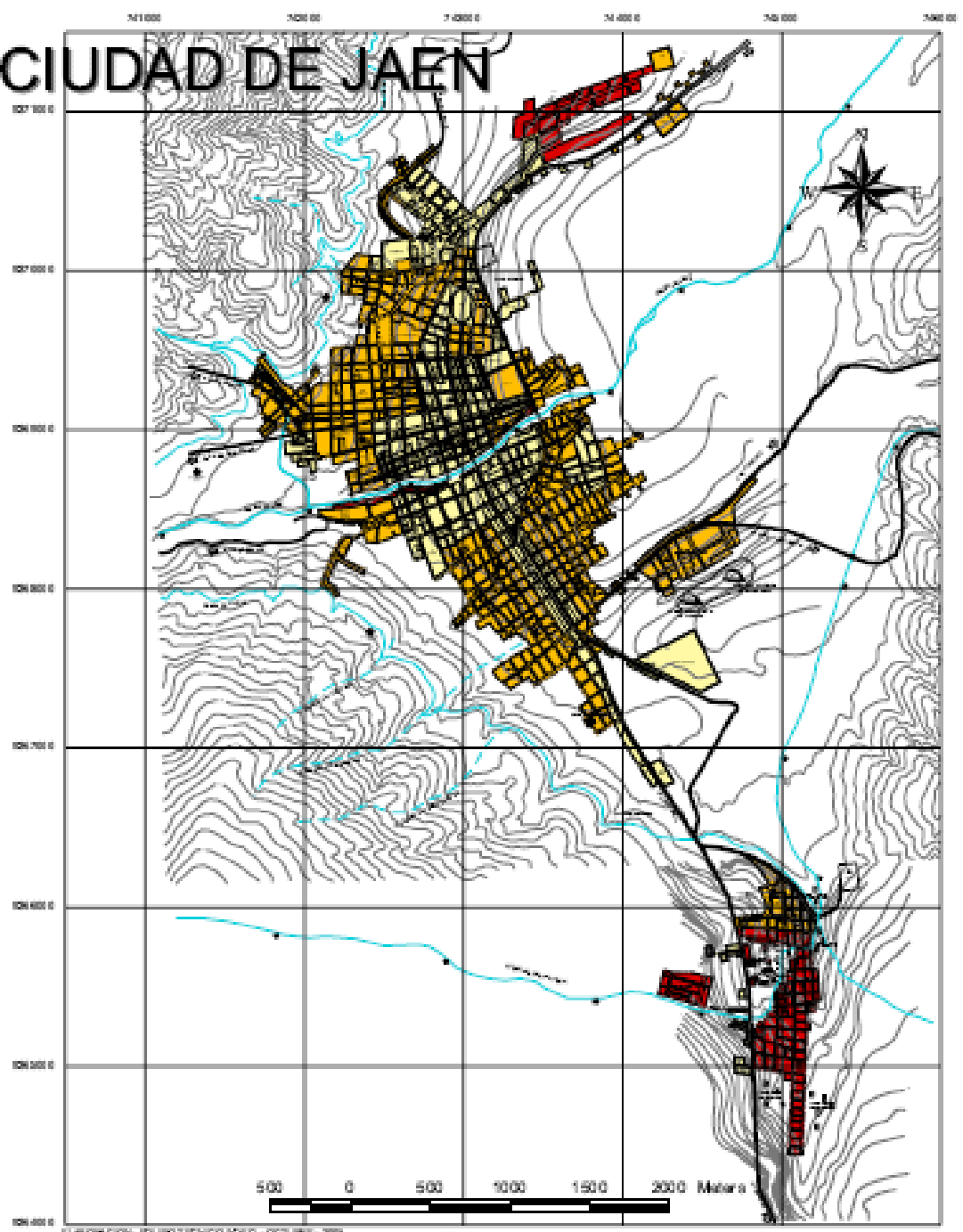
SECTOR	ÁREA (H)	CLASIFICACIÓN SUELO	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE GEOTECNICO
I	1000	BOCA	Riesgo	0.20 a 0.50
II	2000	GR. SUELO SP-BC	Áreas pobladas gravemente Áreas pobladas gravemente-riesgo	0.70 - 1.00
	3000	NO. AL. SUELO	Áreas arbores y Áreas libres Áreas sin suelo	1.10 - 1.20
III	4000	CL. M. M	Áreas urbanizadas de alta probabilidad. Cuid. Alt.	0.60 - 0.90







CIUDAD DE JAÉN



ELABORACIÓN: EQUIPO TÉCNICO INDECI - OCTUBRE - 2005

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	ARBY ALTA
	ALTA
	MEDA



PROYECTO: INDECI - PMUD - PER / 02 / 051	
CIUDADES SOSTENIBLES	
OBJETIVO: PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN ANTE DESASTRES DE LA CIUDAD DE JAÉN	
DESCRIPCIÓN: VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS DE ORIGEN GEOLÓGICO Y GEOLÓGICO CLIMÁTICO	LAMINAR:
FECHA: OCTUBRE - 2005	27

ANEXO 8.
**Resumen del estudio de
mecánica de suelos con
fines de cimentación
proyecto: “Reposición de
la infraestructura y
mobiliario IEP Alfonso
Villanueva Pinillos -
Jaén”**

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN
PROYECTO: REPOSICIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y MOBILIARIO
ESCOLAR IEP ALFONSO VILLANUEVA PINILLOS – JAÉN

1. INTRODUCCIÓN

Por encargo de la Gerencia Sub Regional Jaén, se han llevado a cabo los trabajos necesarios para desarrollar el estudio de Mecánica de Suelos que permita determinar los parámetros geotécnicos con fines de cimentación para el proyecto: “Reposición de infraestructura y mobiliario escolar IEP Alfonso Villanueva pinillos – Jaén”

El estudio expuesto en el presente Informe Técnico considera que la exploración y los ensayos de laboratorio efectuados, así como la aplicación de teorías de la Mecánica de Suelos han sido desarrollados con la finalidad de establecer las condiciones actuales de la estratigrafía del suelo y determinar los parámetros geotécnicos de la cimentación.

Los parámetros geotécnicos, se sustentan con los resultados de las investigaciones de Mecánica de Suelos: Excavaciones exploratorias, ensayos In Situ y ensayos de laboratorio.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La IEP Alfonso Villanueva pinillos, se ubica, en la calle mariscal castilla Cuadra 10 en la Ciudad de Jaén, Distrito y Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca, a una altitud media de 740msnm. Sobre un terreno con pendientes de 8 a 12% donde en la parte central se ha ejecutado un corte para la implantación de la infraestructura existente la cual será renovada.

Geológicamente el área de estudio se asienta sobre depósitos cuaternarios del tipo eluvio aluvial, compuestos mayoritariamente por suelos gravosos a arcillosos, húmedos de mediana plasticidad. Son precisamente éstos los suelos que sustentarán las nuevas edificaciones propuestas.

3. PROCESOS DE GEODINÁMICA

3.1.1 Geodinámica Interna.

3.1.1.1 Sismicidad

Se concluye que en el área sísmica de la zona de estudio, existe la posibilidad que ocurra un sismo de intensidad alta, además de acuerdo a la Norma Sismo Resistente E-030 y

Reglamento Nacional de Edificaciones (VIVIENDA – 2006), Jaén se ubica en la Zona 03 correspondiéndole una sismicidad de intensidad alta que implica la probable ocurrencia de sismos de grado VIII en la escala de Mercalli Modificada,

3.1.1.2 Riesgos de licuefacción (Licuación de arenas)

Para el presente caso, de acuerdo con las características de los suelos encontrados, y en concordancia con el “Mapa de Áreas de Licuación de Suelos en el Perú”, se puede afirmar que en el área en estudio no existe riesgo de licuación de suelos.

3.1.2 Geodinámica Externa.

En general el área se presenta estable, no existiendo riesgo de la ocurrencia de procesos de geodinámica externa tipo deslizamientos o derrumbes que pudieran afectar la infraestructura proyectada; sin embargo de lo antes señalado, se deberá proyectar un sistema de drenaje perimetral a las estructuras a construir, que permita evacuar adecuadamente las aguas pluviales.

4. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

Las investigaciones Geotécnicas realizadas se han basado en la ejecución de siete excavaciones manuales o calicatas las cuales alcanzaron una profundidad máxima de 2.80m y en las que no se ha detectado presencia del nivel freático; las excavaciones ejecutadas nos han permitido realizar algunos sencillos ensayos In Situ como el de densidad natural por el método del cono de arena, clasificación visual según SUCS, pruebas de plasticidad, etc., así como la obtención de muestras representativas de cada estrato, las que han sido procesadas para la determinación de las constantes físicas de los estratos muestreados; se obtuvieron muestras inalteradas para la ejecución de ensayos de Corte Directo, con cuyos resultados estamos en condiciones de determinar las presiones admisibles de los suelos de fundación.

4.1 Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos

Granulometría SUCS (ASTM-D-422), Humedad Natural (ASTM-D-216), Límite Líquido (ASTM-D-423), Límite Plástico (ASTM-D-424), Densidad Natural (Método del Cono de Arena), Densidad Natural (*) Método de la Parafina, Densidad Relativa (ASTM-D-2049), Corte Directo (*) (ASTM-D-3080), donde (*) es Muestra inalterada.

5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS-SECUENCIA ESTRATRIGRÁFICA

5.1.1 Calicata N° 01

Se ubicó a unos 12m al lado izquierdo del ingreso por la calle Mariscal Castilla.

- ✓ **De 0.00 a 1.50m.** Suelos areno arcillosos tipo SC.
- ✓ **De 1.50 a 2.10m.** Suelos arcillo arenosos tipo CL.
- ✓ **De 2.10 a 2.50m.** Suelos gravo arcillosos tipo GC.

A 1.50m de profundidad, mediante el ensayo de corte directo se obtuvieron Angulo de Fricción (ϕ) = 20.81° y Cohesión (C) = 0.245Kg./cm².

5.1.2 Calicata N° 02

Se ubicó a unos 12m al lado derecho del ingreso por la calle Mariscal Castilla.

- ✓ **De 0.00 a 0.90m.** Suelos areno arcillosos tipo SC.
- ✓ **De 0.90 a 1.50m.** Suelos gravo arcillosos tipo GC.
- ✓ **De 1.50 a 2.50m.** Suelos arcillo arenosos tipo CL.

A 1.50m de profundidad, mediante el ensayo de corte directo se obtuvieron Angulo de Fricción (ϕ) = 21.14° y Cohesión (C) = 0.29Kg./cm².

5.1.3 Calicata N° 03

Se ubicó a unos 40m en diagonal, al lado izquierdo del sector de ingreso por la calle Mariscal Castilla.

- ✓ **De 0.00 a 2.00m.** Suelos areno arcillosos tipo SC.
- ✓ **De 2.00 a 2.30m.** Suelos arcillo arenosos tipo CL.
- ✓ **De 2.30 a 2.80m.** Suelos arcillo arenosos tipo CL.

A 1.50m de profundidad, mediante el ensayo de corte directo se obtuvieron Angulo de Fricción (ϕ) = 24.07° y Cohesión (C) = 0.21Kg./cm².

5.1.4 Calicata N° 04

Se ubicó en la parte posterior de la actual dirección y a unos 45m del sector de ingreso por la calle Mariscal Castilla.

- ✓ **De 0.00 a 0.80m.** Suelos gravo arcillosos tipo GC.
- ✓ **De 0.80 a 1.50m.** Suelos areno arcillosos tipo SC.
- ✓ **De 1.50 a 2.50m.** Suelos arcillo arenosos tipo CL.

A 1.50m de profundidad, mediante el ensayo de corte directo se obtuvieron Angulo de Fricción (ϕ) = 22.13° y Cohesión (C) = 0.25Kg./cm².

5.1.5 Calicata N° 05

Se ubicó a unos 30m al norte de la calicata C-04 y a unos 45m del sector de ingreso por la calle Mariscal Castilla.

- ✓ **De 0.00 a 0.80m.** Suelos areno arcillosos tipo SC.
- ✓ **De 0.80 a 1.20m.** Suelos arcillo arenosos tipo CL.
- ✓ **De 1.20 a 1.90m.** Suelos gravo arcillosos tipo GC.
- ✓ **De 1.90 a 2.50m.** Suelos arcillo arenosos tipo CL.

A 1.50m de profundidad, mediante el ensayo de corte directo se obtuvieron Angulo de Fricción (ϕ) =34°.

5.1.6 Calicata N° 06

Se ubicó a unos 20m al nor-oeste del kiosco, en la parte alta del predio.

- ✓ **De 0.00 a 0.70m.** Suelos areno arcillosos tipo SC.
- ✓ **De 0.70 a 1.50m.** Suelos gravo limosos tipo GW-GM.
- ✓ **De 1.50 a 2.50m.** Suelos gravo limosos tipo GW-GM.

A 1.50m de profundidad, mediante el ensayo de corte directo se obtuvieron Angulo de Fricción (ϕ) =33°.

5.1.7 Calicata N° 07

Se ubicó en la parte posterior de las aulas ubicadas frente al patio principal y en la parte alta del predio

- ✓ **De 0.00 a 0.60m.** Suelos areno arcillosos tipo SC.
- ✓ **De 0.60 a 1.80m.** Suelos areno arcillosos tipo SC.
- ✓ **De 1.80 a 2.50m.** Suelos gravo arcillosos tipo GC.

A 1.50m de profundidad, mediante el ensayo de corte directo se obtuvieron Angulo de Fricción (ϕ) =25.02° y Cohesión (C) = 0.185Kg./cm²

6. PERMEABILIDAD

De acuerdo al tipo de suelos encontrados se ha establecido coeficientes de permeabilidad (K) entre 10⁻¹ a 10⁻⁴ cm/s indicativos de suelos de mediana permeabilidad.

7. ASENTAMIENTOS

CALICATA	μ	Es	lf	q	B	Si
		(Tn/m ²)	(cm/m)	(Tn/m ²)	(m)	(cm)
C-01	0.25	1500.00	112.00	12.70	1.50	1.33
C-02	0.25	1500.00	112.00	14.50	1.50	1.52
C-03	0.20	1500.00	112.00	13.90	1.50	1.49
C-04	0.25	1500.00	112.00	13.70	1.50	1.44
C-05	0.15	3000.00	112.00	13.00	1.50	0.71
C-06	0.15	3500.00	112.00	11.50	1.50	0.54
C-07	0.20	1500.00	112.00	13.60	1.50	1.46

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- ✓ En el sector donde se ejecutarán las obras, al nivel de cimentación, predominan suelos gravosos areno arcillosos, húmedos de mediana plasticidad y compacidad media.
- ✓ Los asentamientos máximos que podrían esperarse varían entre 0.54cm, a 1., los cuales se encuentran dentro de los rangos permisibles para la edificación proyectada (asentamiento máximo permitido = 2.54 cm.).
- ✓ En la zona del proyecto es posible la ocurrencia de sismos de grado VIII en la escala de Mercalli Modificada.

8.2 Recomendaciones

- ✓ Cimentar por debajo de 1.50 m de profundidad Df, en estos suelos se recomienda la utilización de estructuras de cimentación tipo zapatas continuas, o de lo contrario zapatas cuadradas con aplicación de vigas de cimentación que permitan asumir cualquier tipo de asentamiento diferencial al actuar la estructura como un solo conjunto.
- ✓ En todos los casos, el fondo de las zanjas de cimentación deberá estar libre de suelos sueltos o que hayan resultado disturbados tras el proceso constructivo al nivelar el terreno para alcanzar las cotas de cimentación del Proyecto; en tal sentido se deberá densificar convenientemente el terreno de fundación a una densidad equivalente al 100 % de la densidad Proctor Modificado obtenida en laboratorio.
- ✓ Se deberá considerar un bien diseñado sistema de drenaje pluvial, que permita una eficaz evacuación de las aguas de lluvia.

9. PANEL FOTOGRÁFICO



Foto N°01: Vista de C-1, en esta parte actualmente se ubica el Módulo VI.



Foto N°021: Vista de C-5, en esta parte actualmente se ubican los módulos IV y VIII.