



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Métodos cualitativos vs métodos analíticos en la determinación de la vulnerabilidad sísmica en una edificación tipo A. Comas-Lima-2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

García Villanueva, Jamil Edinson

<https://orcid.org/0000-0002-7499-0233>

Vasquez Cieza, Jhosmer Jhanderly

<https://orcid.org/0000-0003-3195-5355>

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes Raúl Antonio

<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Jamil García

A ti, mi único fan. Quien añoraba estar en mi graduación, pero dios te quiso a su lado pronto. Este logro es elevado al cielo en tu nombre, Miguel Armando García Arenas.

Querido padre.

Jhosmer Vasquez

A mis padres, por haberme forjado en un ambiente de trabajo, esfuerzo y valores; a todos mis amigos y colegas que fueron parte de mi crecimiento personal y profesional, todo lo que he logrado se lo debo a ustedes.

Agradecimiento

Jamil García

Junto a mi padre me han proporcionado todo y cada cosa que he necesitado. Tus enseñanzas las aplico cada día; de verdad que tengo mucho por agradecerte. Cada día tus esfuerzos son impresionantes y tu amor para mi es invaluable.

Te doy las gracias, madre.

Jhosmer Vásquez

Primeramente, a mi asesor el Ing. Raúl Pinto, por los consejos y asesoramientos muy acertados en todo el proceso de trabajo de esta investigación; además agradezco a todos mis colegas, familiares, docentes y amigos que contribuyeron con la investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	ix
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	34
3.1. Tipo y diseño de Investigación	34
3.2. Variables y operacionalización	35
3.3. Población, muestra y muestreo	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.5. Procedimientos.....	38
3.6. Métodos de análisis de datos	40
3.7. Aspectos éticos	40
IV. RESULTADOS	41
V. DISCUSIÓN.....	128
VI. CONCLUSIONES	131
VII. RECOMENDACIONES.....	133
REFERENCIAS.....	134
ANEXOS	140

Índice de tablas

Tabla 1	Escala de Vulnerabilidad de Benedetti para edificaciones de Mampostería.....	15
Tabla 2	Aceleración de los suelos para cada región sísmica.....	16
Tabla 3	Cuadro presentado por ASCE 2013 para determinar el tipo de suelo para el estudio del método.....	17
Tabla 4	Indicadores según el tipo de construcción FEMA P-154.....	17
Tabla 5	Detalle de las irregularidades verticales.....	18
Tabla 6	Irregularidades en planta.....	19
Tabla 7	Resultado de la vulnerabilidad sísmica en base de datos de índices...	20
Tabla 8	Clasificación de daño para estructuras de concreto.....	20
Tabla 9	Factores de Zona “Z”	21
Tabla 10	Clasificación de los Perfiles de Suelo.....	23
Tabla 11	Factor Suelo.....	23
Tabla 12	Periodos TP y TL.....	23
Tabla 13	Categorías de las Edificaciones y Factor Uso “C”	24
Tabla 14	Categoría y Sistemas Estructurales de las Edificaciones.....	25
Tabla 15	Sistemas Estructurales.....	26
Tabla 16	Irregularidades en altura.....	27
Tabla 17	Irregularidades Estructurales en Planta.....	28
Tabla 18	Categoría y regularidad de las Edificaciones.....	28
Tabla 19	Límites para distorsión del entrepiso.....	29
Tabla 20	Evaluación de nivel 1–Cartilla FEMA P – 54.....	48
Tabla 21	Interpretación de resultados para modulo A.....	49
Tabla 22	Interpretación de resultados para modulo A.....	49
Tabla 23	Calificación de daño para estructuras de concreto con muros modulo A.....	50
Tabla 24	Estimación final de vulnerabilidad para modulo A.....	50
Tabla 25	Evaluación de nivel 1 – Cartilla FEMA P-154 – Modulo B.....	51
Tabla 26	Evaluación de nivel 2 – Cartilla FEMA P-154 – Modulo B.....	52

Tabla 27	Interpretación de resultados para modulo B.....	52
Tabla 28	Calificación de daño para estructuras de concreto con muros modulo B.....	53
Tabla 29	Estimación final de vulnerabilidad para módulo B.....	53
Tabla 30	Estimación de calificación de la organización del sistema resistente del pabellón A y B.....	56
Tabla 31	Estimación de calificación de la calidad del sistema resistente del pabellón A y B.....	56
Tabla 32	Calificación de resistencia convencional del Módulo A.....	58
Tabla 33	Calificación de resistencia convencional del Módulo B.....	60
Tabla 34	Calificación de posición y cimentación del edificio del Pabellones A y B.....	61
Tabla 35	Calificación de diafragmas horizontales de Pabellones A y B.....	61
Tabla 36	Calificación de configuración en planta de Módulo A.....	62
Tabla 37	Calificación de configuración en planta de Módulo B.....	63
Tabla 38	Calificación de configuración en elevación de Módulo A.....	64
Tabla 39	Calificación de configuración en elevación de Módulo B.....	65
Tabla 40	Calificación de distancia máxima entre muros del Pabellón A y B.....	66
Tabla 41	Calificación de tipo de cubierta de Pabellones A y B.....	66
Tabla 42	Calificación de elementos no estructurales de Pabellones A y B.....	67
Tabla 43	Calificación de estado de conservación de Pabellones A y B.....	68
Tabla 44	Resultados finales de Índice de vulnerabilidad sísmica del módulo A del colegio primero de abril 2055.....	69
Tabla 45	Resultados finales de Índice de vulnerabilidad sísmica del módulo B del colegio primero de abril 2055.....	69
Tabla 46	Resumen de vulnerabilidad según Pabellón.....	70
Tabla 47	Cálculo de densidad de muros en Y.....	71
Tabla 48	Periodos de vibración.....	91
Tabla 49	Peso de edificación.....	93
Tabla 50	Verificación de Irregularidades en altura.....	94
Tabla 51	Verificación de Irregularidades en planta.....	94
Tabla 52	Derivas de entre piso para $R_x=3$	98

Tabla 53	Derivas de entre piso para $R_y=3$	98
Tabla 54	Derivas de entre piso para $R_x=8$	98
Tabla 55	Derivas de entre piso para $R_y=8$	99
Tabla 56	Valores de espectro de respuesta.....	100
Tabla 57	Verificación de la irregularidad torsional en $R_x=8$	106
Tabla 58	Verificación de la irregularidad torsional en $R_y=8$	106
Tabla 59	Verificación de la irregularidad torsional en $R_x=3$	107
Tabla 60	Verificación de la irregularidad torsional en $R_y=3$	107
Tabla 61	Derivas de entre piso para $R_x=3$	107
Tabla 62	Derivas de entre piso para $R_y=3$	107
Tabla 63	Derivas de entre piso para $R_x=8$	108
Tabla 64	Derivas de entre piso para $R_y=8$	108
Tabla 65	Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X $R_x=3$	108
Tabla 66	Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en Y $R_y=3$	108
Tabla 67	Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X $R_x=8$	108
Tabla 68	Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en Y $R_y=8$	109
Tabla 69	Cálculo de densidad de muros en Y.....	109
Tabla 70	Periodos de vibración Mod B.....	115
Tabla 71	Peso del Módulo B.....	115
Tabla 72	Verificación de Irregularidades en altura.....	116
Tabla 73	Verificación de Irregularidades en planta.....	116
Tabla 74	Derivas de entre piso para $R_x=3$	119
Tabla 75	Derivas de entre piso para $R_y=3$	119
Tabla 76	Derivas de entre piso para $R_x=8$	119
Tabla 77	Derivas de entre piso para $R_y=8$	120
Tabla 78	Verificación de la irregularidad torsional en $R_x=3$	124
Tabla 79	Verificación de la irregularidad torsional en $R_y=3$	124
Tabla 80	Verificación de la irregularidad torsional en $R_x=8$	124
Tabla 81	Verificación de la irregularidad torsional en $R_y=8$	124
Tabla 82	Derivas de entre piso para $R_x=3$	125
Tabla 83	Derivas de entre piso para $R_y=3$	125
Tabla 84	Derivas de entre piso para $R_x=8$	125

Tabla 85	Derivas de entre piso para $R_y=8$	125
Tabla 86	Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X $R_x=3$	125
Tabla 87	Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X $R_y=3$	126
Tabla 88	Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X $R_x=8$	126
Tabla 89	Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X $R_y=8$	126

Índice de figuras

Figura 1	Cinturón de fuego del Pacífico	12
Figura 2	Subducción de la Placa de Nazca sobre la Placa Continental.....	13
Figura 3	Ondas corporales y ondas superficiales de un sismo.....	14
Figura 4	Mapa de zonas sísmicas en el Perú.....	21
Figura 5	Procedimiento de trabajo.....	38
Figura 6	Ubicación de I.E. Primero de abril 2055.....	40
Figura 7	Fachada de I.E. Primero de abril 2055.....	40
Figura 8	Número y porcentaje de pabellones del colegio Primero de abril 2055 creados antes y después del año 1997.....	41
Figura 9	Aulas prefabricadas donde se realizan las actividades académicas.....	42
Figura 10	Imagen de fachada de Pabellón A del colegio Primero de Abril 2055.....	43
Figura 11	Imagen de fachada de Pabellón B del colegio Primero de Abril 2055.....	43
Figura 12	Muros de albañilería sin separación sísmica Pabellón A y B.....	44
Figura 13	Irregularidad por out of plane setback.....	45
Figura 14	Columna externa con exposición de acero en Pabellón A.....	45
Figura 15	Columna con fallas en el Módulo B.....	46
Figura 16	Columna interior expuesta en Módulo B.....	46
Figura 17	Columna interior con falla estructural grave en Pabellón B.....	47
Figura 18	Primer Nivel del Módulo A – Colegio Primero de Abril – 2055.....	54
Figura 19	Segundo Nivel del Módulo A – Colegio Primero de Abril – 2055.....	54
Figura 20	Primer Nivel del Módulo B – Colegio Primero de Abril – 2055.....	55
Figura 21	Segundo Nivel del Módulo B – Colegio Primero de Abril – 2055.....	55
Figura 22	Cálculo de resistencia convencional módulo A.....	57
Figura 23	Cálculo de resistencia convencional módulo B.....	59
Figura 24	Plano de relación a/L de Módulo A.....	62
Figura 25	Plano de relación a/L de Módulo B.	63
Figura 26	Inclinación de cubierta (losa aligerada) y viga principal.....	67

Figura 27	Configuración de grillas de planta.....	72
Figura 28	Configuración de grillas en altura de entresuelo.....	73
Figura 29	Grillas de edificación en planta y altura.....	73
Figura 30	Propiedades del concreto.....	74
Figura 31	Propiedades del concreto.....	74
Figura 32	Propiedades de acero.....	75
Figura 33	Propiedades de acero.....	75
Figura 34	Propiedades de la albañilería.....	76
Figura 35	Propiedades del concreto en el aligerado.....	77
Figura 36	Propiedades del concreto en aligerado.....	78
Figura 37	Asignación de sección para la columna P-1.....	79
Figura 38	Asignación de sección para la columna P-2.....	80
Figura 39	Asignación de sección para la columna P-3.....	80
Figura 40	Asignación de sección para la columna P-4.....	81
Figura 41	Asignación de sección para la columneta.....	81
Figura 42	Asignación de sección para viga IV-I.....	82
Figura 43	Asignación de sección para viga VA-2.....	82
Figura 44	Asignación de sección para viga VA-I.....	83
Figura 45	Asignación de sección para viga V-15x30.....	83
Figura 46	Asignación de sección para pórtico A.....	84
Figura 47	Asignación de sección para aligerado x.....	84
Figura 48	Asignación de sección para albañilería tipo Cabeza.....	85
Figura 49	Asignación de sección para albañilería tipo sogá.....	85
Figura 50	Planta de primer nivel en Etabs 2016.....	86
Figura 51	Planta del segundo nivel en Etabs 2016.....	86
Figura 52	Visualización 3D del modelado en Etabs 2016 y discretización.....	87
Figura 53	Asignación de masa sísmica para una edificación tipo A.....	88
Figura 54	Asignación del Caso Modal.....	89
Figura 55	Revisión de modelado.....	90
Figura 56	Verificación de no errores de modelado.....	91
Figura 57	Primer modo de vibración traslacional X.....	92
Figura 58	Segundo modo de vibración rotacional Z.....	92

Figura 59	tercer modo de vibración traslacional Y.....	93
Figura 60	Definición de carga sísmica estática mediante el uso de coeficientes.....	95
Figura 61	Carga sísmica estática con excentricidad positiva para $R_x=3$	96
Figura 62	Carga sísmica estática con excentricidad positiva para $R_y=3$	97
Figura 63	Carga sísmica estática con excentricidad positiva para $R_x=8$	97
Figura 64	Carga sísmica estática con excentricidad positiva para $R_y=8$	98
Figura 65	Asignación de espectro de respuesta.....	99
Figura 66	Espectro básico psicodinámico elástico.....	101
Figura 67	Espectro Pseudodinámico elástico básico.....	102
Figura 68	Espectro Pseudodinámico elástico básico y amplificado $R_{x,y}=3$	102
Figura 69	Espectro Pseudodinámico elástico básico y amplificado $R_{x,y}=8$	103
Figura 70	Asignación del caso de carga dinámico.....	104
Figura 71	Asignación del caso de carga $R_x=3$ con su espectro y factor amplificador.....	104
Figura 72	Asignación del caso de carga $R_y=3$ con su espectro y factor amplificador.....	105
Figura 73	Asignación del caso de carga $R_x=8$ con su espectro y factor amplificador.....	105
Figura 74	Asignación del caso de carga $R_y=8$ con su espectro y factor amplificador.....	106
Figura 75	Configuración de grillas de planta.....	110
Figura 76	Configuración de grillas en altura de entrepiso.....	110
Figura 77	Grillas de edificación en planta y altura.....	111
Figura 78	Resultados de configuración de características físicas de los elementos.....	111
Figura 79	Planta de primer nivel en Etabs 2016.....	112
Figura 80	Planta del segundo nivel en Etabs 2016.....	112
Figura 81	Visualización 3D del modelado en Etabs 2016 y discretización.....	113
Figura 82	Asignación de masa sísmica para una edificación tipo A-Mod B.....	113
Figura 83	Asignación del Caso Modal Mod-B.....	114

Figura 84	Carga sísmica estática con excentricidad positiva para $R_{x,y}=3$	118
Figura 85	Carga sísmica estática con excentricidad positiva para $R_{x,y}=8$	119
Figura 86	Figura 86: Espectro Pseudodinamico elástico básico y amplificado $R_{x,y}=3$	120
Figura 87	Espectro Pseudodinamico elástico básico y amplificado $R_{x,y}=8$	121
Figura 88	Asignación del caso de carga dinámico.....	121
Figura 89	Asignación del caso de carga $R_x=3$ con su espectro y factor amplificador.....	122
Figura 90	Asignación del caso de carga $R_y=3$ con su espectro y factor amplificador.....	122
Figura 91	Asignación del caso de carga $R_x=8$ con su espectro y factor amplificador.....	123
Figura 92	Asignación del caso de carga $R_y=8$ con su espectro y factor amplificador.....	123

Resumen

La presente investigación realiza un análisis de vulnerabilidad sísmica por métodos cualitativos como el FEMA P – 154 y el de índice de vulnerabilidad Sismica de Benedetti y Petrini, además de métodos analíticos como el método de análisis sísmico estático y el dinámico modal espectral en dos módulos de la I.E. primero de abril 2055 ubicado en el distrito de Comas – Lima – 2021.

La metodología utilizada es de tipo aplicada, se usaron métodos cualitativos y analíticos y técnicas como análisis de documentos y observación directa, además de inspecciones de campo y ensayos de mecánica de suelos y ensayos de determinación de resistencia de elementos estructurales (diamantina).

Entre los resultados más relevante se obtuvo que tanto por el método de FEMA P – 154 y por el de índices de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini se encontró que el 100% de los pabellones evaluados tienen una vulnerabilidad alta. Respecto al método analítico que corresponde al análisis sísmico estático y dinámico, se obtuvo que el módulo A presenta una vulnerabilidad media debido a que las derivas y desplazamientos obtenidos no superaban las máximas permitidas, pero si alcanzan un 50% de dicha deriva inelástica, las cuales están delimitadas por la E.030. Por otro lado, el módulo B presentó una vulnerabilidad alta expresado en su deriva, la cual superaba la máxima permitida tanto en albañilería y concreto en el eje X, de igual manera el desplazamiento absoluto presentado en dicho pabellón superó los 5 cm para el mismo eje. Finalmente, se da a conocer la conclusión de la presente investigación la cual indica que el nivel de vulnerabilidad determinado por los métodos cualitativos y analíticos indica un 100% y 80% de vulnerabilidad sísmica respectivamente de los módulos evaluados (A y B).

Palabras clave: Vulnerabilidad Sismica, métodos, sismos.

Abstract

The present research performs an analysis of seismic vulnerability by qualitative methods such as FEMA P - 154 and Benedetti and Petrini's seismic vulnerability index, as well as analytical methods such as the static seismic analysis method and the dynamic modal spectral method in two modules of the I.E., primero de Abril 2055 located in the district of Comas - Lima - 2021.

The methodology used is applied, qualitative and analytical methods and techniques such as document analysis and direct observation were used, as well as field inspections and soil mechanics tests and tests to determine the resistance of structural elements (diamantine).

Among the most relevant results, the FEMA P-154 method and the Benedetti and Petrini vulnerability index method showed that 100% of the pavilions evaluated have a high vulnerability. Regarding the analytical method that corresponds to the static and dynamic seismic analysis, it was found that module A presents a medium vulnerability because the drifts and displacements obtained did not exceed the maximum allowed, but reach 50% of such inelastic drift, which are delimited by the E.030. On the other hand, module B presented a high vulnerability expressed in its drift, which exceeded the maximum allowed in both masonry and concrete in the X axis, likewise the absolute displacement presented in this pavilion exceeded 5 cm for the same axis. Finally, the conclusion of the present investigation is presented, which indicates that the level of vulnerability determined by the qualitative and analytical methods indicates 100% and 80% of seismic vulnerability, respectively, of the evaluated modules (A and B).

Keywords: Seismic vulnerability, methods, earthquakes.

I. INTRODUCCIÓN

En el año 1970 surgió la necesidad de poder predecir los sismos de grandes magnitudes, problema que fue resuelto por los grandes científicos logrando el primer Mapa de sismicidad mundial, el cual permitió conocer la ubicación geográfica donde ocurre la mayor actividad sísmica del planeta. Este aporte permitió conocer el cinturón de fuego del pacífico. En esta zona, la Tierra libera alrededor de un 80% de la energía acumulada en su interior en forma de sismos y actividad volcánica.

Según lo que plantea el investigador mexicano Gabriel Salazar – Arbelaez, cada año suceden 500.000 terremotos detectables, las cuales solo 100 de estos son peligrosos para las edificaciones. Además de ello, referido a la población se ha estimado que estos eventos naturales han dejado alrededor de 1.87 millones de muertos, teniendo como promedio 2052 fallecidos cada año.

Referido a las instituciones escolares, Oscar A. López resume los daños ocasionados por la actividad telúrica en los últimos 75 años, tomando como referencia 24 terremotos significativos a nivel mundial. En 1933 ocurrió un evento histórico que daría un cambio drástico al diseño y construcción de las escuelas de California, debido a que se presentó un sismo de 6.3 grados en Long beach el cual dejó 70 escuelas destruidas, dejando en evidencia la vulnerabilidad estructural que tenían estas edificaciones; afortunadamente esto sucedió fuera del horario de clases lo que salvó muchas vidas. Skopje (Macedonia) sufrió un caso notable en 1963 (M=6,1) que dejó el 57% de las escuelas colapsadas provocando la interrupción masiva de la educación de la ciudad y del país. El terremoto de 1995 (M=6,9) en Kobe dejó como consecuencia daño estructural y no estructural en aproximadamente 4.500 planteles, además de ello se vieron afectados 54 edificios a consecuencia del colapso de estas instituciones, dejando como consecuencia la necesidad de derribar y reconstruir estos 54 edificios ya que fueron gravemente dañados. En el condado de Nantou, Taiwán, se tuvo que invertir 1.3 millardos de dólares para la reconstrucción y reparación de instituciones escolares a consecuencia del mismo del 1999 (M=7,6), que dejó 140 de 189 colegios gravemente dañados. Otro caso se refleja en El salvador en 2001 con una magnitud de 7.6, provocando el colapso de 85 escuelas y otras 276 sufrieron daños serios.

Por último, los eventos sísmicos más notables en los últimos años se reflejan en Pakistán y en China con la incidencia de 17000 escuelas derrumbadas con 19000 niños fallecidos y 6900 edificios escolares con 80000 muertos en 2005 y 2008 respectivamente.

Por otro lado, entre los países más vulnerables a sufrir un evento telúrico de alta intensidad está Perú, debido a que su ubicación geográfica se encuentra donde se ejerce el fenómeno conocido como subducción, fenómeno desarrollado por la placa de Nazca que provoca los sismos.

La fosa oceánica y la cordillera de los Andes ubicada entre Perú y Chile están íntimamente relacionados con fenómenos de carácter telúrico como la interacción de placas tectónicas, que cuyo resultado es precisamente el proceso orogénico de los Andes. En la zona costera del Perú, se produce actividad sísmica de manera frecuente, sobre todo en la región de Arequipa, esta actividad telúrica se suele presentar cada 100 años dejando la destrucción de muchas edificaciones e incluso ciudades completas del país. Cabe mencionar que, Lima se encuentra ubicado en un punto cercano al epicentro de los últimos sismos, de alta magnitud, registrados hasta la fecha, además de ellos se debe considerar que hace más de 200 años hay un silencio sísmico en el Perú. Es por esta razón que, el CISMID-UNI ha estimado, según investigaciones, que se espera un terremoto de 8, 9 o más dentro de la escala de Richter. Cuando ocurren estos desastres naturales, las personas se refugian en los colegios por su gran espacio y accesibilidad. Es aquí donde se presenta la gran importancia de garantizar la seguridad estructural de estas edificaciones, durante y después de los sismos.

Pacori (2019), realizaron una investigación a los colegios modernos del Perú, para evaluar su desempeño sismorresistente. En dicha investigación se analizaron instituciones construidas antes y después de la norma de diseño sismorresistente del 97, estas 2 categorías de edificios dieron como resultado que los colegios ejecutados bajo dicha norma mostraron un adecuado comportamiento durante el terremoto del 2001 ($M=8,4$). Por otro lado, los colegios ejecutados antes de la vigencia de esta norma presentaron vulnerabilidad en su estructura. Esto se ve reflejado en la investigación de Oscar A. López, indicando que en 1970 el Perú sufrió un evento sísmico de magnitud 7.7, dejando 6730 colegios colapsados y 70000 fallecidos. Después de este incidente en 1996 se presentó otro sismo de 7.5,

dejando 93 colegios seriamente dañados, pero afortunadamente no hubo víctimas. Al reflejarse esta situación, el Perú puso de manifiesto que la norma de diseño sismorresistente del 1977 era insuficiente para asegurar la seguridad estructural de las escuelas y la de sus usuarios, lo que dio lugar a una nueva norma en 1997, bastante más exigente, lo que ofreció resultados más favorables teniendo edificaciones más seguras a sismos, como fue demostrado en el 2001 en la ciudad de Arequipa después de un terremoto de 7.9 grados que no dejó edificios colapsados ni gravemente dañados.

La presente investigación está enfocada en realizar un análisis comparativo de vulnerabilidad sísmica entre métodos empíricos cualitativos de visualización y puntaje; y métodos cuantitativos con modelos matemáticos mediante un análisis sísmico estático y un análisis sísmico dinámico. Para poder realizar este estudio, primero se hará un ensayo no destructivo in situ para obtener las propiedades mecánicas concreto y así poder ingresarlo al software de análisis, dicho ensayo es denominado diamantina.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se plantea el problema: ¿Cómo establecer el grado de vulnerabilidad sísmica de una edificación tipo A mediante métodos cualitativos y analíticos Comas, Lima-2021? Asimismo, se tienen los siguientes problemas específicos: ¿Cuál será el grado de vulnerabilidad sísmica de una edificación tipo A aplicando métodos cualitativos Comas, Lima-2021? ¿Cómo será el análisis sísmico estático de una edificación tipo A Comas, Lima-2021? ¿Cómo será en análisis sísmico dinámico de una edificación tipo A Comas, Lima-2021?

En el siguiente apartado se expone las razones por las cuales se pretende realizar la investigación: Justificación práctica, esta investigación se realizará debido a que en los últimos años se ha hecho evidente la vulnerabilidad de las edificaciones ante un movimiento telúrico, teniendo en cuenta que el Perú está en un silencio sísmico de 2 siglos; justificación teórica, la presente investigación dará a conocer la diferencia de los métodos planteados aplicados al análisis de vulnerabilidad sísmica, brindando conocimiento a la comunidad académica del grado de confiabilidad de un método con respecto del otro; Justificación metodológica, Se implementará una evaluación mediante 2 metodologías de vulnerabilidad, de las cuales una será visual y otra matemática, para de esta manera verificar cual es el más acertado a la realidad para un posible reforzamiento de la estructura estudiada;

Justificación Social, La investigación es realizada por la principal razón de garantizar la seguridad a los habitantes de las edificaciones tipo A que cuentan con más de 50 años de antigüedad o de las que fueron construidas sin un asesoramiento de un profesional, ya que la vigente norma de sismorresistente exige que estas edificaciones deben seguir operando después de un movimiento sísmico.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se plantea como objetivo general: Establecer el grado o nivel de vulnerabilidad sísmica en una edificación tipo A mediante métodos cualitativos y analíticos Comas, Lima-2021. De esta manera se obtienen los objetivos específicos siguientes: Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de una edificación tipo A aplicando métodos cualitativos Comas, Lima-2021; Realizar el análisis sísmico estático de una edificación tipo A Comas, Lima-2021; Realizar en análisis sísmico dinámico de una edificación tipo A Comas, Lima-2021 Dejando en claro el tema a investigar, se plantea la hipótesis general: La vulnerabilidad sísmica de la edificación tipo A en estudio es moderada, mediante métodos cualitativos y analíticos Comas, Lima-2021. Así mismo, se indican las hipótesis específicas: Se obtiene un grado de vulnerabilidad sísmica moderado para la edificación tipo A aplicando métodos cualitativos Comas, Lima-2021; Se obtienen los parámetros que definen el comportamiento sísmico estático de una edificación tipo A Comas, Lima-2021; Se obtienen los parámetros que definen el comportamiento sísmico dinámico de una edificación tipo A Comas, Lima-2021.

II. MARCO TEÓRICO

Arevalo (2020) Presenta su investigación con el objetivo general de calcular la vulnerabilidad sísmica en viviendas construidas de manera informal en el A.H. San José, de acuerdo a reglamentación vigente. La metodología aplicada presenta un enfoque de carácter cualitativo desarrollando unas fichas de reporte y de forma cuantitativa mediante un modelamiento sísmico en ETABS 2016, de acuerdo a los datos recolectados en campo. Los resultados encontraron que el 100% de edificaciones que forman parte del análisis tienen una vulnerabilidad alta. Por otra parte, se encontró el riesgo sísmico, en el cual el 100% de las viviendas analizadas están en un rango alto. Las conclusiones a las que se llegó en esta investigación es que la aplicación de estos procedimientos tanto cualitativos como analíticos, nos permiten determinar la vulnerabilidad sísmica existente en estructuras, que de alguna manera están comprometidas ante la presencia de un evento telúrico.

Flores (2016) tiene como objetivo general en su investigación; realizar una evaluación de Vulnerabilidad, Riesgo y Peligro Sísmico en edificaciones tipo C producto de la autoconstrucción (construcción informal), mediante la aplicación de fichas de reporte y encuesta elaboradas por la PUCP. Material y métodos: para la recolección de información sobre las construcciones (viviendas) mencionadas se consideraron 25 viviendas. La recolección de datos de campo se mediante fichas de encuesta, basadas en una metodología cualitativa. Posteriormente se procesan las fichas y se calcula la vulnerabilidad, el riesgo y el peligro sísmico. Resultados: referente a los análisis analítico y cualitativo se encontró lo siguiente: existe una vulnerabilidad sísmica alta del 56% y media en un 44%; de estos se hallaron que los principales factores que influyeron son lo que viene a ser la cantidad de muros y la calidad del proceso constructivo. Referente al peligro sísmico tenemos un rango medio al 100%; y el riesgo sísmico hallado fue de alto en un 56% y medio en un 44%. Se llegó a la conclusión de que la inadecuada configuración estructural en los muros, el tema de la mano de obra inadecuada en términos de calidad y la sismicidad alta de la zona son los factores más incidentes en el tipo de viviendas que se evaluaron. Y se resalta la importancia del uso de las fichas y los métodos de evaluación en la determinación de vulnerabilidad sísmica en caso de sismos.

Arteaga (2016) la investigación tiene como objetivo general: Evaluar y Analizar las malas prácticas desarrolladas en construcciones de piedra, madera, cal, adobe y ladrillo cocido que perjudiquen que aporten a su vulnerabilidad sísmica del patrimonio central de Cuenca – Ecuador. Para el caso de este se desarrollará la metodología de evaluar de manera cualitativa la vulnerabilidad sísmica, mediante métodos aceptados por la comunidad científica y que estén normados. Además de realizarse un cálculo de cargas estática en el rango elástico. Tiene como resultados una alta vulnerabilidad a sismo, situación que se refleja en la realidad física de la edificación en mención. Sus irregularidades en planta, irregularidades verticales, sus condiciones arquitectónicas, su ciclo de vida útil, la ausencia de mantenimiento y la zona sísmica en la que se encuentra hacen que tenga una vulnerabilidad sísmica alta. Por último, la investigación tiene como conclusión que el índice de daño y la vulnerabilidad sísmica que se desprenden de métodos cualitativos son aspectos fundamentales en el estudio del patrimonio edificado en la ciudad en mención, para que se pueda contar con una data de respaldo preciso antes un evento telúrico de gran magnitud, y para de alguna manera para proponer soluciones en cuanto a temas de rehabilitación y mantenimiento de estructuras.

Quiroz (2017) tiene como objetivo general: contribuir a la mejora de la seguridad en instituciones educativas mediante el estudio y análisis de la vulnerabilidad sísmica, determinando la respuesta no lineal del colegio de 2 y 3 niveles para así identificar el grado de vulnerabilidad de la institución y poder proponer una mejora estructural. Para poder identificar esta vulnerabilidad que está en función del desempeño sísmico se planteó una metodología de cálculo, la cual desarrolla modelos matemáticos para obtener la respuesta estructural y así identificar el daño sísmico y la vulnerabilidad a la que se encuentra expuesta, lo que corresponde básicamente a un método de análisis analítico según lo concebido en la presente investigación; como resultados se tuvo que la metodología propuesta es adecuada para realizar para el cálculo de vulnerabilidad sísmica; como conclusiones tenemos que referente a este análisis donde se considera parámetros en el rango elástico B1 para el caso de módulos de dos y tres pisos varían dependiendo al tipo de suelo, mientras que en el caso de los parámetros B2 se mantienen constantes.

Alzate (2017) presenta su investigación con el objetivo general: Analizar edificaciones dentro de los grupos III y IV, según la NSR-10 para determinar su

vulnerabilidad estructural, ubicados al rededor del municipio de Viterbo. Esta investigación es de carácter descriptiva ya que su enfoque busca interactuar con las estructuras fundamentales del mencionado distrito. Resultados: Para el desarrollo de esta actividad se evaluaron edificaciones en conformidad con el literal A.2.5.1.2 de la NSR-10 donde se buscaron los grupos de edificaciones indispensables presentes en la zona urbana del municipio de Viterbo con el requisito de que estuviesen a cargo de entidades gubernamentales, luego se clasificaron las edificaciones pertenecientes a los grupos de salud, educación, centros sociales, centros de respuesta a emergencias y entidades del gobierno, en donde se eligió una edificación por cada uno de estos grupos, teniendo como resultado que el 20% de las edificaciones cuentan con una vulnerabilidad alta, sin embargo el 80% restante se consideró con vulnerabilidad media, con lo que se concluye que el total de las edificaciones estudiadas presentan vulnerabilidad en cierta medida. Conclusiones: El 60% de las edificaciones estudiadas (Estación de Bomberos, Colegio La Milagrosa y Plaza de Mercado) cuentan tanto con irregularidad en planta y en altura, características inherentes que afectan un buen comportamiento estructural. El 100% de las edificaciones se encuentran ausentes de planos estructurales, lo que evidencia una deficiencia en la planeación del crecimiento del municipio.

Caballero (2018) Presenta su investigación con el objetivo general: Implementar la metodología de cálculo del índice de vulnerabilidad para determinar la vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Sincelejo, usando un sistema de ubicación geográfica (SIG) que correspondería a un análisis de carácter analítico por el método de análisis dinámico tiempo historia. Metodología: La metodología empleada para la investigación en mención es la analítica, que consiste en un análisis con un modelo matemático en un software como el ETABS o SAP 2000, en dichos programas se realizarán análisis tiempo historia. De igual forma se ha tomado en cuenta los métodos cualitativos FEMA 178, ATC-14, ATC-21, y finalmente el índice de la vulnerabilidad. Como resultado se determinó que la mayoría de las edificaciones existentes en el sector en estudio, nos arrojan resultados de comportamientos regulares, inclusive, varias obtuvieron un adecuado comportamiento, esto se debió principalmente a los diseños y a los materiales con las que fueron ejecutados. El problema más recurrente encontrado es relacionado

a mantenimientos. Finalmente se llegó a la conclusión que muchas edificaciones han sido construidas incumpliendo principios básicos sismorresistentes indicados por normativa nacional, y de alguna manera con técnicas de construcción empíricas; también en el caso de estructuras que presentan problema en diseño y construcción, esto las convierte en estructuras vulnerables. Y la conclusión más importante a la que se llegó fue que la comparación de métodos analíticos y cualitativos, ayudan y facilitan a un análisis final para dar resultados precisos en el cálculo de vulnerabilidad en edificaciones.

Choqueza y Molluni (2018) Presentan su investigación con el objetivo general de evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica de los centros educativos de concreto armado en el distrito de Ocuvi. Para ello se implementa una metodología probabilística, mediante la generación de curvas de fragilidad, las cuales representan gráficamente la vulnerabilidad sísmica de una edificación expuesta a diferentes grados de sismo, dicha metodología es propuesta por HAZUS-FEMA. Como resultado se obtuvo que la vulnerabilidad sísmica que tiene una edificación puede ser obtenida mediante curvas de fragilidad, ya que brinda resultados razonables frente a diversas solicitaciones sísmicas. Por último, la conclusión que muestra el trabajo es que hay una necesidad de explorar el problema de la evaluación de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones esenciales, desde un punto probabilístico a través de un análisis dinámico lineal.

Babilon (2018) Presenta su proyecto con el objetivo general de emplear el método italiano y el Método Colombiano de determinación sísmica en Instituciones Educativas ubicadas en el Distrito de Túcume. Para el trabajo en mención se ha aplicó la metodología de desarrollar dos metodologías cualitativas; siendo estos el Método Italiano referente a los índices de vulnerabilidad Sísmica y el Método Colombiano del AIS, los métodos mencionados se aplicaron a dos Instituciones educativas en el Distrito de Túcume. En cuanto a la I.E Publica "Federico Villarreal" se obtuvo como Resultado una vulnerabilidad baja en un 100% por el método colombiano y por el método italiano. Por último, se llegó a la Conclusión de que las metodologías cualitativas aplicadas resultaron ser adecuadas para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica. De la misma manera se determinó que el método más acertado a la realidad de campo fue el método italiano.

Ferreira, Maio and Vicente (2017) have as general objective to calibrate and apply an approach oriented to the assessment of the seismic vulnerability of old buildings within the city of Horta, on the island of Faial. For this, the Methodology proposed in the present research has mainly an approach at the level of GNDT II of 94, which is responsible for developing the assessment of seismic vulnerability of buildings constructed of masonry, through an observation of damage after earthquakes occurred, and the collection of data in surveys covering a significant amount of elements, focusing on the most relevant characteristics that define the damage in buildings. The original formulation of the index was applied to a sample of 90 buildings. The results obtained were a vulnerability index value of 32.05 with a standard deviation of 10.96. Also, it was found that 27% of the buildings submitted for assessment have a vulnerability index amounting to 40 and approximately 17% higher values 16.6% have a vulnerability index lower than 20 and the minimum and maximum I value obtained were, respectively, 11 and 57. In conclusion, all seismic vulnerability studies based on macro-seismic approaches often play a very important role, even more so when dealing with heritage built by a society in regions historically prone to earthquakes.

The research carried out by Ishack, Bhattacharya and Maity (2021) has the general objective of observing the limitations of RVS methods through an applicative survey to the municipality of Kharagpur, in addition to studying the irregularities of the structures to obtain the seismic vulnerability of the buildings and propose an improvement in the development of rapid visual detection. To achieve this, the methodology of a Seismic Vulnerability Indicator was applied, since it is suitable for comparing and evaluating different buildings with different irregularities. This is developed as a function of mass, geometric irregularity and stiffness. As a result, current rapid visual detection methods do not allow for a comparison between irregular buildings. In addition, previous studies indicated that the amount of irregularities existing in the vertical project affects its seismic response. Therefore, it is necessary to consider this in the analysis of RVS methods. Finally, it is concluded that; The RVS method indicates that the same score was obtained between regular and irregular buildings, evidencing the absence of consideration of irregular buildings that increase their demand to seismic impact.

Ramírez (2020) has the main objective of implementing a seismic vulnerability analysis method for traditional wooden buildings with masonry located in historic urban centers of Valparaíso, Chile. The methodology applied to this research consists of a hybrid seismic vulnerability assessment method, based on the development of non-linear analyzes of representative typologies of wooden and masonry buildings and the subsequent definition of relevant VIM forms. Having applicative results for being a method under development, indicating this that for the study to be possible it is necessary to know the physical and mechanical characteristics of the place where the method is applied. Thus, it is concluded that large-scale seismic risk mitigation requires a more extensive study of urban territories, hazards and vulnerability of elements exposed to an earthquake.

En la presente investigación se tendrán en consideración las siguientes bases teóricas:

La definición principal que se tiene que tener en claro es el término de vulnerabilidad sísmica, para esto, Leónidas (2007) nos menciona que la vulnerabilidad sísmica viene a ser el nivel o grado en la que un sistema, sea este de carácter social o natural es sujeto a tener daños por efecto de movimientos sísmicos o cualquier otro fenómeno que puede estar asociado a este último. El término vulnerabilidad como tal, la entendemos en función de 3 parámetros; uno que es la manera de actuar de los individuos que están dentro del sistema, el segundo, que es la sensibilidad que pueda tener la estructura como tal, y por último, que es el grado o nivel de exposición que tiene la estructura al fenómeno antes mencionado (p.87).

Por otro lado, tenemos que para Vizconde (2004) nos menciona cuando se suscita un evento telúrico, ésta muestra una determinada intensidad, la que causará un evidente daño, este grado o nivel de daño que pueda causar la consideraremos como vulnerabilidad sísmica de la estructura como tal, algo a tener en cuenta es que también dependerá de un factor importantísimo como lo es la peligrosidad sísmica, que es un punto adicional para poder encontrar el riesgo sísmico de cualquier sistema funcional. La vulnerabilidad sísmica a la vez está dividida en tres ramas: uno que es la vulnerabilidad funciona, el segundo corresponde a la vulnerabilidad estructural y por último la vulnerabilidad no estructural.

Rodríguez (2005) nos menciona que cualquier tipo de construcción puede estar sujeta a ser vulnerable, pero al mismo tiempo no estar en riesgo, todo dependerá

al nivel de peligro sísmico a la que pueda estar expuesta, haciendo referencia con esto a que principalmente va a depender de otros factores, como la ubicación geográfica de la edificación. De tal manera la vulnerabilidad viene a ser una propiedad propia de la estructura como tal, esto va a depender especialmente del diseño que tenga la edificación.

Para definir la vulnerabilidad estructural tenemos que; para la OPS (2004), se refiere a que la vulnerabilidad estructural viene a ser el grado de susceptibilidad que pueda tener una determinada edificación en ser sujeto a daños de sus elementos estructurales ante cualquier suceso telúrico con una determinada magnitud. Estos elementos estructurales referidos son: los cimientos, las vigas, los muros y las columnas.

En cuanto a la Vulnerabilidad no estructural tenemos que según Mattos (2014), en el momento que se observe un movimiento telúrico con una magnitud considerable, éste puede dañar elementos que sean de carácter no estructural, como lo pueden ser: parte del diseño o acondicionamiento arquitectónico, además de las instalaciones eléctricas y sanitarias; estos elementos pueden causar daños a los habitantes de la estructura por un posible fallo de las instalaciones que no están debidamente sujetadas.

En cuanto a vulnerabilidad funcional tenemos que, según Mattos (2014), en el momento que se suscite un evento telúrico en una edificación, y que esta sufra daños tanto de carácter estructural como no estructural, esto habrá afectado a su funcionalidad, haciéndola inhabitable, esto se podrá recuperar siempre y cuando se hagan los reforzamientos y trabajos de rehabilitación para devolver la funcionalidad y evitar futuros colapsos en la edificación.

Para poder tocar de una manera más adecuada el tema de vulnerabilidad sísmica y el tema de las diferentes metodologías que se pueden aplicar para visualizar este problema en el campo de la Ingeniería es importante conocer sobre los sismos en el Perú, con respecto a esto tenemos que según Zelaya (2007), los sismos son originados principalmente por energías mecánicas emitidas dentro de los mantos superiores (placas tectónicas) hacia la corteza terrestre, viene a ser una especie de liberación de energía contenida en volúmenes sumamente reducida en relación a la cantidad de energía, en todo el mundo se registran cientos de estos fenómenos

y por supuesto muchos de estos se suscitan dentro del mar, provocando los conocidos tsunamis.

La tectónica de placas en el Perú es de gran importancia mencionarlo, ya que la ubicación geográfica del Perú presenta un gran reto para el campo de la Ingeniería sísmica en nuestro territorio; respecto a esto tenemos que según el IGP (2018), nos menciona que las placas tectónicas vienen a ser grandes elementos rígidos que se desplazan en relación a otras placas de la litósfera, al estar en constante movimiento están sujetas a impactarse en sus zonas limítrofes donde se originan los sismos, éstos a su vez tienen la siguiente clasificación: divergente, transformantes y convergentes.

La ubicación geográfica del Perú tiene un gran problema, el cual es estar próximo al cinturón de fuego del Pacífico. Conformada por una gran franja con grandes concentraciones de intersecciones de dos placas tectónicas con una gran actividad volcánica y especialmente sísmica; tal como lo podemos observar en a la siguiente imagen.

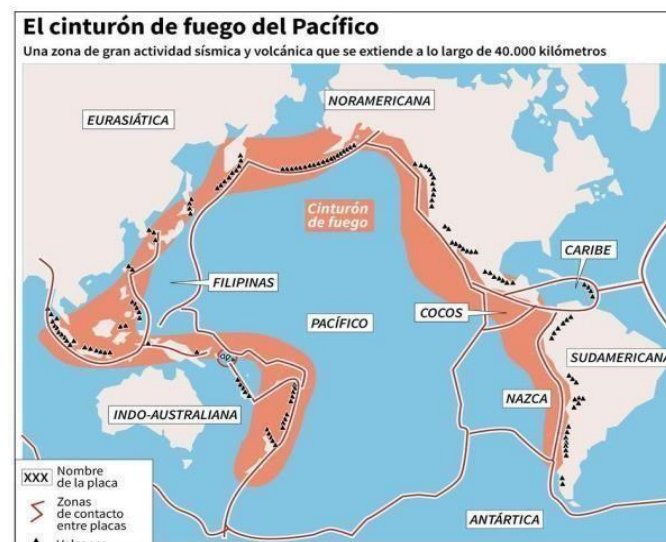


Figura 1. Cinturón de fuego del Pacífico.

Fuente: Daza, diario Perú 21, 2017.

Tal como lo mencionamos anteriormente, nuestra superficie terrestre está ubicada dentro de una de las zonas con más actividad sísmica y volcánica en todo el mundo, exactamente en las intersecciones de la placa de Nazca la que se mueve por debajo de la placa Sudamericana, a este fenómeno la denominamos subducción.

En la figura dos podemos observar la diferencia entre sismos superficiales, poco profundos y profundos, los superficiales son los que se encuentran entre la superficie terrestre y una profundidad máxima de 200km, los poco profundos están entre los 200 y 400km, y los profundos a partir de los 400 km hacia adelante.

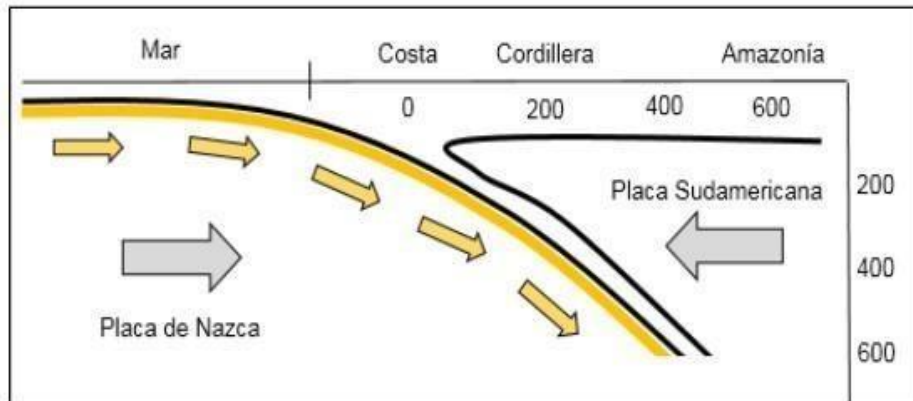


Figura 2. Subducción de la Placa de Nazca sobre la Placa Continental.

Fuente: Adaptado del Instituto Geofísico del Perú.

Referente a las características de los sismos tenemos que según Zelaya (2007), refiere que las ondas de propagación producidas por un evento telúrico, son transmitidas mediante un cuerpo sólido o por medio de alguna superficie que separa dos cuerpos. Esto nos indica que pueden clasificarse en ondas corporales (las que vienen a ser ondas primarias y ondas secundarias de corte), además de las ondas superficiales (que son las ondas love y Rayleigh) en la fig. 3 podemos observar tanto las ondas corporales como las superficiales.

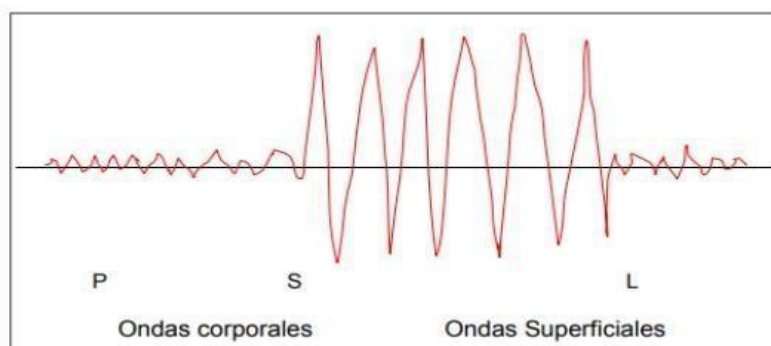


Figura 3: Ondas corporales y ondas superficiales de un sismo.

Fuente: Adaptado del Instituto Geofísico del Perú.

Una definición muy importante que es relevante tocar es lo referente al riesgo sísmico, con respecto a esto tenemos que según Fourier (1998), Kuroiwa (2002),

delimita como riesgo sísmico mediante una fórmula que está en relación a la vulnerabilidad y el peligro sísmico, dicha fórmula es la siguiente:

Riesgo = Vulnerabilidad x Peligro.

Referido a los métodos cualitativos, Peralta (2002) indica que estos son los adecuados para lo que vienen a ser las evaluaciones de edificaciones con una escala grande, debido a que estos son más eficientes en cuestión de resultados en función del tiempo para una edificación de tipología constructiva variada, ya que estos son fundamentales para la mitigación de riesgos en una determinada región (p.188).

En cuanto a los Métodos Analíticos según Chicoma (2015), "Este método sirve para evaluar de manera más profunda los resultados de los análisis planteados por el método cualitativo, cuando este último no brinda resultados confiables sobre la vulnerabilidad estructural; cabe recalcar que, para poder realizar este último método es necesario obtener las características actuales de la edificación y terreno de fundación, dicho de otra manera, es necesario conocer la resistencia actual del concreto y la capacidad portante del terreno" (p.56).

En cuanto a los métodos cualitativos tenemos a el Método del Índice de Vulnerabilidad Sísmica Benedetti y Petrini 1982, según Chicoma (2015), "El que fue desarrollado en función de los sismos ocurridos en 1976 en diferentes puntos de Italia, esto ayudó a prevenir que las estructuras estén expuestas a daños por los eventos telúricos por lo que desde 1982 se viene empleando dicho método con el fin de obtener la vulnerabilidad sísmica en una estructura de manera rápida, cuando esta es sometida a un sismo. Una mezcla de los parámetros, mediante una escala definida con anticipación, tiene un valor numérico único que es denominado Índice de Vulnerabilidad". (p.60).

Para Benedetti y Petrini (1984), "Para entender las estructuras de albañilería a un nivel de comportamiento sísmico, es importante evidenciar la calidad sísmica referente a cada parámetro tanto de carácter no estructural como estructural; este es obtenido mediante la suma de dichos parámetros".

Se tienen 4 clases A, B, C y D, las cuales son atribuidas a los parámetros, esto durante las investigaciones de campo, sigue un proceso detallado para reducir las

diferencias de percepción entre observadores. En la siguiente tabla se aprecia que cada clase se le asigna una valoración K_i , la cual varía entre 0 – 45.

Tabla 1. Escala de Vulnerabilidad de Benedetti para edificaciones de Albañilería.

Parámetros	Clases K_i				Peso W_i
	A	B	C	D	
1. Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1
2. Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3. Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
4. Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5. Diafragmas Horizontales	0	5	15	45	1
6. Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
7. Configuración en elevación	0	5	25	45	1
8. Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de Cubierta	0	15	25	45	1
10. Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11. Estado de conservación	0	5	25	45	1

Fuente: Benedetti y Petrini (1984)

Como podemos visualizar en la anterior tabla, los parámetros 1, 2, 4, 5, 9, 10 y 11 vienen a ser de carácter descriptivos y las cuales son establecidos más adelante. Por otro lado, los parámetros 3, 6, 7 y 8, son de carácter cuantitativo, las cuales siguen un proceso de cálculo numérico sencillo, las cuales son detalladas más adelante.

Por otra parte, Se tiene un coeficiente de peso “ W_i ” la cual interviene en cada parámetro de evaluación con una variación entre los valores de 0.25 y 1.50. Dichos intervalos reflejan la relevancia de cada parámetro que representa el sistema resistente de la construcción. Con esto, tenemos que el índice de vulnerabilidad la calculamos con la fórmula siguiente:

$$IV = \sum_{i=1}^{11} S_i \times w_i$$

En donde tenemos que:

S_i : clase de vulnerabilidad.

Wi: importancia del parámetro.

Este índice, puede estar entre 0 y 382.5, en el que a medida que sea un valor mayor, podemos decir que la edificación es más vulnerable.

Para poder entender a la aplicación del instrumento es necesario precisar los parámetros que involucran este método; según Navia y Barrera (2007), “Los parámetros asignados en el formulario de evaluación de vulnerabilidad sísmica para los cuatros clases A, B, C y D, se realizan con 11 consideraciones las cuales se presentan en la tabla 1.

Por otro lado, se tiene el método ATC-21 (FEMA P-154), este desarrolla una metodología de análisis sísmico rápido, el cual estudia la seguridad sísmica de distintas construcciones civiles (2015). Este método se enfoca en calcular el grado de vulnerabilidad sísmica además de describir una probabilidad de colapso. Este método es apropiado para la evaluación a gran escala de edificaciones por ser un análisis rápido. Además, nos ayudan a identifican las edificaciones que no servirían de refugio ante un evento telúrico de determinada magnitud.

Región sísmica		Aceleración del suelo según el periodo (periodo corto o 0.2 s)	Aceleración del suelo según el periodo (periodo largo o 1 s)
	Bajo	menos de 0.25g	menos de 0.10g
	Moderado	mayor o igual a 0.25g pero menor que 0.50g	mayor o igual a 0.10g pero menor que 0.20g
	Moderado alto	mayor o igual a 0.50g pero menor que 1.00g	mayor o igual a 0.20g pero menor que 0.40g
	Alto	mayor o igual a 1.00g pero menor que 1.50g	mayor o igual a 0.40g pero menor que 0.60g
	Muy alto	mayor o igual a 1.50g	mayor o igual a 0.60g

A continuación, se describe lo necesario para poder evaluar edificaciones mediante estos parámetros:

Según el FEMA P-154 (2015), Para este método es necesario reconocer la región sísmica donde se encuentra ubicada el objeto en estudio. Con este se escoge el tipo de cartilla de encuesta que se tiene que aplicar. Estas se dividen en un rango de sismicidad, detalladas en la tabla siguiente:

Tabla 2. Aceleración de los suelos para cada región sísmica.

Fuente: Adaptado de RVS de edificios por posibles peligros sísmicos, por FEMA 154-2015.

Donde: “g” es la aceleración de la gravedad.

Luego, se determina el tipo de suelo ya que este parámetro es un modificador, el cual evalúa si es desfavorable o no para la edificación, esto se aprecia en la tabla 03.

Tabla 03. Cuadro presentado por ASCE 2013 para determinar el tipo de suelo para el estudio del método.

Tipo de suelo	Velocidad cortante de las ondas, V_s	SPT, N	Resistencia no drenada al cortante por encima de los 100 pies, S_u
A: Roca dura	$V_s > 5000$ pies/s		
B: Roca	$2500 < V_s < 5000$ pies/s		
C: Suelo muy denso y Roca suave	$1200 < V_s < 2500$ pies/s	$N > 50$	$S_u > 2000$ psf
D: Suelo rígido	$600 < V_s < 1200$ pies/s	$15 < N < 50$	$1000 \text{ psf} < S_u < 2000 \text{ psf}$
E: Arcilla suave	$V_s \leq 600$ pies/s	$N < 15$	$S_u < 1000$ psf
F: Suelo pobre	Más de 10 pies de espesor de suelo con índice de plasticidad $P_f > 20$, contenido de agua $w > 40\%$ y $S_u < 500$ psf Suelo que requiere de evaluaciones específicas. -Suelo vulnerable a fallas potenciales o colapso bajo cargas sísmicas como licuefacción del suelo, arcillas altamente sensitivas, suelo colapsable débilmente cementado. -Arcilla orgánica o espesor mayor a 10 pies de turba. -Muy alta plasticidad de las arcillas ($P_f > 75$). -Más de 120 pies de suave o mediana arcilla rígida.		

Fuente: Adaptado ASCE/SEI 710 (2013)

FEMA P-154 indica que, si no se llega a determinar el tipo de suelo, este se considera como suelo rígido.

En tercer lugar, se realiza la puntuación inicial al tipo de construcción. Estas se dividen en 14 codificaciones distintas las cuales se presentan a continuación:

Tabla 04. Indicadores según el tipo de construcción FEMA P-154

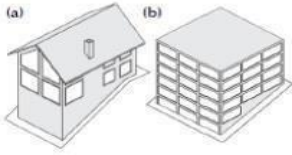
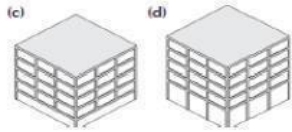
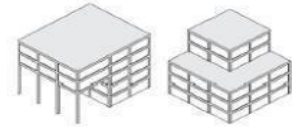
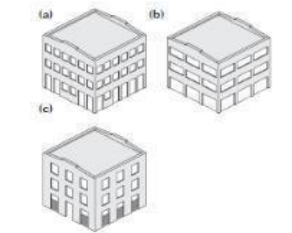
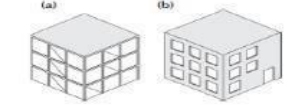

Nomenclatura	Tipos de construcción
W1	Construcciones de madera ligera unifamiliar o multifamiliar de 1 o mas pisos
W1A	Construcciones residenciales de madera ligera de varios pisos con un area en planta mayor a 280 m ²
W2	Construcciones de madera comerciales e industriales con un area en planta
S1	Construcciones de acero resistente a los momentos
S2	Construcciones de acero con arriostres
S3	Construcciones de metal ligero
S4	Construcciones de acero con placas de concreto
S5	Construcciones de acero con muros de ladrillo no reforzado
C1	Construcciones de concreto resistente a los momentos
C2	Construcciones de concreto con placas
C3	Construcciones de concreto con muros de ladrillo no reforzado
PC1	Edificios inclinados
PC2	Construcciones con concreto prefabricado
RM1	Construcciones de ladrillo reforzado, con pisos y diafragmas flexibles
RM2	Construcciones de ladrillo reforzado, con pisos y diafragmas rigidos
URM	Construcciones con muros de contencion de ladrillo sin reforzado
MH	Construcciones prefabricadas

Fuente: Adaptado de ASCE/ SEI 710 (2013)

Como cuarto paso, se identifican las irregularidades verticales como se muestra en las figuras:

A continuación, se resume las irregularidades verticales:

Tabla 5. Detalle de las irregularidades verticales

Irregularidad vertical	Severidad	Instrucción
Lugar inclinado 	Varía	Se aplica si hay más de 1 piso inclinado. a) para W1, moderado y b) para las demás estructuras, severo.
Piso débil 	Severo	c) Cuando uno de los pisos tiene menos muros o columnas que los otros y d) cuando un piso es más alto que los otros.
Out-of-plane setback 	Severo	Aplica cuando se tiene esquinas verticales que hacen variar la homogeneidad de las estructuras.
Columna corta 	Severo	a) Cuando algunas columnas son más pequeñas que los otros en el mismo piso, b) cuando las columnas son más pequeñas que el peralte de las vigas y c) hay muros que acortan el tamaño de las columnas.
In-plane setback 	Moderado	Se aplica cuando hay descompensación de los sistemas laterales.
Niveles divididos 	Moderado	Se aplica si el diafragma de la construcción no está alineado con los demás.

Fuente: Adaptado de RVS de edificios por posibles peligros sísmicos, por FEMA 154, 2015.

En quinto lugar, se prosigue con la verificación de irregularidades en planta.

A continuación, se resumen las irregularidades en planta que se encuentren según la metodología en mención (ATC-21).

Tabla 6: Irregularidades en planta.

Irregularidad en planta		Instrucción
Torsión		Se aplica si hay buena resistencia lateral en una dirección, pero no en la otra, o si hay excentricidad de rigidez.
Sistemas no paralelos		Se aplica si los lados de la construcción no forman 90°.
Esquinas entrantes		Se aplica si hay esquinas entrantes de más de 6m.
Diafragmas abiertos		Se aplica si las aberturas son más del 50% del área total.
Vigas no alineadas con las columnas		Se aplica cuando el perímetro de las columnas está fuera del perímetro de las vigas.

Fuente: Adaptado de RVS de edificios por posibles peligros sísmicos, por FEMA 154, 2015.

Cabe recalcar que ambas irregularidades son evaluadas de manera visual para el primer nivel.

Como sexto punto se delimitan y aclaran los denominados pre-codes y post-benchmarks, este dependerá del año en el que fue ejecutado el objeto de estudio, se tomarán en cuenta las edificaciones antes y después de la primera norma básica sismorresistente, siendo este el desarrollado en el 1997. Cabe mencionar que las

edificaciones ejecutadas antes de dicha norma tendrán puntos en contra y los ejecutados después puntos a favor. En ese sentido, se presenta el formato de evaluación de vulnerabilidad sísmica en dos niveles, para una región de sismicidad alta, según la ubicación de un el objeto de estudio. Como lo podemos ver en las tablas

Finalmente, una vez definido el valor S se puede conocer el grado de vulnerabilidad de daño. Así, de esta manera se podría predecir el comportamiento de la estructura.

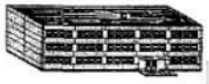




Tabla 7. Resultado de la vulnerabilidad sísmica en base de datos de índices.

Interpretación de los resultados (comportamiento esperado de las construcciones)	
$S < 0.3$	Alta probabilidad de tener daño de grado 5 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 4
$0.3 < S < 0.7$	Alta probabilidad de tener daño de grado 4 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 3
$0.7 < S < 2.0$	Alta probabilidad de tener daño de grado 3 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 2
$2.0 < S < 3.0$	Alta probabilidad de tener daño de grado 2 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 1
$S > 3.0$	Probabilidad de tener daño de grado 1

Fuente: Adaptado de RVS de edificios por posibles peligros sísmicos, por FEMA 154, 2015.

La clasificación del daño se expresa en la siguiente tabla:

Tabla 8. Clasificación de daño para estructuras de concreto.

Clasificación de daño para estructuras de concreto con muros	Gráficos
Grado 1: Daños despreciables o ligeros (ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros), fisuras en los tabiques.	
Grado 2: Daños moderados (daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados), grietas en vigas y en los muros estructurales y Grietas en los tabiques, caída de revestimientos y enlucidos frágiles.	
Grado 3: Daños importantes a graves (daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves), grietas en columnas y vigas y en las juntas de los muros. Grandes grietas en tabiques y muros.	
Grado 4: Daños muy graves (daños estructurales graves, daños no estructurales muy graves), Grandes grietas en los elementos estructurales por compresión y rotura de armadura, inclinación de columnas. Colapso de algunas columnas o plantas altas.	
Grado 5: Destrucción (daños estructurales muy graves), colapso de la planta baja o de algunas partes de la edificación.	

Fuente: Adaptado Instituto Geográfico Nacional de Madrid 1999.

La tabla 8 podemos visualizar la clasificación de daño, en las que tenemos las de grado uno y dos que vienen a ser no vulnerables, el de grado tres, vulnerable y los grados cuatro y cinco son muy vulnerables.

La base teórica para los métodos analíticos se origina en el uso de la Normativa de Diseño Sismorresistente de nuestro país. Algunos parámetros para el análisis sísmico en base al RNE son:

Zonificación. Nuestra superficie territorial se ha repartido en cuatro zonas sísmicas, así como podemos observar en la figura 14. Esta zonificación está basada principalmente en la distribución en los espacios geográficos de toda la sismicidad que se ha observado en nuestro territorio históricamente, también están la atenuación de estos con las distancias de los epicentros, la información neotectónica y las propiedades de los movimientos telúricos.

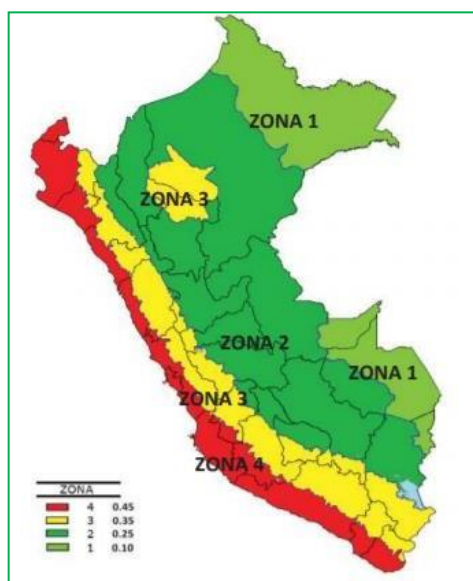


Figura 4: Mapa de zonas sísmicas en el Perú.

Fuente: Norma E030. Reglamento Nacional de Edificaciones.

Los factores “Z” viene a ser la aceleración horizontal en la categoría de suelos rígidos teniendo la probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El mencionado factor la podemos expresar como una fracción de la aceleración de la gravedad. En la siguiente tabla podemos observar los Factores de Zona:

Tabla 9. Factores de Zona “Z”.

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente. Adaptado de la Norma E.030.

Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio.

Microzonificación; vienen a ser unos estudios de carácter multidisciplinario que investigan los efectos que pueden producir los movimientos telúricos y fenómenos que están asociados como lo son: los deslizamientos, la licuación, los tsunamis entre otros, que se encuentren en el área de estudio (área de interés). Estos estudios de zonificación deben de tenerse en cuenta para casos como los siguientes:

Zonas de expansión Urbana. Reconstrucción de zonas urbanas destrozadas por movimientos telúricos y algunos fenómenos que estén asociados.

Estudios de sitio; estos vienen a ser similares a los estudios de microzonificación, estos están confinados únicamente al sitio donde se está realizando la edificación y nos dan datos sobre los cambios de las acciones sísmicas y algunos posibles fenómenos de acuerdo a las condiciones del sitio. Se suelen realizar por ejemplo productos químicos inflamables, se usan también en grandes complejos industriales, en industrias dedicadas al desarrollo de explosivos y contaminantes.

Condiciones Geotécnicas. Los perfiles de suelo son considerados según lo indicado en la Normativa en mención las clasificamos tomando en cuenta lo que sería la velocidad promedio de dispersión de las ondas de corte (V_s) como también para el caso en el que tenemos suelos granulares, viene a ser la media (promedio) ponderada de los N_{60} la que obtenemos con la aplicación de un ensayo de penetración estándar (STP), así mismo puede ser la media ponderada de lo que sería su resistencia al corte bajo condiciones no drenadas (S_u) en el caso de suelos cohesivos. Las características mencionadas deberían de calcularse para unos treinta metros superiores del perfil del piso midiéndolos a partir del nivel del fondo de la cimentación.

Lo que son suelos con una predominancia granular, se debe calcular N_{60} teniendo en cuenta solo los grosores de cada estrato granular. Para los suelos con una predominancia cohesiva, el aguante al corte bajo condiciones no drenadas (S_u) siendo este calculado como la media ponderada de los valores que corresponden a cada uno de los estratos cohesivos.

Para los suelos de tipo heterogéneos (granulares y cohesivos); si a partir de N_{60} para el caso de los estratos con suelos granulares y de (S_u) para estratos de suelos

de cohesivos obtenemos diferentes clasificaciones de sitio, tomaríamos las que sería el perfil más flexible.

Tabla 10. Clasificación de los Perfiles de Suelo.

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	V _s	N ₆₀	S _u
S ₀	>1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	>50	>1500 Kpa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 Kpa a 100 Kpa
S ₃	<180 m/s	<15	25 Kpa a 50 Kpa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Adaptado de Norma E.030

Parámetros de Sitio (S, T_P, T_L). Consideramos el perfil que nos describa mejor las condiciones locales, se deberá usar adecuadamente los valores de factores de amplificación del suelo S y de los periodos T_P, T_L, dados en las tablas 11 y 12.

Tabla 11. Factor Suelo

FACTOR DE SUELO "S"				
Zona/Suelo	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Adaptado de Norma E.030.

Tabla 12. Periodos T_P y T_L.

	PERIODOS "T _P " y "T _L "			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T _L (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Adaptado de Norma E.030.

Factor de Amplificación Sísmica (C). Teniendo en cuentas características del lugar de interés, definimos este factor (C) con las siguientes ecuaciones.

$$T < T_P \quad \rightarrow \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.5 \times \frac{T_P}{T}$$

$$T > T_L \quad \rightarrow \quad C = 2.5 \times \frac{T_P \times T_L}{T^2}$$

Este factor viene a ser la aceleración estructural respecto a la aceleración del suelo.

Categoría de las Edificaciones y Factor Uso (U). las estructuras en general las debemos de clasificar de acuerdo a la tabla 15. Lo que viene a ser el factor de uso (U), de acuerdo a las clasificaciones del tipo de edificación que se hayan hecho; La norma nos dice que para el caso de edificios con aislamientos sísmicos en la base se consideraríamos este $U=1$.

Tabla 13. Categorías de las Edificaciones y Factor Uso "C"

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos 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	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: - 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	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Extraído de Norma E.030, 2018.

Sistemas Estructurales. Dentro de estos tenemos:

Pórticos; donde al menos un ochenta por ciento de la fuerza cortante en la base actúa directamente en los elementos columnas de los pórticos. Para esto tenemos que, por ejemplo, si nos encontramos con muros estructurales, debemos de diseñarlos con el objetivo de resistir una fracción de lo que vendría a ser la relación entre la acción sísmica total con la rigidez que tenga.

Muros estructurales; en este sistema actúa por lo menos un 70% de la fuerza cortante en la base; es en la que tenemos predominantemente la resistencia sísmica en los muros estructurales.

Edificios con Muros de Ductilidad Limitada; sobre este sistema estructural tenemos que, son las edificaciones cuya característica principal es que la que las cargas de gravedad y la resistencia sísmica están dadas por elementos muros de concreto armado con dimensiones reducidas, en la que el esfuerzo vertical dispone de una sola capa y no necesitamos de extremos que estén confinados. Mediante este sistema la normatividad nos permite construir hasta unos ocho niveles.

Dual; este sistema estructural principalmente esta entendido como una combinación de muros estructurales y pórticos. Los muros toman una fuerza cortante que oscila entre un 20% y un 70% de lo que sería la cortante en la base de la edificación. En este caso los pórticos deben de estar diseñados para resistir al menos un treinta por ciento de la fuerza cortante en la base.

Categoría y Sistemas estructurales. Teniendo en cuenta esta categoría a la que pertenece la edificación y su ubicación, de acuerdo a lo mencionado, debemos de proyectar el sistema estructural según corresponda, tal como podemos observar en la tabla 16.

Tabla 14. Categoría y Sistemas Estructurales de las Edificaciones.

Tabla N° 6 (*) CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: Norma E030, 2018.

Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_0). De acuerdo a normativa tenemos que los sistemas estructurales tienen una clasificación en relación a los materiales que se usan en su construcción, y principalmente al sistema de estructuración a la que pertenezcan como podemos ver en la tabla 15.

Tabla 15. *Sistemas Estructurales.*

Tabla N° 7 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	7(**)

Fuente: Norma E.030, 2018.

Regularidad Estructural. Las estructuras las podemos clasificar entre estructuras regulares y estructuras irregulares en los siguientes casos.

Para cumplir las restricciones de la tabla 15.

Para determinar los procesos de análisis que se tienen que tomar en cuenta.

Identificar y determinar el coeficiente R.

Factores de Irregularidad (I_a , I_p). El factor I_a la determinamos como el menor de los valores de la Tabla 15, las que corresponden a lo que serían las irregularidades estructurales en altura en ambas direcciones de análisis. Para el caso de I_p la determinamos como el menor de los valores como la anterior irregularidad, pero en este caso con las irregularidades en planta en ambas direcciones de análisis, tal como podemos verla en la tabla N° 17.

Tabla 16. Irregularidades en altura.

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_r
<p>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.</p> <p>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.</p>	0,75
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) 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.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) 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.</p>	0,50
<p>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.</p>	0,90
<p>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.</p>	0,90
<p>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.</p>	0,80
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) 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.</p>	0,60

Fuente: Norma E.030.

Tabla 17. Irregularidades Estructurales en Planta.

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) 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}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p>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.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p>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.</p>	0,90

Fuente: Adaptado de norma E.030,2018.

Restricciones a las Irregularidades. Teniendo en cuenta la categoría a la que pertenece una edificación y su ubicación, ésta deberá de proyectarse respetando lo que serían las restricciones a las irregularidades, como lo podemos observar en el cuadro N° 18.

Tabla 18. Categoría y regularidad de las Edificaciones.

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Norma E.030,2018.

Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas. Se determina como el producto de los factores I_a , I_p y el coeficiente básico R_0 .

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

Estimación del Peso (P). Este se determinará agregando a la carga permanente y total de la edificación un determinado porcentaje de la sobrecarga o lo que viene a ser la carga viva, este porcentaje se calculará teniendo en cuenta las siguientes indicaciones:

- Para las edificaciones de tipo A y B, tomaremos el 50% de la carga viva.
- Para el tipo C, tomaremos el 25% de la carga viva.
- En depósitos, el 80% del total de peso que se pueda almacenar.
- Para azoteas y techos en general se tomará el 25% de la carga viva.
- Para estructuras con tanques, silos y estructuras que sean similares se consideraremos un 100% de la carga que podría contener.

Determinación de desplazamientos Laterales. En las estructuras de carácter regular calcularemos desplazamientos laterales multiplicando por $0.75R$ a lo que se obtenga del análisis lineal y elástico considerando solicitaciones sísmicas reducidas. Para las estructuras de carácter irregular, calcularemos los desplazamientos laterales multiplicando por R lo que se obtenga del análisis lineal elástico.

Desplazamientos laterales relativos admisibles. El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no debe superar la fracción de la altura de entrepiso (distorsión), como podemos apreciar en la tabla 19.

Tabla 19. Límites para distorsión de entrepiso.

Tabla N° 11	
LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_r / 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: Adaptada de norma E.030.2018.

El análisis Estático o de Fuerzas Equivalentes. Esta metodología de nos representa las solicitaciones sísmicas a través de un grupo de fuerzas que actúa en el centro de masas en cada nivel de la edificación. Este procedimiento de análisis sísmico nos ayuda a analizar toda estructura regular o irregular ubicadas en las zonas sísmicas 1. También se puede aplicar para edificaciones ubicadas en otras zonas sísmicas, pero con algunas indicaciones normadas; para estas zonas se puede aplicar para edificaciones regulares, siempre y cuando no tengan más de 30 m de altura, y para estructuras de albañilería confinada y de muros portantes de concreto armado que no tenga más de 15m de altura, sin importar que estas puedan ser irregulares. Para la realización de este análisis se pueden considerar los siguientes pasos: Obtenido de Manual de construcción y Gerencia 2020.

- Calcular fuerza cortante en la base para cada una de las direcciones de análisis.
- Para calcular el valor de “C” se estima el periodo fundamental de vibración de la estructura “T” en cada dirección.
- Debemos determinar cómo está distribuida en altura las fuerzas sísmicas en cada dirección de análisis.
- Aplicamos las fuerzas que se hayan obtenido en el centro de masas de cada piso; además, consideraremos el momento torsor accidental.
- Considerar fuerzas sísmicas verticales para los elementos en los que sea necesario.

Para el caso del análisis Dinámico Modal Espectral. Tenemos que, mediante este análisis, podemos diseñar cualquier estructura usando los datos que se obtiene de su aplicación, sin importar la zona sísmica, y características adicionales de la estructura. El procedimiento de este análisis es el siguiente: Obtenido de Manual de construcción y Gerencia 2020.

- Mediante el análisis dinámico del modelo matemático determinamos sus modos de vibración y sus correspondientes periodos naturales y masas participantes.
- Para cada dirección de análisis calculamos el espectro inelástico de pseudoaceleraciones.
- Considerar excentricidad accidental.

- Determinar todos los resultados de fuerzas y desplazamientos para cada modo de vibración.
- Para cada modo de vibración, determinamos los resultados de los desplazamientos y de las fuerzas.
- Escalamos todos los resultados calculados para fuerzas considerando un cortante mínimo en el primer entrepiso que viene a ser un porcentaje del cortante calculado por el método estático. No es necesario escalar los resultados para desplazamientos.
- Consideramos fuerzas sísmicas verticales usando un espectro con valores iguales a $2/3$ del espectro más crítico para las direcciones horizontales, para los elementos que sea necesario.
- El procedimiento de las metodologías analíticas se tocará más a fondo en su aplicación a las estructuras que se pretende evaluar con esta investigación. Algunos términos que es importante definir son:
 - Rigidez; viene a ser una medida cualitativa de lo que viene a ser la resistencia a las deformaciones elásticas que pueden ser causadas por un determinado material, que tiene en cuenta las capacidades de un elemento estructural para poder soportar los esfuerzos sin tener unas grandes deformaciones.
 - Fuerza Axial; sería como una fuerza que actúa directamente sobre el centro axial de un determinado objeto en la dirección del eje longitudinal. Estas fuerzas pueden ser de tensión o compresión, esto va a depender mucho de la dirección de la fuerza que se aplica.
 - Espectro de respuesta; este viene a ser un diagrama que nos describe la respuesta de un oscilador de masa o varios osciladores que van individuales de una masa frente a la excitación de vibración que puede causar un evento telúrico.
 - Cortante Basal; es una acumulación de forma progresiva de las fuerzas cortantes de cada piso, este se refleja en la base del mismo. Estos cortantes en cada uno de los pisos no son más que la aplicación de la fuerza sísmica en un nivel determinado de la edificación y que se va acumulando mientras nos vamos acercando a la base.

- Fuerza Cortante; está entendido como el esfuerzo interno de las tensiones que son paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como por ejemplo un pilar (columna) o una viga.
- Ductilidad; viene a ser una propiedad de los componentes o de los elementos estructurales como tal, de experimentar deformaciones que sobrepasen el límite elástico, pero sin reducir significativamente su rigidez y resistencia.
- Deriva; viene a ser la relación de la altura de entrepiso con los desplazamientos máximos relativos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

Tipo de investigación:

Para Hernández y Mendoza (2018), la investigación aplicada difiere de las demás, principalmente en la manera en la que se evalúa la realidad social y se aplica los resultados obtenidos en la mejora de actuaciones concretas y estrategias, además de esto nos permite desarrollar la creatividad e innovación. Es por todo esto que esta investigación es de tipo aplicada, se deduce esto ya que generamos conocimiento con una aplicación directa a las problemáticas de la sociedad.

Diseño de investigación:

Principalmente según Hernández y Mendoza (2018), el propósito viene a ser señalar las características de fenómenos, conceptos, variables o hechos bajo un determinado contexto. Se describe las características, diseño en la construcción de los pabellones del colegio, y factores que inciden en la vulnerabilidad sísmica del colegio en mención. Por parte de los participantes del desarrollo de esta investigación se sugiere tener en cuenta los diseños de investigación propuestas por Hernández y Mendoza, según se indica a continuación.

La presente investigación por lo anteriormente mencionado viene a ser de diseño no experimental; este proyecto se implementa sin manipular variables. Dicho esto, viene a ser de tipo transversal o transeccional ya que elaboramos trabajos de inspección in situ de los elementos de estudio con la finalidad de hallar la vulnerabilidad sísmica y siendo redundantes sin manipular las variables.

Enfoque de la investigación:

Hernández, Fernández y Baptista (2014), nos menciona que el enfoque de carácter cuantitativo principalmente usa la recopilación de información para comprobar las hipótesis teniendo en consideración la disciplina estadística y el uso de los números que nos permita de alguna manera fijar aspectos comportamentales con la finalidad de comprobar también los enfoques de carácter teóricos (p4). Con esto podemos decir que el enfoque cuantitativo dimensiona el comportamiento de las variables y nos permite comprobar las teorías partiendo de bases de carácter numérico. Por esta razón, podemos considerar que nuestra investigación tiene un enfoque cuantitativo.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable Independiente (X1): Métodos cualitativos

- **Definición conceptual:**

Según Peralta (2020), Son los métodos más adecuados para evaluaciones de edificaciones a gran escala, estos son métodos eficientes en cuestión de resultados en función del tiempo. En esta se añade puntos de vista subjetivos de los especialistas y el uso de datos empíricos acumulados por medio de la observación.

- **Definición Operacional:**

Esta variable será medida aplicando el índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini y la metodología ATC-21.

- **Dimensión 1:** Índice de vulnerabilidad Benedetti y Petrini.

Indicadores: Parámetros que caracterizan a las metodologías en mención.

Escala de medición: Ordinal

Instrumento: Ficha de recolección de datos

- **Dimensión 2:** ATC-21

Indicadores: Parámetros que caracterizan a las metodologías en mención.

Escala de medición: Ordinal

Instrumento: Ficha de recolección de datos

Variable Independiente (X2): Métodos Analíticos

- **Definición conceptual:**

Según Chicóma (2020); los métodos analíticos son aquellos que sirven para evaluar de manera más profunda los resultados de los resultados planteados por los métodos cualitativos. Para realizar este método es necesario obtener las características y propiedades actuales de la edificación y terreno de fundación.

- **Definición Operacional**

Esta variable será medida realizando los análisis sísmicos estático y dinámico (Modal espectral).

- **Dimensión 1:** Análisis Sísmico Estático

Indicadores: Desplazamiento lateral, Comportamiento estructural

Escala de medición: Razón

Instrumento: Norma E030, Software ETABS

- **Dimensión 2:** Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral

Indicadores: Cortante basal de diseño, derivas inelásticas, desplazamientos relativos y desplazamientos absolutos.

Escala de medición: Razón

Instrumento: Norma E030, Software ETABS

Variable dependiente (Y1): Vulnerabilidad Sísmica

- **Definición conceptual**

Según Leonidas (2007), viene a ser el grado por la que un sistema estructural, no estructura y funcional, es vulnerable a sufrir daños sometido a un evento sísmico o algunos fenómenos relacionados a este último.

- **Definición operacional**

Esta variable será medida de acuerdo a métodos cualitativos y cuantitativos.

- **Dimensión 1:** Vulnerabilidad estructural

Indicadores: Sistema estructural, calidad de la mano de obra, Zonificación, irregularidades verticales, irregularidades horizontales, Junta sísmica.

Escala de medición: Razón

Instrumento: Software ETABS, fichas de recolección de datos, Norma E030

- **Dimensión 2:** Vulnerabilidad no estructural

Indicadores: Elementos no estructurales

Escala de medición: Ordinal

Instrumento: Fichas de recolección de datos

- **Dimensión 3:** Propiedades mecánicas del suelo

Indicadores: clasificación de suelos, corte directo.

Escala de medición: Razón

Instrumento: ASTM D-2487, ASTM D-3080 y Norma E.050

- **Dimensión 4:** Propiedades mecánicas del concreto

Indicadores: Ensayo de esclerometría

Escala de medición: Razón

Instrumento: Esclerómetro

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Según Fernández y Baptista (2014), la población debe definirse claramente por sus características de lugar, contenido, tiempo y lugar (p.174).

La población que se ha considerado es el conjunto de edificaciones tipo A del distrito de Comas.

3.3.2. Muestra

Según lo que nos menciona Bernal (2010) “la muestra se define como una fracción representativa de una determinada población, la que se puede considerar útil para determinar la data requerida” (p.34).

Por lo anteriormente mencionado nuestra muestra vendría a ser el colegio Primero de abril 2055.

3.3.3. Muestreo

Para el muestreo Lopez y Fachelli (2015), nos menciona que “para el muestreo de carácter no probabilístico intencional la selección de los elementos que se someterán a estudio será determinados de acuerdo al criterio y conveniencia de los investigadores, considerando los factores que consideren pertinentes a su criterio” (p.7).

En referencia a lo mencionado por Lopez y Fachelli, tenemos que nuestra investigación considerará un muestreo no probabilístico intencional.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica

Según Peña (2010) “La revisión de bibliografía viene a ser una síntesis de lo leído por los investigadores en el tiempo de duración del desarrollo de la investigación” (p.2).

Considerando esto, tenemos que la técnica principal es la revisión, extracto y análisis de bibliografía, que pueden ser desde libros, información digital que se encuentra en internet, trabajos de investigación referentes al tema, manuales de aplicación de los métodos, manuales técnicos, normas Nacionales (norma E030, E050, E070, E060). Así mismo, tomamos en consideración la obtención de datos de los EMS (Estudios de Mecánica de Suelos). Se realizó una visualización y verificación detallada desde los exteriores de la Institución Educativa para obtener de manera inmediata una estimación del estado ac de la edificación.

3.4.2. Instrumentos

Como nos lo menciona Bernal (2010) “Las fichas de recolección de datos viene a ser una herramienta en la que plasmamos data relevante encontrada en los procesos de búsqueda de información” (p.15). en el presente estudio se usará una

ficha de recopilación de datos a fin de reunir data confiable sobre los indicadores de cada una de las variables en mención en la presente investigación.

Cabe señalar que los datos de la ficha de recolección de datos servirán para la aplicación tanto de métodos analíticos, como para los métodos cualitativos. Otros de los instrumentos que se usarán en la ejecución del proyecto de investigación son los programas de AutoCAD 2020, ETABS 2018, REVIT 2021, Excel, y el esclerómetro (que viene a ser un equipo de alquiler, previamente calibrado, para la determinación de resistencia del concreto); además de los instrumentos mencionados en la matriz de consistencia.

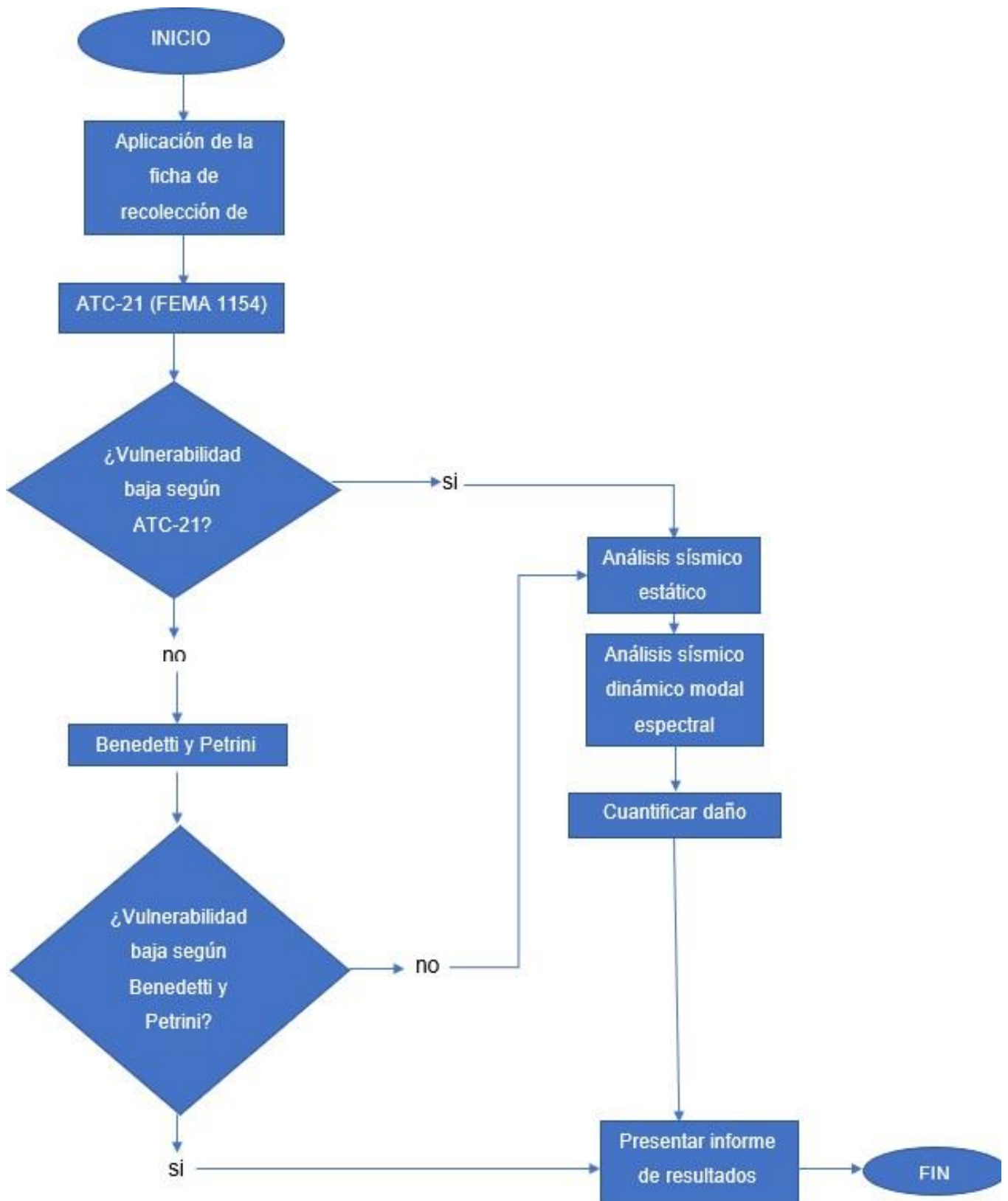
3.5. Procedimientos

En la labor de obtención de información y datos necesaria para la presente investigación se realizó el siguiente procedimiento:

Se inicia con una inspección rápida de las Instalaciones de la Institución Educativa en mención, se aplica las fichas de recolección de datos para obtener una información inicial de la edificación, los que nos irán ayudando progresivamente; luego se procederá a aplicar los ensayos de laboratorio, empezando por las calicatas y posteriormente la aplicación del esclerómetro, con los resultados de los EMS aplicaremos los métodos cualitativos, tanto el índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini evaluando los once parámetros que la implican y el ATC 21 (también reconocido como FEMA P-154) para obtener la resistencia sísmica de la edificación, con este método determinaremos si se necesitan ensayos más detallados o no; pero para la presente investigación, igualmente se aplicarán; éstos vienen a ser los métodos de carácter analítico; se realizará un análisis estructural utilizando softwares de modelamiento y simulación sísmica, como lo es el ETABS en su versión 18, aplicando las normativas vigentes mencionadas.

- A continuación, presentamos un flujograma que describe el procedimiento general a seguir.

Figura 5. Procedimiento de trabajo.



Fuente. Elaboración propia.

3.6. Métodos de análisis de datos

Para el procesamiento de información de las diferentes fichas realizaremos hojas de Microsoft Excel; en el caso del modelamiento y análisis estructural usaremos el software ETABS en su versión 18, para estimar la resistencia a la compresión actual de los elementos estructurales de concreto se usará ensayos de diamantina, así como un laboratorio de mecánica de suelos para obtener las propiedades mecánicas del mismo, además se usó los programas de AutoCAD para los modelamientos de los planos, y algunos detalles necesarios.

3.7. Aspectos éticos

Con respecto a los aspectos éticos Cegarra (2011), nos menciona que “Las investigaciones deberán de realizarse obteniendo los objetivos mediante el uso de datos confiables y verídicos, que puedan ser comprobables y revisables, con el fin de obtener resultados de calidad para así aportar al fortalecimiento del conocimiento de la comunidad estudiantil. De la misma forma, respetar la propiedad intelectual de las investigaciones a los que se haga referencia, siendo el valor de la honestidad el valor que rija en todo el proceso de investigación” (p.64).

En relación a lo mencionado por Cegarra, este trabajo se está realizando con la seriedad que la amerita, con bases de lealtad hacia el objetivo de estudio que en este caso es la Institución Educativa, con el único fin de servir y apoyar el bien común de toda la comunidad.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción General de los resultados.

Dentro de este capítulo se evidenciará las condiciones reales de la edificación correspondiente al colegio en mención, así como, su respectivo análisis de vulnerabilidad sísmica aplicando métodos tales como el FEMA P-154, Benedetti y Petrini, Análisis Sísmico Estático y un Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral.

4.2. Mapa de Ubicación de la Institución Educativa “Primero de abril 2055” en el distrito de Comas – Lima.

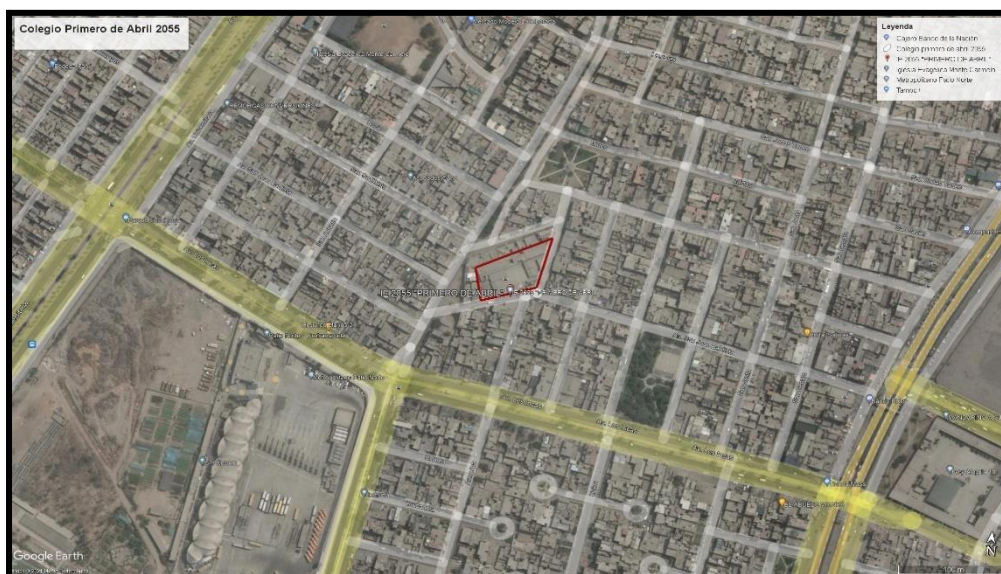


Figura 6: Ubicación de I.E. Primero de abril 2055.

Fuente: Elaboración propia (Google Earth Pro).



Figura 7: Fachada de I.E. Primero de abril 2055.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Método FEMA P-154

4.3.1. Antigüedad de la estructura

La importancia del año en que fue construida el colegio, especialmente en nuestro país recae en la constante actualización de las normas de diseño sismorresistente que ha habido desde su construcción hasta la actualidad; de esta forma podemos observar las modificaciones en referencia a sus desplazamientos en los entrepisos y el aumento de rigidez; además de las características de vulnerabilidad que se han identificado mediante los métodos de carácter cualitativo. Tomaremos como base un hito en la normatividad de la construcción peruana que es el año 1997, ya que es una normatividad que separa con una línea a las edificaciones por su buen comportamiento sísmico.

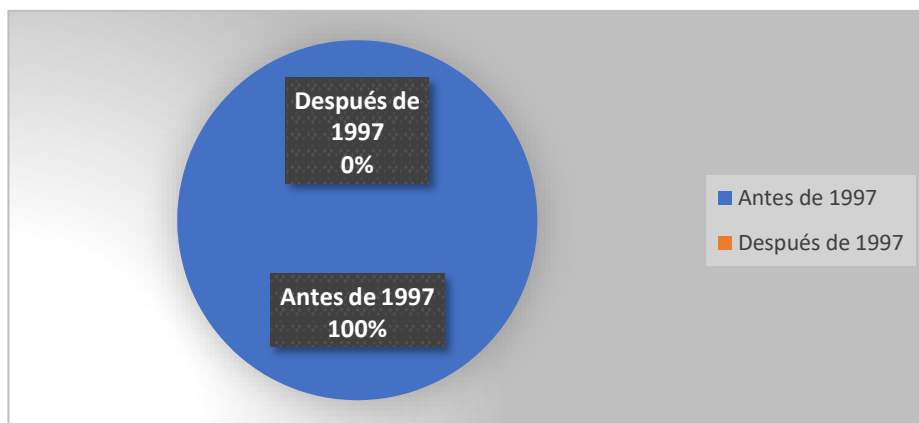


Figura 8: Número y porcentaje de pabellones del colegio Primero de abril 2055 creados antes y después del año 1997.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la figura 8; el 100% de los dos pabellones a tratar fueron construidos antes de 1997 y no está regida por nuestra línea hito de normatividad sísmica. Tenemos que la edificación es de tipo estructural C3, y se comprobó que hay presencia de concreto dentro de sus elementos, por lo que si fue aplicable el método FEMA P-154.

4.3.2. Ocupación

Las instalaciones evaluadas son parte de la infraestructura del colegio “primero de abril 2055”, que desde su creación en el año 1978 con R.D. 070 – VC -550 DEL 27 DE 01- 78 del Ministerio de vivienda de aquel entonces se ha utilizado para la educación de niños y niñas tanto de primaria como de secundaria, cabe recalcar que actualmente no cumple ese uso; por el estado actual de la infraestructura de los pabellones se ha limitado su uso a almacenes de mobiliario y productos necesarios para el funcionamiento del colegio. Para el desarrollo de las actividades académicas se ha optado por módulos prefabricados ubicados en el patio de recreación del colegio, cómo podemos observar en la figura 9.



Figura 9: Aulas prefabricadas donde se realizan las actividades académicas.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Sistema estructural

4.3.3.1. Sistema estructural C3.

Para este sistema estructural que según las características del manual del FEMA P-154 es una edificación de concreto con muros de ladrillo no reforzado, que al igual que el sistema C1 (construcciones de concreto armado que son resistentes a momentos) se emplearon varillas de acero corrugado, concreto, ladrillos King Kong artesanales. Además, cabe resaltar que su proceso constructivo careció de asistencia técnica, al ser construido por los mismos miembros de APAFA de ese momento, se contabilizó en este estado la totalidad de los pabellones analizados.



Figura 10: Imagen de fachada de Pabellón A del colegio Primero de Abril 2055.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11: Imagen de fachada de Pabellón B del colegio Primero de Abril 2055.

Fuente. Elaboración propia.

4.3.4. Irregularidades estructurales

Se hizo las visitas presenciales correspondiente en las que se pudo identificar () tipos de irregularidades que la desglosaremos a continuación:

✓ **Irregularidad por columna corta**

Esta irregularidad se presenta cuando los alfeizars no están debidamente aislados con los elementos estructurales (en este caso columnas), al ocurrirse un evento telúrico la losa arrastra la columna impactando con el alfeizar y provocando la falla del elemento estructural por efectos de corte. Las dos unidades de análisis cuentan con el mismo problema, tal como podemos observar en la figura 12.



Figura 12: Muros de albañilería sin separación sísmica Pabellón A y B.

Fuente. Elaboración propia.

Como podemos observar en los círculos señalados en la figura 12, no se cuenta con separaciones sísmicas entre los muros de albañilería y las columnas en las zonas referidas a los alfeizar.

✓ **Irregularidad por out of plane setback**

Cuando los niveles superiores sobrepasan horizontalmente a los niveles inferiores se conoce como irregularidad por out of plane setback todo esto indicado en el manual de la FEMA P-154. En el caso de los dos pabellones tienen esta misma configuración.



Figura 13: Irregularidad por out of plane setback.

Fuente. Elaboración propia.

4.3.5. Estado de conservación

La infraestructura como tal se ha encontrado en un mal estado, algunos elementos estructurales están expuestos, hay presencia de fallas directas en los elementos estructurales, también se presentan fisuras y grietas en los muros, además de que los ambientes no se encuentran con las características de habitabilidad adecuada.



Figura 14: Columna externa con exposición de acero en Pabellón A.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 15: Columna con fallas en el Módulo B.
Fuente. Elaboración propia.



Figura 16: Columna interior expuesta en Modulo B.
Fuente. Elaboración propia.



Figura 17: Columna interior con falla estructural grave en Pabellón B.


Fuente. Elaboración propia.

4.3.6. Estimación de vulnerabilidad

Se aplicaron las fichas de FEMA P-154 de las que se obtuvieron vulnerabilidades de grado 4 en el caso de los dos pabellones, demostrándose que los pabellones ante un evento telúrico están expuestos a sufrir de daños de carácter estructural grave, daños no estructurales muy graves, grandes grietas en los elementos estructurales por efectos de compresión y rotura, habría una inclinación inevitable de las columnas, y se sometería a un colapso total o parcial de columnas y plantas altas.

4.3.6.1. Módulo “A”

Tabla 20. Evaluación de nivel 1 – Cartilla FEMA P-154.

Adaptado de FEMA P-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook) - Enero - 2015																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
AUTORES: Vasquez Cieza Jhosmer Jhanderly - García Villanueva Jamil															NIVEL 1																																																																																																																																																																																																																																																																																												
CARTILLA DE SISMISIDAD ALTA - PABELLON A Dirección: Cuadra, Av. San Juan Bautista 2, Comas 15313. Uso: Centro Educativo. Latitud: 11°54'55.76"S Longitud: 77°2'39.68"O Verificadores: Jhosmer Vasquez Cieza y Jamil García Villanueva Fecha: 08/10/2021 Número de pisos: 2 Año de construcción: 1978 Área: Año código: 1978																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	Ocupación Servicio de emergencias Colegio Estatal Residencial, #unidades						Tipo de suelo A B C D E F No se conoce Roca Dura Roca Suelo denso o rígido Suelo suave Suelo pobre																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	Irregularidades			Vertical			Planta			Peligro de caídas exteriores A B C D Chimeneas sin refuerzo Parapetos Revestimiento pesado Otro																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	Comentarios El estado General del pabellón es malo, las aulas están en mal estado y podrían considerarse inhabitables, actualmente se usan como almacenes para mobiliario y artículos que necesitan ser almacenados.																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S" <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de edificación</th> <th>W1</th> <th>w1A</th> <th>W2</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> <th>S4</th> <th>S5</th> <th>C1</th> <th>C2</th> <th>C3</th> <th>PC1</th> <th>PC2</th> <th>RM1</th> <th>RM2</th> <th>URM</th> <th>MH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Puntaje de inicio</td> <td>3.6</td> <td>3.2</td> <td>2.9</td> <td>2.1</td> <td>2.0</td> <td>2.6</td> <td>2.0</td> <td>1.7</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>1.2</td> <td>1.6</td> <td>1.4</td> <td>1.7</td> <td>1.7</td> <td>1.0</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad vertical severa, Vif</td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.1</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.9</td> <td>-1.0</td> <td>-0.7</td> <td>-1.0</td> <td>-0.9</td> <td>-0.7</td> <td>-0.9</td> <td>-0.7</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad vertical moderada, Vif</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.4</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad de planta</td> <td>-1.1</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.7</td> <td>-0.9</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-0.5</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.4</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Pre - código</td> <td>-1.1</td> <td>-1.0</td> <td>-0.9</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-0.6</td> <td>-0.2</td> <td>-0.4</td> <td>-0.7</td> <td>-0.1</td> <td>-0.5</td> <td>-0.3</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>0.0</td> <td>-0.1</td> </tr> <tr> <td>Post - benchmark</td> <td>16</td> <td>19</td> <td>2.2</td> <td>14</td> <td>14</td> <td>11</td> <td>19</td> <td>NA</td> <td>19</td> <td>21</td> <td>NA</td> <td>2.0</td> <td>2.4</td> <td>2.1</td> <td>2.1</td> <td>NA</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Tipo de suelo A o B</td> <td>0.1</td> <td>0.3</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.1</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> <td>0.6</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>Tipo de suelo E (1-3 pisos)</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> <td>-0.2</td> <td>-0.4</td> <td>0.2</td> <td>-0.1</td> <td>-0.4</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>-0.2</td> <td>-0.3</td> <td>-0.1</td> <td>-0.1</td> <td>-0.1</td> <td>-0.2</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>Tipo de suelo E (>3 pisos)</td> <td>-0.3</td> <td>-0.6</td> <td>-0.9</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>NA</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.5</td> <td>-0.7</td> <td>-0.3</td> <td>NA</td> <td>-0.4</td> <td>-0.5</td> <td>-0.6</td> <td>-0.2</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Puntaje mínimo, Smin</td> <td>11</td> <td>0.9</td> <td>0.7</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>0.2</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td colspan="17">Puntaje final nivel 1, Sif>=Smin</td> </tr> <tr> <td colspan="17">0.7</td> </tr> <tr> <td colspan="17"> Grado de Verificación Exterior: <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo Interior: <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entero Dibujo hecho: <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Fuente de tipo de suelo: Calicata de elaboración propia - Sismid - MDC Fuente de peligro geológico: INDECI Persona de contacto: Vasquez Cieza Jhosmer - García Villanueva Jamil </td> </tr> <tr> <td colspan="17"> Otros Peligros ¿Hay otros peligros que requieran de una evaluación mas detallada? <input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de Sif>2) <input checked="" type="checkbox"/> Peligro de caída de construcciones vecinas mas altas <input type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural <input type="checkbox"/> Peligros geológicos o tipo de suelo F <input type="checkbox"/> Otros </td> </tr> <tr> <td colspan="17"> Evaluación Detallada SI NO S= 0.7 </td> </tr> </tbody> </table>																	Tipo de edificación	W1	w1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH	Puntaje de inicio	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5	Irregularidad vertical severa, Vif	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	NA	Irregularidad vertical moderada, Vif	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA	Irregularidad de planta	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA	Pre - código	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1	Post - benchmark	16	19	2.2	14	14	11	19	NA	19	21	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	12	Tipo de suelo A o B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	Tipo de suelo E (1-3 pisos)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	Tipo de suelo E (>3 pisos)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA	Puntaje mínimo, Smin	11	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0	Puntaje final nivel 1, Sif>=Smin																	0.7																	Grado de Verificación Exterior: <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo Interior: <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entero Dibujo hecho: <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Fuente de tipo de suelo: Calicata de elaboración propia - Sismid - MDC Fuente de peligro geológico: INDECI Persona de contacto: Vasquez Cieza Jhosmer - García Villanueva Jamil																	Otros Peligros ¿Hay otros peligros que requieran de una evaluación mas detallada? <input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de Sif>2) <input checked="" type="checkbox"/> Peligro de caída de construcciones vecinas mas altas <input type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural <input type="checkbox"/> Peligros geológicos o tipo de suelo F <input type="checkbox"/> Otros																	Evaluación Detallada SI NO S= 0.7																
Tipo de edificación	W1	w1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Puntaje de inicio	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Irregularidad vertical severa, Vif	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	NA																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Irregularidad vertical moderada, Vif	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Irregularidad de planta	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Pre - código	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Post - benchmark	16	19	2.2	14	14	11	19	NA	19	21	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	12																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Tipo de suelo A o B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Tipo de suelo E (1-3 pisos)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Tipo de suelo E (>3 pisos)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Puntaje mínimo, Smin	11	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Puntaje final nivel 1, Sif>=Smin																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Grado de Verificación Exterior: <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo Interior: <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entero Dibujo hecho: <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Fuente de tipo de suelo: Calicata de elaboración propia - Sismid - MDC Fuente de peligro geológico: INDECI Persona de contacto: Vasquez Cieza Jhosmer - García Villanueva Jamil																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Otros Peligros ¿Hay otros peligros que requieran de una evaluación mas detallada? <input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de Sif>2) <input checked="" type="checkbox"/> Peligro de caída de construcciones vecinas mas altas <input type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural <input type="checkbox"/> Peligros geológicos o tipo de suelo F <input type="checkbox"/> Otros																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Evaluación Detallada SI NO S= 0.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Fuente. Elaboración propia.

La evaluación con la cartilla nos refleja un coeficiente de vulnerabilidad $S=1.1$ correspondiente inicialmente a una vulnerabilidad de vulnerabilidad media, pero no se establecen características lo suficientemente específicas para una resolución final, por lo que si bien no se necesita una evaluación más detallada según el resultado, la inspección visual que hemos tenido los investigadores nos parece conveniente realizar con más detalla la inspección por lo que se aplica la cartilla de nivel 2 como se puede observar en la tabla 26.

Tabla 21. Interpretación de resultados para modulo A.

Adaptado de FEMA P-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook) - Enero - 2015			
AUTORES: Vasquez Cieza Jhosmer Jhanderly - García Villanueva Jamil			
CARTILLA DE SISMISIDAD ALTA - PABELLON A			NIVEL 2
Puntaje Final nivel 1:	S11= 0.7		(No considerar Smin.)
Nivel 1 modificaciones de irregularidad:	regularidad vertical, VI= 0	Irregularidad en planta, PI1= 0	
Puntaje ajustado:	S'=(S11-VI1-PI1)= 0.7		
Nota	Si las afirmaciones son correctas, encerrar en un círculo los modificadores de "Si"	Si	Subtotal
Irregularidad vertical, VI2	Lugar inclinado	Solo W1: Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.	-1.2
		Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.	-0.3
	Piso débil (marcar el máximo)	Solo W1 (casa sobre un garage): Hay un garage abierto sin marcos resistentes a momentos, hay menos de 2.5m de muros con la misma línea.	-1.2
		Solo WA1 (Abierto en frente): Hay aberturas para estacionamiento de más de 50% de la longitud de la construcción.	-1.2
		La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso es menor al 50% de un piso superior o la altura de cualquier piso es mayor a 2 veces la altura del piso superior.	-0.9
	Setback	La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso está entre 50% y 75% de un piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2 veces la altura del piso superior.	-0.5
		Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están fuera de los pisos inferiores, causando voladizos.	-1.0
		Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están dentro de los pisos inferiores.	-0.5
	Columna corta	Hay una compensación in-plane de los elementos laterales que son más grandes que la longitud de los elementos.	-0.3
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de las columnas a lo largo de la línea de las columnas tienen alturas menores que el 50% de la altura nominal del mismo piso.	-0.5
Niveles divididos	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Hay muros que acortan las columnas.	-0.5	
	El diafragma de la construcción no está alineado con los demás.	-0.5	
Otras irregularidades	Hay otra irregularidad severa observable.	-1.0	
	Hay otra irregularidad moderada observable.	-0.5	
Irregularidad torsional, PI2	Irregularidad torsional: Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en cualquiera de las 2 direcciones.	-0.7	
	Sistemas no paralelos: Hay lados de la construcción que no son ortogonales.	-0.4	
	Esquina entrante: Hay esquinas entrantes que son mayores al 25% de la longitud en cualquiera de las 2 direcciones.	-0.4	
	Diafragmas abiertos: Hay una apertura en el diafragma que son mayores al 50% del paño total.	-0.2	
	C1, C2 (out-of-plane offset): Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas.	-0.4	
Redundancia	Otras irregularidades: Hay otra irregularidad en planta observable.	-0.7	
	La construcción tiene al menos 2 vanos en cada dirección.	0.3	
Golpeteo	La construcción está separada de una construcción adyacente en menos de 1% de la altura de la construcción	-1.0	
	Los pisos no están alineados verticalmente dentro de los 60cm.	-1.0	
	Una construcción es más alta, 2 o más pisos que el otro.	-1.0	
Construcción S2	La construcción está al final de los bloques.	-0.5	
	Arriostres visibles.	-1.0	
Construcción C1	Placas planas sirven como vigas.	-0.4	
UFM	Muros en forma de cono están presentes.	-0.4	
MH	Hay un sistema de unión estable entre la construcción y el suelo.	1.2	
Retroalimentación	Refuerzo sísmico visible.	1.4	
Puntaje Final Nivel 2: S12=S'+VI2+PI2+M->Smin:			-1.5

Fuente. Elaboración propia.






Con el valor de S=-1.5 se puede identificar que la edificación cuenta con una alta probabilidad de contar con daños de grado 5 y muy alta probabilidad de sufrir daños de grado 4 tal como podemos observar en la tabla 27 y 28.

Table 22. Interpretación de resultados para modulo A.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
S < 0.3	Alta probabilidad de tener daño de grado 5 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 4.
0.3 < S < 0.7	Alta probabilidad de tener daño de grado 4 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 3.
0.7 < S < 2.0	Alta probabilidad de tener daño de grado 3 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 2.
2.0 < S < 3.0	Alta probabilidad de tener daño de grado 3 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 1.
S > 3.0	Probabilidad de tener daño de grado 1.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 23. Calificación de daño para estructuras de concreto con muros modulo A.

CALIFICACION DE DAÑO PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO CON MUROS		GRÁFICOS
Grado 1	Daños depreciables o ligeros (ningún daño estructural, daños no - estructurales ligeros), fisuras en los tabiques.	
Grado 2	Daños moderados (daños estructurales ligeros, daños no - estructurales moderados), grietas en vigas, muros estructurales y tabiques, caída de revestimientos y enlucidos frágiles.	
Grado 3	Daños importantes a graves (daños estructurales moderados, daños no - estructurales graves), grietas en columnas y vigas y en las juntas de los muros. Grandes grietas en tabiques y muros.	
Grado 4	Daños muy graves (daños estructurales graves, daños no estructurales muy graves), grandes grietas en los elementos estructurales por compresión y rotura de armadura, inclinación de columnas. Colapso de algunas columnas o plantas altas.	
Grado 5	Destrucción (daños estructurales muy graves), colapso de la planta baja o de algunas partes de la edificación.	

Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, de acuerdo al grado de daño podemos estimar la vulnerabilidad comparable con los otros métodos, que en este caso se estableció una vulnerabilidad muy alta tal como se puede observar en la tabla 29.


Tabla 24. Estimación final de vulnerabilidad para modulo A.

ESTIMACIÓN FINAL DE VULNERABILIDAD	
No vulnerables	GRADO 1 Y GRADO 2
Vulnerable	
Muy Vulner	

Fuente. Elaboración propia.

4.3.6.2. Modulo "B"

Tabla 25. Evaluación de nivel 1 – Cartilla FEMA P-154 – Modulo B.

Adaptado de FEMA P-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook) - Enero - 2015																	
AUTORES: Vasquez Cieza Jhosmer Jhandery - García Villanueva Jamil														NIVEL 1			
CARTILLA DE SISMIIDAD ALTA - MODULO B																	
				Dirección: Cuadra, Av. San Juan Bautista 2, Comas 15313.													
				Uso: Centro Educativo.													
				Latitud: 11°54'55.76" S					Longitud: 77°2'39.68" O								
				Verificadores: Jhosmer Vasquez Cieza y Jamil García Villanueva					Fecha: 08/10/2021								
				Número de pisos: 2					Año de construcción: 1978								
Área:					Año código: 1978												
				Ocupación					Tipo de suelo								
Asamblea	Comercial	Servicio de emergencias			A	B	C	D	E	F	No se conoce						
Industrial	Oficina	Colegio: Estatal			Roca Dura	Roca	Suelo denso	Suelo rígido	Suelo suave	Suelo pobre	Si no se sabe asumir suelo D						
Utilidad	Almacén	Residencial, #unidades															
Irregularidades				Vertical		Planta			Peligro de caídas exteriores								
									A	B	C	D					
									Chimeneas sin refuerzo	Parapetos	Revestimiento pesado	Otro					
									Comentarios								
									El estado General del pabellón es malo, las aulas están en mal estado y podrían considerarse inhabitables, actualmente se usan como almacenes para mobiliario y artículos que necesitan ser almacenados.								
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																	
Tipo de edificación	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
Puntaje de inicio	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5
Irregularidad vertical severa, Vlf	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	NA
Irregularidad vertical moderada, Vlf	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Irregularidad de planta	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre - código	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post - benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Tipo de suelo A o B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Tipo de suelo E (1-3 pisos)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Tipo de suelo E (>3 pisos)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Puntaje mínimo, S _{min}	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0
Puntaje final nivel 1, S _{if} >= S _{min}	0.7																
Grado de Verificación								Otros Peligros							Evaluación Detallada		
Exterior:	<input type="checkbox"/> Parcial	<input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados	<input type="checkbox"/> Aéreo					¿Hay otros peligros que requieran de una evaluación mas detallada							SI NO		
Interior:	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Visible	<input checked="" type="checkbox"/> Entero					Golpeteo (menos si el valor de S _{if} >2)							S= 0.7		
Dibujo hecho:	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No					Peligro de caída de construcciones vecinas mas altas										
Fuente de tipo de suelo:	Calicata de elaboración propia - Sismid - MDC							Daño significativo del sistema estructural									
Fuente de peligro geológico:	INDECI							Peligros geológicos o tipo de suelo F									
Persona de contacto:	Vasquez Cieza Jhosmer - García Villanueva Jamil							Otros									

Fuente. Elaboración propia.

La evaluación con la cartilla nos refleja un coeficiente de vulnerabilidad $S=1.1$ correspondiente inicialmente a una vulnerabilidad de vulnerabilidad media, pero no se establecen características lo suficientemente específicas para una resolución final, por lo que si bien no se necesita una evaluación más detallada según el resultado, la inspección visual que hemos tenido los investigadores nos parece conveniente realizar con más detalla la inspección por lo que se aplica la cartilla de nivel 2 como se puede observar en la tabla 21.

Tabla 26. Evaluación de nivel 2 – Cartilla FEMA P-154 – Modulo B.

Adaptado de FEMA P-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook) - Enero - 2015				NIVEL 2
AUTORES: Vasquez Cieza Jhosmer Jhanderly - García Villanueva Jamil				
CARTILLA DE SISMISIDAD ALTA - PABELLON B				
Puntaje Final nivel 1:	S11= 0.7		(No considerar Smin.)	
Nivel 1 modificaciones de irregularidad:	Irregularidad vertical, VI1= 0	Irregularidad en planta, PI1= 0		
Puntaje ajustado:	S'=(S11-VI1-PI1)= 0.7			
Nota	Si las afirmaciones son correctas, encerrar en un círculo los modificadores de "Si"		Si	Subtotal
Irregularidad vertical, VI2	Lugar inclinado	Solo W1: Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.	-1.2	VI2= -0.5
		Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.	-0.3	
	Piso débil (marcar el máximo)	Solo W1 (casa sobre un garage): Hay un garage abierto sin marcos resistentes a momentos, hay menos de 2.5m de muros con la misma línea.	-1.2	
		Solo WA1 (Abierto en frente): Hay aberturas para estacionamiento de más de 50% de la longitud de la construcción.	-1.2	
		La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso es menor al 50% de un piso superior o la altura de cualquier piso es mayor a 2 veces la altura del piso superior.	-0.9	
	Setback	La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso está entre 50% y 75% de un piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2 veces la altura del piso superior.	-0.5	
		Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están fuera de los pisos inferiores, causando voladizos.	-1.0	
		Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están dentro de los pisos inferiores.	-0.5	
	Columna corta	Hay una compensación in-plane de los elementos laterales que son más grandes que la longitud de los elementos.	-0.3	
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de las columnas a lo largo de la línea de las columnas tienen alturas menores que el 50% de la altura nominal del mismo piso.	-0.5	
Niveles divididos	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Hay muros que acortan las columnas.	-0.5		
	El diafragma de la construcción no está alineado con los demás.	-0.5		
Otras irregularidades	Hay otra irregularidad severa observable.	-1.0		
	Hay otra irregularidad moderada observable.	-0.5		
Irregularidad torsional, PI2	Irregularidad torsional: Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en cualquiera de las 2 direcciones.	-0.7	PI2= -0.7	
	Sistemas no paralelos: Hay lados de la construcción que no son ortogonales.	-0.4		
	Esquina entrante: Hay esquinas entrantes que son mayores al 25% de la longitud en cualquiera de las 2 direcciones.	-0.4		
	Diafragmas abiertos: Hay una apertura en el diafragma que son mayores al 50% del paño total.	-0.2		
	C1, C2 (out-of-plane offset): Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas.	-0.4		
Otras irregularidades: Hay otra irregularidad en planta observable.	-0.7			
Redundancia	La construcción tiene al menos 2 vanos en cada dirección.		0.3	M= -1.0
Golpeteo	La construcción está separada de una construcción adyacente en menos de 1% de la altura de la construcción menos alta.	Los pisos no están alineados verticalmente dentro de los 60cm.	-1.0	
		Una construcción es más alta, 2 o más pisos que el otro.	-1.0	
		La construcción está al final de los bloques.	-0.5	
Construcción S2	Arriostres visibles.		-1.0	
Construcción C1	Placas planas sirven como vigas.		-0.4	
URM	Muros en forma de cono están presentes.		-0.4	
MH	Hay un sistema de unión estable entre la construcción y el suelo.		1.2	
Retroalimentación	Refuerzo sísmico visible.		1.4	
Puntaje Final Nivel 2: S12=S'+VI2+PI2+M>=Smin:				-1.5

Fuente: Elaboración propia.






Con el valor de S=-1.5 se puede identificar que la edificación cuenta con una alta probabilidad de contar con daños de grado 5 y muy alta probabilidad de sufrir daños de grado 4 tal como podemos observar en la tabla 22 y 23.

Tabla 27. Interpretación de resultados para modulo B.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
S < 0.3	Alta probabilidad de tener daño de grado 5 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 4.
0.3 < S < 0.7	Alta probabilidad de tener daño de grado 4 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 3.
0.7 < S < 2.0	Alta probabilidad de tener daño de grado 3 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 2.
2.0 < S < 3.0	Alta probabilidad de tener daño de grado 3 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 1.
S > 3.0	Probabilidad de tener daño de grado 1.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Calificación de daño para estructuras de concreto con muros modulo B.

CALIFICACION DE DAÑO PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO CON MUROS		GRÁFICOS
Grado 1	Daños depreciables o ligeros (ningún daño estructural, daños no - estructurales ligeros), fisuras en los tabiques.	
Grado 2	Daños moderados (daños estructurales ligeros, daños no - estructurales moderados), grietas en vigas, muros estructurales y tabiques, caída de revestimientos y enlucidos frágiles.	
Grado 3	Daños importantes a graves (daños estructurales moderados, daños no - estructurales graves), grietas en columnas y vigas y en las juntas de los muros. Grandes grietas en tabiques y muros.	
Grado 4	Daños muy graves (daños estructurales graves, daños no estructurales muy graves), grandes grietas en los elementos estructurales por compresión y rotura de armadura, inclinación de columnas. Colapso de algunas columnas o plantas altas.	
Grado 5	Destrucción (daños estructurales muy graves), colapso de la planta baja o de algunas partes de la edificación.	

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, de acuerdo al grado de daño podemos estimar la vulnerabilidad comparable con los otros métodos, que en este caso se estableció una vulnerabilidad alta a muy alta, correspondiente también a los resultados de Índice de Vulnerabilidad según Benedetti y Petrini.

Tabla 29. Estimación final de vulnerabilidad.

ESTIMACIÓN FINAL DE VULNERABILIDAD	
No vulnerables	GRADO 1 Y GRADO 2
Vulnerable	GRADO 3
Muy Vulnerable	GRADO 4 Y GRADO 5

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini (calificación de parámetros).

4.4.1. Organización del Sistema Resistente

Se ha identificado en base a 4 parámetros (A, B, C, D) que van en relación a las características establecidas por el método, tal como se observa en la tabla 30.

Figura 18: Primer Nivel del Módulo A – Colegio Primero de Abril – 2055.

Fuente: Elaboración propia.

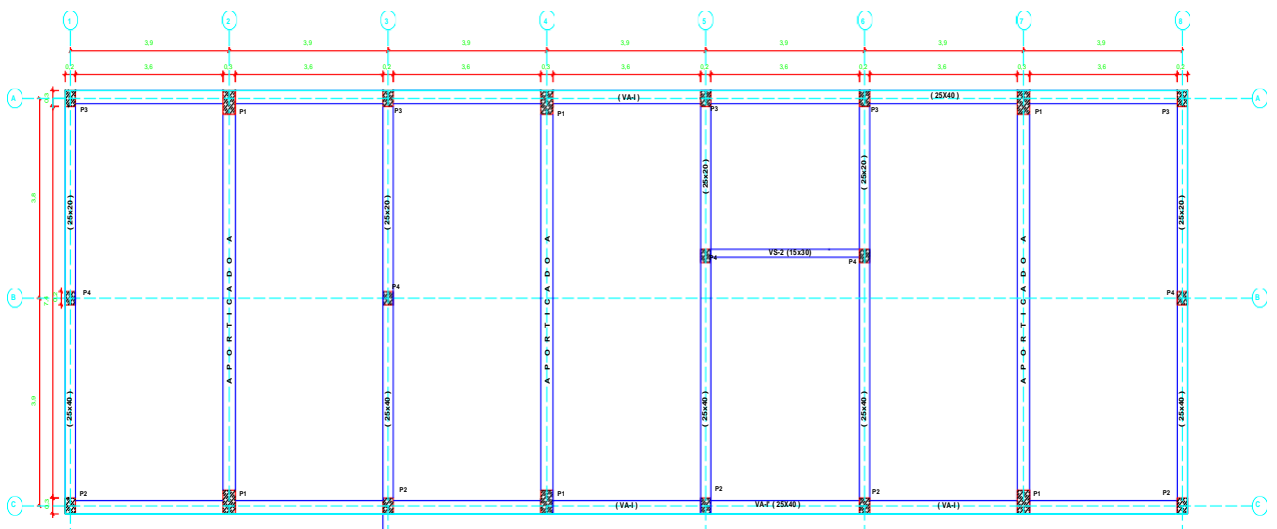


Figura 19: Segundo Nivel del Módulo A – Colegio Primero de Abril – 2055.

Fuente: Elaboración propia.

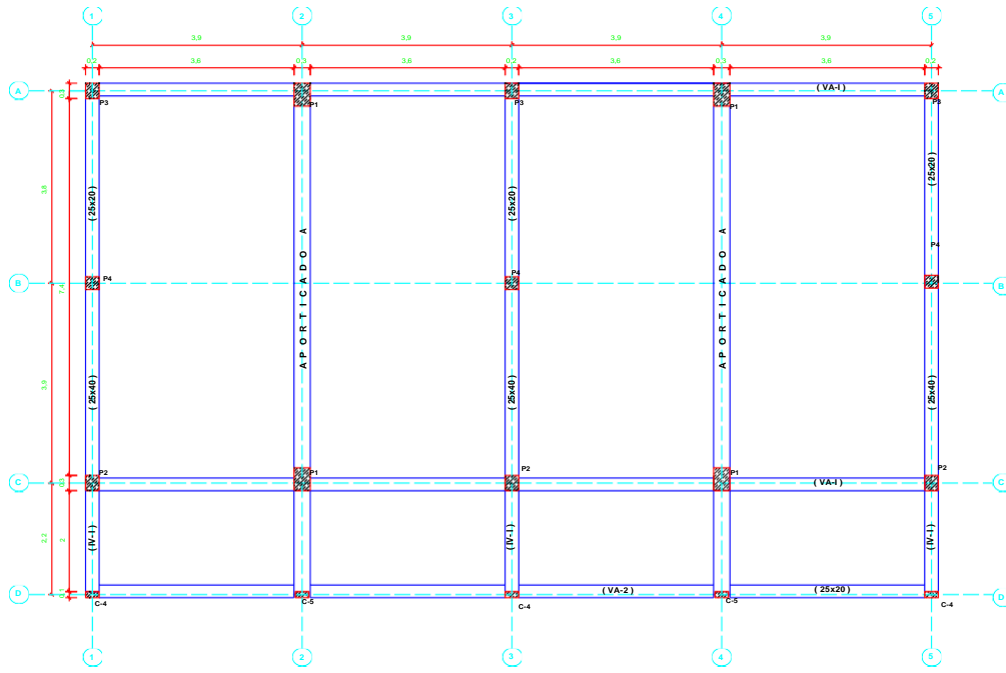


Figura 20: Primer Nivel del Módulo B – Colegio Primero de Abril – 2055.

Fuente: Elaboración propia.

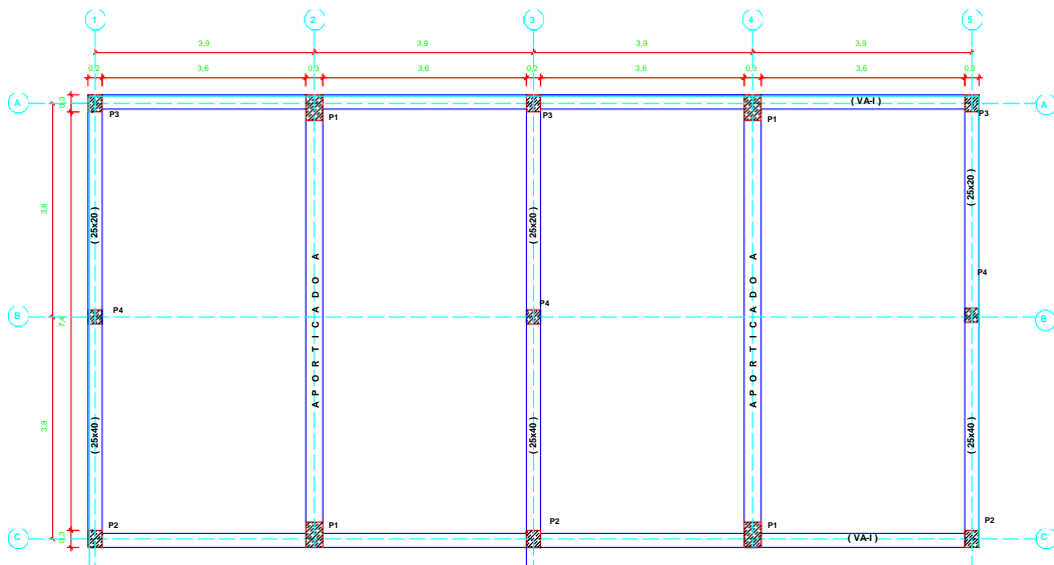


Figura 21: Segundo Nivel del Módulo B – Colegio Primero de Abril – 2055.

Fuente: Elaboración propia.

La estimación de este parámetro es la misma, tienen similitud en su organización de sistema resistente, obtiene una calificación de B, al no haber contado con supervisión técnica adecuada.

Tabla 30. Estimación de calificación de la organización del sistema resistente del pabellón A y B.

Organización del sistema resistente	
A	Edificación construida con las recomendaciones de la Norma Sismorresistente E-030 y la Norma de Albañilería E.070.
B	Edificación que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en muros.
C	Edificación que no presenta vigas de amarre en todas las plantas, está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas.
D	Edificación con paredes ortogonales no ligadas.

Fuente. Elaboración propia.

4.4.2. Calidad del Sistema Resistente

Los muros de albañilería de todos los pabellones de la I.E. Primero de abril 2055, han sido construidos por ladrillos de una dudosa calidad, al parecer de procedencia artesanal, por lo que se ha depreciado en un 80% de su resistencia a lo largo de los años, se ha observado una dudosa colocación de mortero, y se obtiene una calificación de C para ambos pabellones.

Tabla 31. Estimación de calificación de la calidad del sistema resistente del pabellón A y B.

Calidad del sistema resistente	
A	El sistema resistente de la edificación presenta las siguientes tres características:
	1 Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.
	2 Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
	3 Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.00 a 1.50 cm.
B	El sistema resistente de la edificación no presenta una de las características de la clase "A"
C	El sistema resistente de la edificación no presenta dos de las características de la clase "A"
D	El sistema resistente de la edificación no presenta ninguna de las características de la clase "A"

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Resistencia Convencional

4.4.3.1. Módulo A

Coeficiente Sísmico "C"

- o N: Número de pisos =
- o At: Área total de cubierta en (m²) =
- o AT_{x,y}: Área total resistente del muro en x, y; en (m²)

2	pisos
258.75	m ²

- o Tk: Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en (Tn/m²) = 15 TN/m²
- o H: Altura media de los pisos en (m) =
- o P_m: Peso específico de la mampostería en (Tn/m³) =
- o P_s: Peso por unidad de Área del diafragma en (Tn/m²) =
- o T: Espesor del muro en (m) =

AT _x =	0	
AT _y =	100.1	
	0.5	TN/m ²
	3.1	
	1.8	Tn/m ³
	0.574	Tn/m ²
	0.25	m

Muros	Cantidad	H (m)	Lx (m)	Ly (m)	Atx (m ²)	Aty (m ²)
Y	3	2.8	---	3.5	---	29.4
Y	3	2.8	---	3.65	---	30.66
Y	2	2.8	---	2.7	---	15.12
Y	2	2.8	---	4.45	---	24.92
Área total						100.1

Muros	Cantidad	H (m)	Lx (m)	Ly (m)	Atx (m ²)	Aty (m ²)
Y	3	2.8	---	3.5	---	29.4
Y	3	2.8	---	3.65	---	30.66
Y	2	2.8	---	2.7	---	15.12
Y	2	2.8	---	4.45	---	24.92
Área total						100.1

Aplicando la fórmula de coeficiente sísmico tenemos:

Donde:

- o A = min (A_x, A_y): A =
- o B = min (A_x, A_y): B =
- o a₀ = A/At =
- o γ = B/A =

100.1
100.1
0.387
1.000

1

$$C = \frac{a_0 * tk}{q * N} * \sqrt{1 + \frac{q * N}{1.5 * a_0 * tk * (1 + \gamma)}}$$

C =

0.142561099

- o $q = \frac{(A + B)}{A_t} * P_m + P_s$
- o C' =
- o α = C/C'

q = 1.836810821

0.45
0.3168024

Figura 22: Cálculo de resistencia convencional módulo A.

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que el Pabellón B posee un $\alpha=0.3168 \leq 0.4$, por lo tanto, la calificación corresponde a un nivel "D".

Tabla 32. Calificación de resistencia convencional del Módulo A.

Resistencia convencional	
A	Edificación con $\alpha \geq 1$
B	Edificación con $0.6 \leq \alpha \leq 1$
C	Edificación con $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
D	Edificación con $\alpha \leq 0.4$

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.2. Modulo B

Coeficiente Sísmico "C"

- o N: Número de pisos =
- o At: Área total de cubierta en (m²) =
- o ATx,y: Área total resistente del muro en x, y; en (m²)

2	pisos
158	m ²

- o Tk: Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en (Tn/m²) = 15 TN/m²
- o H: Altura media de los pisos en (m) =
- o Pm: Peso específico de la mampostería em (Tn/m³) =
- o Ps= Peso por unidad de Área del diafragma en (Tn/m²) =
- o T: Espesor del muro en (m) =

ATx=	0	
ATy=	60.06	
	0.5	TN/m ²
	3.1	
	1.8	Tn/m ³
	0.574	Tn/m ²
	0.25	m

Área total resistente en el Primer Nivel						
Muros	Cantidad	H (m)	Lx (m)	Ly (m)	Atx (m ²)	Aty (m ²)
Y	3	2.8	---	3.5	---	29.4
Y	3	2.8	---	3.65	---	30.66
Área total						60.06

Área total resistente en el Segundo Nivel						
Muros	Cantidad	H (m)	Lx (m)	Ly (m)	Atx (m ²)	Aty (m ²)
Y	3	2.8	---	3.5	---	29.4
Y	3	2.8	---	3.65	---	30.66
Área total						60.06

Aplicando la fórmula de coeficiente sísmico tenemos:

Donde:

- o A= min (Ax,Ay): A=
- o B= min (Ax, Ay): B=
- o a₀= A/At=
- o γ =B/A=

60.06
60.06
0.380
1.000

1

$$C = \frac{a_0 * tk}{q * N} * \sqrt{1 + \frac{q * N}{1.5 * a_0 * tk * (1 + \gamma)}}$$

C= 0.142561099

o $q = \frac{(A + B)}{A_t} * P_m + P_s$

q= 1.804841013

o C'=

0.45
0.3168024

o α= C/C'

Figura 23: Cálculo de resistencia convencional módulo B.

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que el Pabellón A posee un $\alpha=0.3168 \leq 0.4$, por lo tanto, la calificación corresponde a un nivel "D".

Tabla 33. Calificación de resistencia convencional del Módulo B.

Resistencia convencional	
A	Edificación con $\alpha \geq 1$
B	Edificación con $0.6 \leq \alpha \leq 1$
C	Edificación con $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
D	Edificación con $\alpha \leq 0.4$

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Posición del Edificio y Cimentación

Tabla 34. Calificación de posición y cimentación del edificio del Pabellones A y B.

Posición del edificio y de la cimentación	
A	Edificación de albañilería cimentada sobre suelo duro y rígido y según las Normas E-070 y E-030, sin presencia de humedad ni sales.
B	Edificación de albañilería cimentada sobre suelo intermedio y según las Normas E-070 y E-0.30, sin presencia de humedad ni sales.
C	Edificación de albañilería cimentada sobre suelo intermedio y según las Normas E-070 y E-0.30, con presencia de humedad y sales.
D	Edificación de albañilería cimentada sobre suelo blando y flexible, sin proyecto aprobado ni asesoría técnica, con presencia de sales y humedad. Estado de conservación deteriorado.

Fuente. Elaboración propia.

4.4.5. Diafragmas Horizontales

Tabla 35. Calificación de diafragmas horizontales de Pabellones A y B.

Diafragmas Horizontales	
A	Edificación con diafragmas que satisfacen las siguientes condiciones:
	1 Ausencia de planos a desnivel.
	2 La deformación del diafragma es mínima (despreciable).
	3 La conexión entre el diafragma y el muro 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".
D	Edificación que no cumple con ninguna de las condiciones de la clase "A".

Fuente. Elaboración propia.

4.4.6. Configuración en Planta

4.4.6.1. Módulo A

Tabla 36. Calificación de configuración en planta de Módulo A.

Configuración en Planta	
A	Edificación con: $\beta_1 = a / L \geq 0.8$ ó $\beta_2 = b / L \leq 0.1$
B	Edificación con: $0.6 \leq \beta_1 = a / L < 0.8$ ó $0.1 < \beta_2 = b / L \leq 0.2$
C	Edificación con: $0.4 \leq \beta_1 = a / L < 0.6$ ó $0.2 < \beta_2 = b / L \leq 0.3$
D	Edificación con: $\beta_1 = a / L < 0.4$ ó $\beta_2 = b / L > 0.3$

$$\beta_1 = 0.292237443$$

$$a = 8$$

$$L = 27.375$$

Fuente. Elaboración propia.

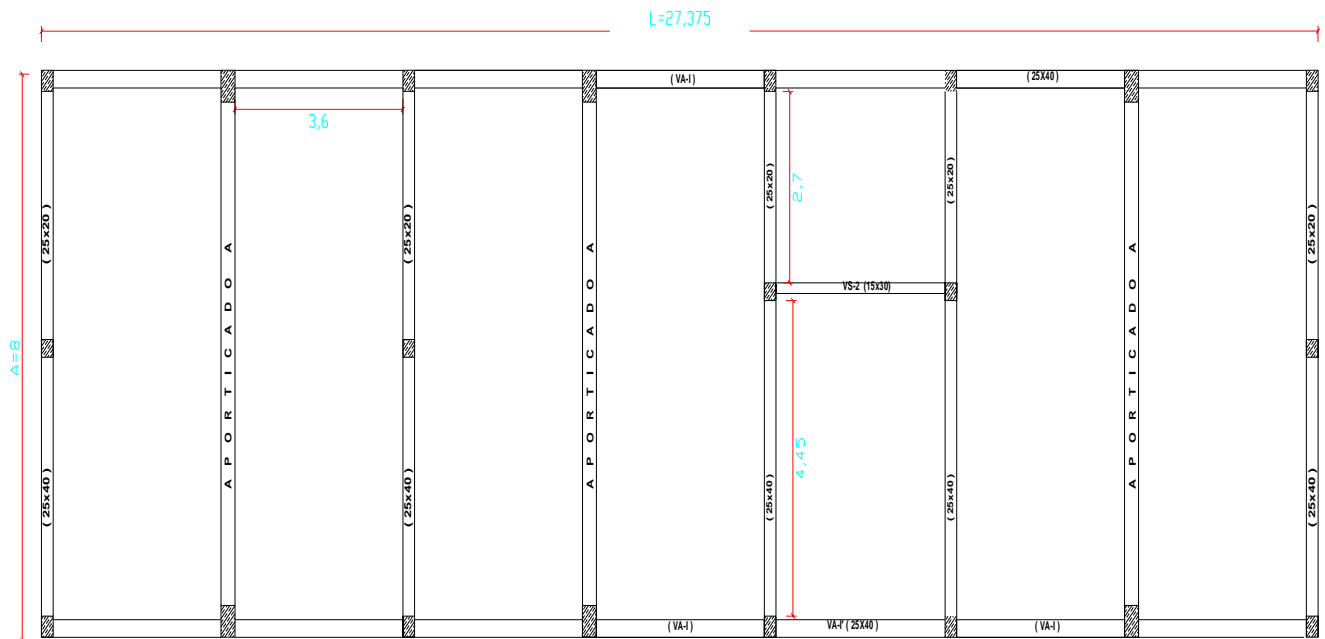


Figura 24: Plano de relación a/L de Módulo A.

Fuente. Elaboración propia.

4.4.6.2. Módulo B

Tabla 37. Calificación de configuración en planta de Módulo B.

Configuración en Planta	
A	Edificación con: $\beta_1 = a / L \geq 0.8$ ó $\beta_2 = b / L \leq 0.1$
B	Edificación con: $0.6 \leq \beta_1 = a / L < 0.8$ ó $0.1 < \beta_2 = b / L \leq 0.2$
C	Edificación con: $0.4 \leq \beta_1 = a / L < 0.6$ ó $0.2 < \beta_2 = b / L \leq 0.3$
D	Edificación con: $\beta_1 = a / L < 0.4$ ó $\beta_2 = b / L > 0.3$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.507936508 \\ a &= 8 \\ L &= 15.75 \end{aligned}$$

Fuente. Elaboración propia.

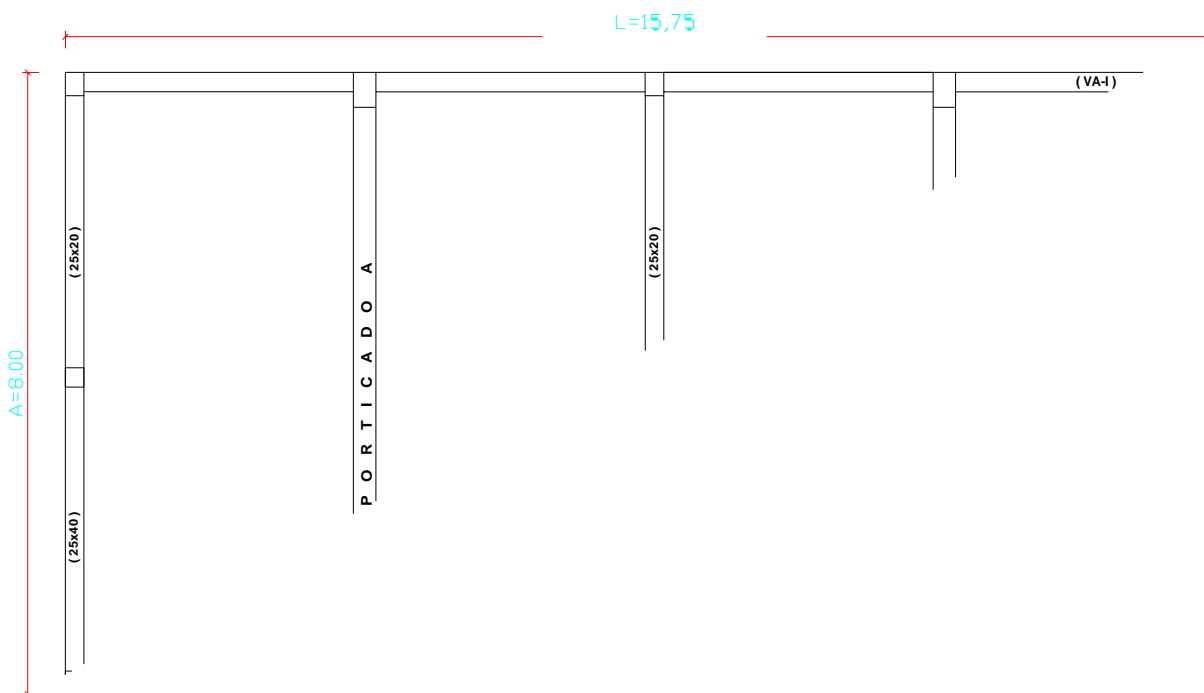


Figura 25: Plano de relación a/L de Módulo B.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.7. Configuración en Elevación

4.4.7.1. Módulo A

Tabla 38. Calificación de configuración en elevación de Módulo A.

Configuración en Elevación	
A	Edificación con: $\pm DA/A \leq 10\%$
B	Edificación con: $10\% < \pm DA/A \leq 20\%$
C	Edificación con: $20\% < \pm DA/A < 50\%$; presenta discontinuidad en los sistemas resistentes.
D	Edificación con: $\pm DA/A \geq 50\%$; presenta irregularidad de piso blando.

Configuración en elevación del Pabellón A del 1er piso.	Resultados del cálculo de la irregularidad en elevación	
T : Distancia de la irregularidad	0	m
H : Altura total de bloque	6.2	m
A : Área total del bloque del 1er piso	258.75	m ²
DA : Cambio de área de pisos	0	
DA/A : Área del Porche	0%	

T/H	DA/A
0	0%

Fuente. Elaboración propia.

Para la Irregularidad en elevación tenemos que DA/A es igual al 0%, lo que nos proporciona una valoración de $DA/A \leq 10\%$, con una calificación de A.

4.4.7.2. Módulo B

Tabla 39. Calificación de configuración en elevación de Módulo B.

Configuración en Elevación	
A	Edificación con: $\pm DA/A \leq 10\%$
B	Edificación con: $10\% < \pm DA/A \leq 20\%$
C	Edificación con: $20\% < \pm DA/A < 50\%$; presenta discontinuidad en los sistemas resistentes.
D	Edificación con: $\pm DA/A \geq 50\%$; presenta irregularidad de piso blando.

Configuración en elevación del Pabellón A del 1er piso.	Resultados del cálculo de la irregularidad en elevación	
T : Distancia de la irregularidad	0	m
H : Altura total de bloque	6.2	m
A : Área total del bloque del 1er piso	158	m ²
DA : Cambio de área de pisos	0	
DA/A : Área del Porche	0%	

T/H	DA/A
0	0%

Fuente. Elaboración propia.

Para la Irregularidad en elevación tenemos que DA/A es igual al 0%, lo que nos proporciona una valoración de $DA/A \leq 10\%$, con una calificación de A.

4.4.8. Separación Máxima entre Muros

Tabla 40. Calificación de distancia máxima entre muros del Pabellón A y B.

Distancia Máxima entre muros	
A	Edificación con: $L/S < 15$
B	Edificación con: $15 \leq L/S < 18$
C	Edificación con: $18 \leq L/S < 25$
D	Edificación con: $L/S \geq 25$

L: Espaciamiento de los muros Transversales (m)
S: Espesor del Muro Portante (m)

Pabellón	L	S	L/S
A	4	0.25	16
B	4	0.25	16

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo a la relación de $L/S = 16$ se encuentra entre los intervalos de $15 \leq L/S < 18$, por lo que se le dio una valoración de B; para el caso de los dos pabellones.

4.4.9. Tipos de Cubierta

Tabla 41. Calificación de tipo de cubierta de Pabellones A y B.

Tipo de Cubierta	
A	Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y material liviano. Edificación con cubierta plana.
B	Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.
C	Cubierta inestable de material liviano y en buenas condiciones.
D	Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.

Fuente. Elaboración propia.

Las cubiertas a simple vista se podrían incluso considerar en buen estado, pero con la inspección visual se ha podido determinar inclinaciones de vigas soleras conjunto a las cubiertas, además de elementos de acero expuestos y con aparente desgaste por sulfatos; razones por las que se considera el peor escenario en la calificación.



Figura 26: Inclinación de cubierta (losa aligerada) y viga principal.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.10. Elementos no Estructurales

Tabla 42. Calificación de elementos no estructurales de Pabellones A y B.

Elementos no estructurales	
A	Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.
B	Edificación con balcones y parapetos bien conectados al sistema resistente.
C	Edificación con balcones y parapetos mal conectados al sistema resistente. Elementos deteriorados debido a su antigüedad.
D	Edificación que presenta tanques elevados prefabricados de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal construidos, que se pueden desplomar en caso que se produzca un evento sísmico. Edificaciones con balcones construidos posteriormente a la estructura principal y conectada a esta de modo deficiente y en mal estado.

Fuente. Elaboración propia.

4.4.11. Estado de Conservación

Tabla 43. Calificación de estado de conservación de Pabellones A y B.

Estado de Conservación	
A	Muros que se encuentra en buenas condiciones, no presentan fisuras visibles.
B	Muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras menores a 2.00 milímetros.
C	Muros que presentan leves agrietamientos (fisuras de tamaño medio de 2.00 a 3.00 milímetros), y a simple vista se nota muy deteriorado
D	Muros que presentan en toda su dimensión un grave agrietamiento (fisuras de más de 3.00 milímetros de ancho), con fuerte deterioro en sus componentes y su estado de conservación es muy malo.

Fuente. Elaboración propia.

4.4.12. Resultados Finales

4.4.12.1. Módulo A

Tabla 44. Resultados finales de Índice de vulnerabilidad sísmica del módulo A del colegio primero de abril 2055.

Parámetros	Calificación	Calificación	Clase K_i				W_i	Puntaje
			A	B	C	D		
1	Organización del sistema resistente	B	0	5	20	45	1.00	5.00
2	Calidad del sistema resistente	C	0	5	25	45	0.25	6.25
3	Resistencia convencional	D	0	5	25	45	1.50	67.50
4	Posición de edificio y cimentación	D	0	5	25	45	0.75	33.75
5	Diafragmas horizontales	C	0	5	15	45	1.00	15.00
6	Configuración en planta	C	0	5	25	45	0.50	12.50
7	Configuración en elevación	A	0	5	25	45	1.00	0.00
8	Distancia máxima entre muros	B	0	5	25	45	0.25	1.25
9	Tipo de cubierta	D	0	15	25	45	1.00	45.00
10	Elementos no estructurales	D	0	0	25	45	0.25	11.25
11	Estado de conservación	D	0	5	25	45	1.00	45.00
Índice de Vulnerabilidad								242.50

Fuente. Elaboración propia.

Por último, se estableció el nivel de vulnerabilidad en base al índice de vulnerabilidad de 242.50, correspondiente a los intervalos de 191.30 – 286.30 de vulnerabilidad alta.

4.4.12.2. Módulo B

Tabla 45. Resultados finales de Índice de vulnerabilidad sísmica del módulo B del colegio primero de abril 2055.

Parámetros	Calificación	n	Clase K_i				W_i	Puntaje
			A	B	C	D		
1	Organización del sistema resistente	B	0	5	20	45	1.00	5.00
2	Calidad del sistema resistente	C	0	5	25	45	0.25	6.25
3	Resistencia convencional	D	0	5	25	45	1.50	67.50
4	Posición de edificio y cimentación	D	0	5	25	45	0.75	33.75
5	Diafragmas horizontales	C	0	5	15	45	1.00	15.00
6	Configuración en planta	C	0	5	25	45	0.50	22.50
7	Configuración en elevación	A	0	5	25	45	1.00	0.00
8	Distancia máxima entre muros	B	0	5	25	45	0.25	1.25
9	Tipo de cubierta	D	0	15	25	45	1.00	45.00
10	Elementos no estructurales	D	0	0	25	45	0.25	11.25
11	Estado de conservación	D	0	5	25	45	1.00	45.00
Índice de Vulnerabilidad								252.50

Fuente. Elaboración propia.

Por último, se estableció el nivel de vulnerabilidad en base al índice de vulnerabilidad de 252.50, correspondiente a los intervalos de 191.30 – 286.30 de vulnerabilidad alta.

Tabla 46. Resumen de vulnerabilidad según Pabellón.

Pabellón	I_v	Vulnerabilidad
A	242.5	Vulnerabilidad Alta
B	252.5	Vulnerabilidad alta

Fuente. Elaboración propia.

4.5. Métodos analíticos

4.5.1. Modulo A

4.5.1.1. Cálculo de densidad de muros de albañilería

Número de Pisos, N =	2	
Factor de Zona, Z =	0.45	Zona 4-Comas lima
Factor de Uso, U =	1.50	Vivienda A
Factor de Suelo, S =	1.05	S2
Área típica del piso, A_p =	219	m ²
Albañilería Industrial $f' m$	35	kg/cm ²
$v' m$	5.1	kg/cm ²

El objeto de estudio cuenta con muros estructurales solo en el eje Y, por lo que solo será analizado este eje.

Dirección Y			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L x t (m ²)
1Y	8.000	0.23	1.8400
2Y	8.000	0.23	1.8400
3Y	8.000	0.23	1.8400
4Y	8.000	0.23	1.8400
5Y	8.000	0.23	1.8400

Tabla 47. Cálculo de densidad de muros en Y

Fuente: elaboración propia

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.04201 \geq 0.0253$$

Dado que el parámetro de densidad de muros es mayor en la dirección de análisis, entonces se garantiza la densidad del mismo siendo 0.04 > 0.02.

4.5.1.2. Configuración de grillas para el Mod. A

Estando en el programa de análisis (ETABS 2016) primero se tendrá que generar un nuevo modelo, posterior a ello se definirá las grillas según las longitudes indicadas en el plano en sus 2 direcciones como se muestra en la figura (x)

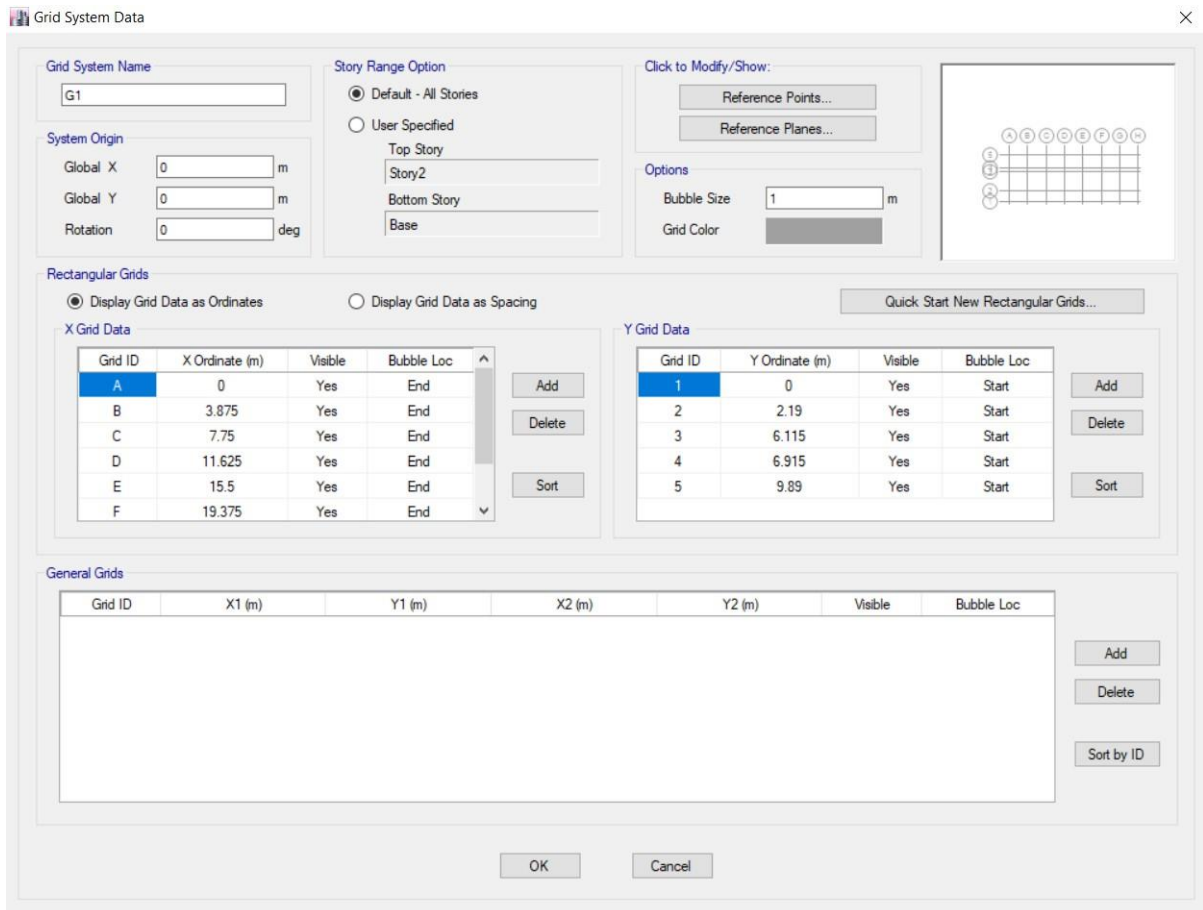


Figura 27: Configuración de grillas de planta.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se define las alturas de cada entre piso de la edificación, como se muestra en la figura:

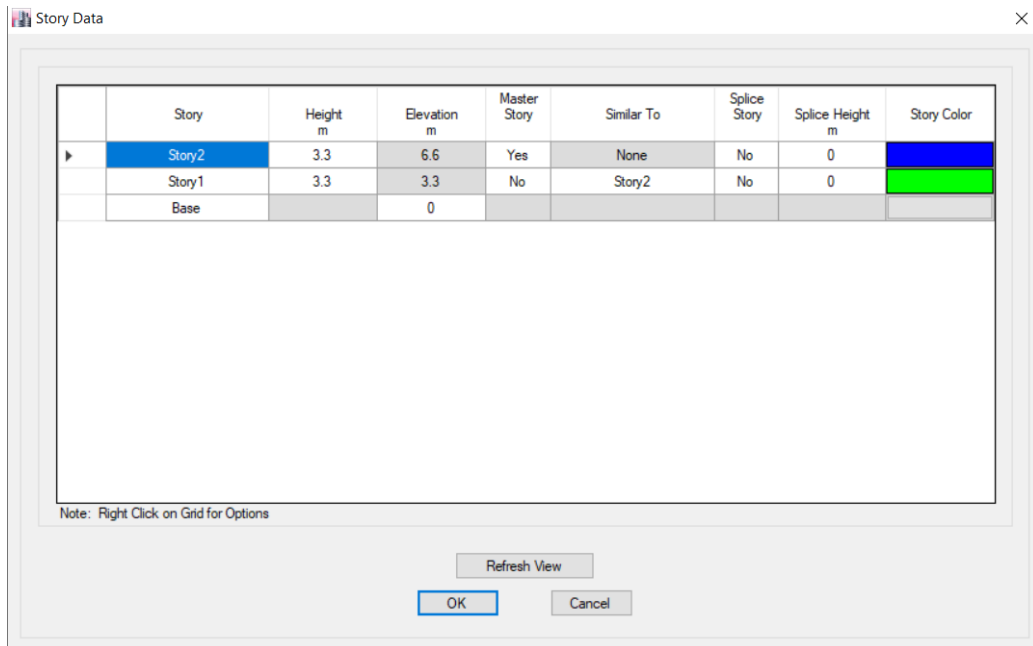


Figura 28: Configuración de grillas en altura de entrepiso

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar esta configuración, el programa dibujará automáticamente las líneas de referencia de la edificación, como se aprecia en la figura (x)

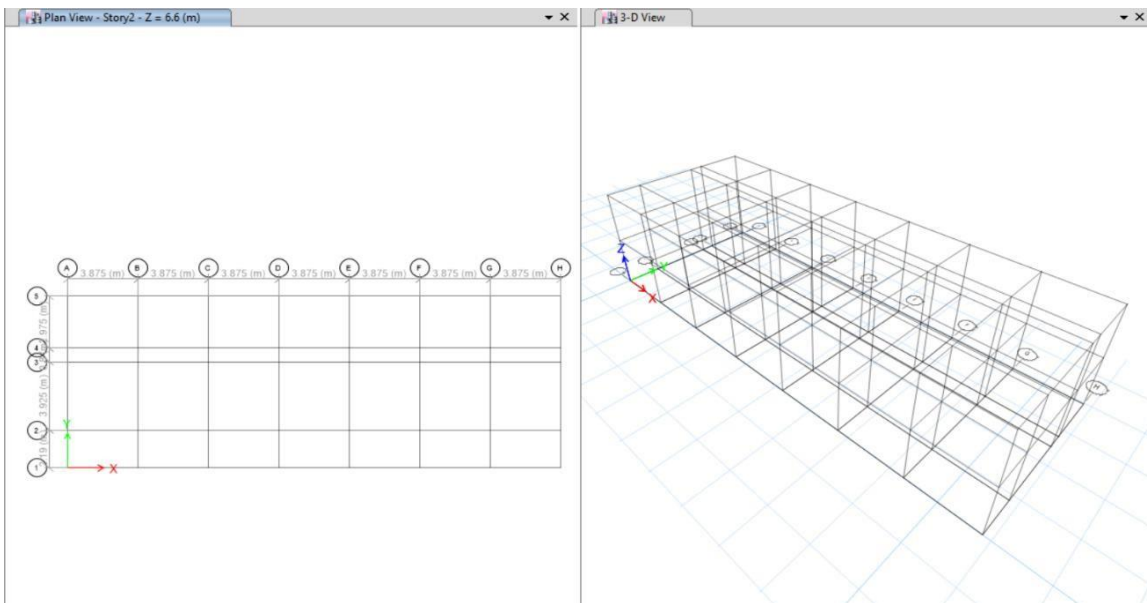


Figura 29: Grillas de edificación en planta y altura.

Fuente: Elaboración propia

4.5.1.3. Definición de materiales

Para definir los materiales a usar, primero se tendrá que definir las unidades en las que se va a trabajar, una vez realizado esto se configura las propiedades de los elementos. Para este estudio se realizaron diamantinas tanto en columnas como en vigas como se indica en la figura (x anexo). Para el caso de las vigas se consideró un $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ como promedio y en caso de las columnas se homogenizó con un $F'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$, teniendo un peso volumétrico de 2.4 Tn/m^2

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for concrete. The 'General Data' section includes: Material Name: C.Col 150 kg/cm2; Material Type: Concrete; Directional Symmetry Type: Isotropic; Material Display Color: [Color swatch]; Material Notes: [Modify/Show Notes...]. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³ and Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E: 1299038.11 tonf/m²; Poisson's Ratio, U: 0.15; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C; Shear Modulus, G: 564799.18 tonf/m². The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura 30: Propiedades del concreto
Fuente: Elaboración propia

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for concrete. The 'General Data' section includes: Material Name: C.V 210 kg/cm2; Material Type: Concrete; Directional Symmetry Type: Isotropic; Material Display Color: [Color swatch]; Material Notes: [Modify/Show Notes...]. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³ and Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E: 2173706.51 tonf/m²; Poisson's Ratio, U: 0.15; Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C; Shear Modulus, G: 945089.79 tonf/m². The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura 31: Propiedades del concreto
Fuente: Elaboración propia

En caso del acero se consideró un $F_y = 42000 \text{ Tn/m}^2$ y un F_{ye} y $F_{ue} = 33600 \text{ Tn/m}^2$, esto a un 80% según (citar la investigación) considerándolo como una edificación con más de 40 años de antigüedad. El módulo de elasticidad es $E_s = 2 \times 10^7 \text{ Tn/m}^2$ y su peso volumétrico es de 7.8 tn/m^3

Figura 32: Propiedades del hacer
Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Propiedades del acero
Fuente: Elaboración propia

Para el caso de albañilería, según la E.070, su resistencia compresión es de $F'm = 35 \text{ Kg/cm}^2$, valor para el caso de diseño. Sin embargo, debido a que se está realizando una evaluación sísmica es necesario obtener muestras de dicho material y ensayarlo como prisma para poder obtener su resistencia a la compresión siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.613 y 339.604. Debido a que no se pudo realizar dicho ensayo por restricciones indicadas por el encargado del I.E, el valor considerado para la resistencia de este material será reducido en un 20% , este criterio es empleado por Amoroto y Choquehuanca (2014), los cuales indican que la resistencia de un elemento a compresión reduce en un 20% para una edificación con una antigüedad de 40 a 50 años. Siendo así el valor considerado para el presente estudio será $F'm = 28 \text{ Kg/cm}^2$ con un módulo de elasticidad $E = 14000 \text{ kg/cm}^2$, teniendo un peso volumétrico de 1.8 Tn/m^3 e

Figura 34: Propiedades de la albañilería

Fuente: Elaboración propia

Para el aligerado se consideró un $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ ya que se consideró como un vaciado uniforme con las vigas. El peralte de dicho elemento fue tomado según el plano de la institución.

Material Property Data

General Data

Material Name: Aligerado h= 20 cm

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Swatch] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2173706.51 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 945089.79 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

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

OK Cancel

Figura 35: Propiedades del concreto en el aligerado.

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se consideró la escalera con un $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con un $e = 22 \text{ cm}$ como se encuentra in situ.

Material Property Data

General Data

Material Name: Escalera e= 22 cm

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2173706.51 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 945089.79 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

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

OK Cancel

Figura 36: Propiedades del concreto en aligerado.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.1.4. Configuración de las características físicas de los elementos.

Una vez definido los elementos a modelar, se definen las características físicas de dichos elementos, como vigas, columnas, losas y escalera.

Columnas:



Figura 37: Asignación de sección para la columna P-1

Fuente: Elaboración propia

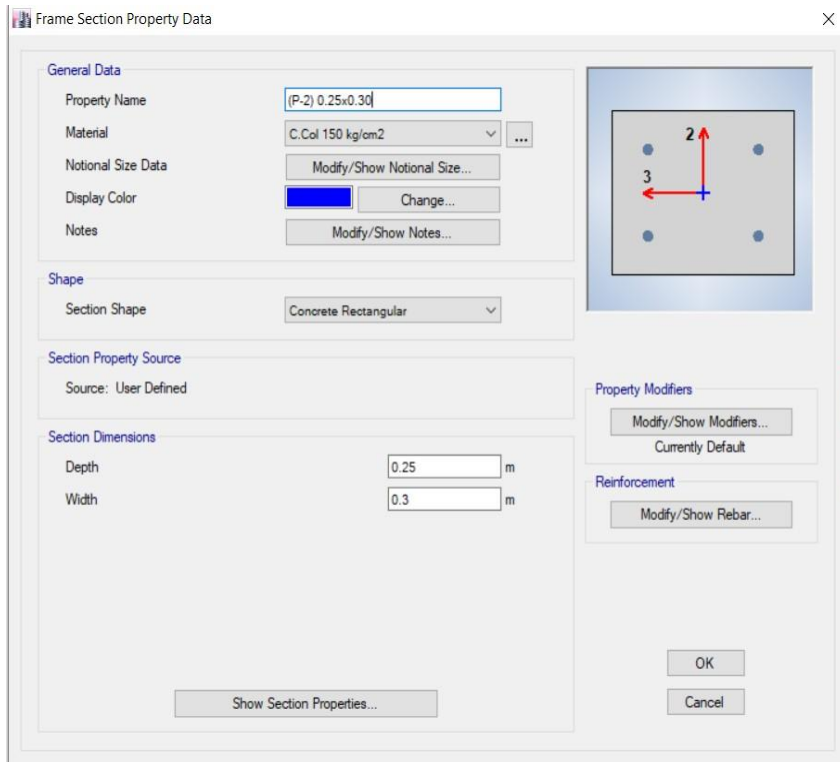


Figura 38: Asignación de sección para la columna P-2

Fuente: Elaboración propia



Figura 39: Asignación de sección para la columna P-3

Fuente: Elaboración propia

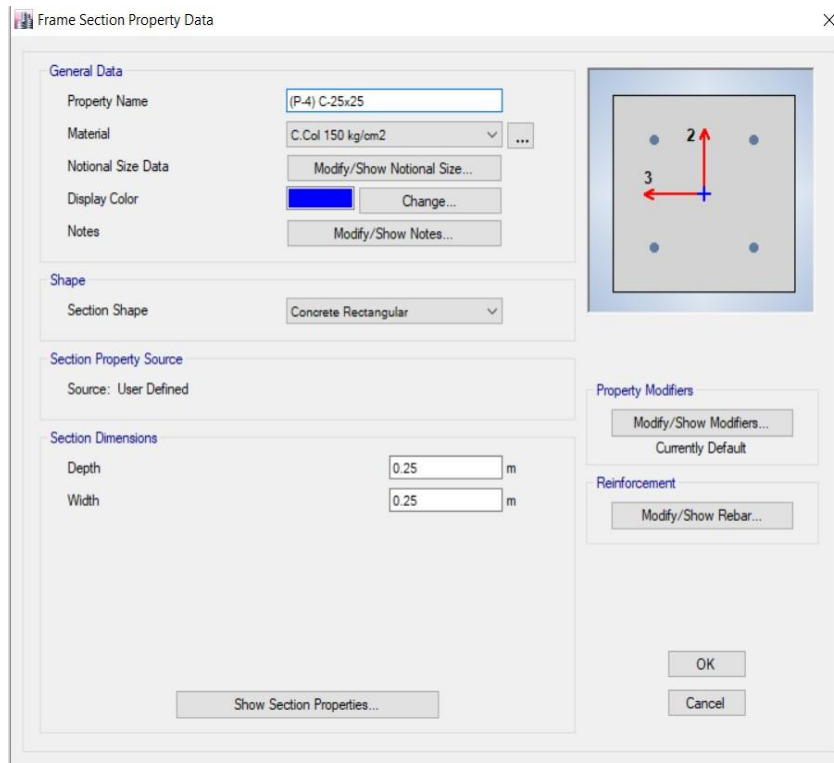


Figura 40: Asignación de sección para la columna P-4

Fuente: Elaboración propia

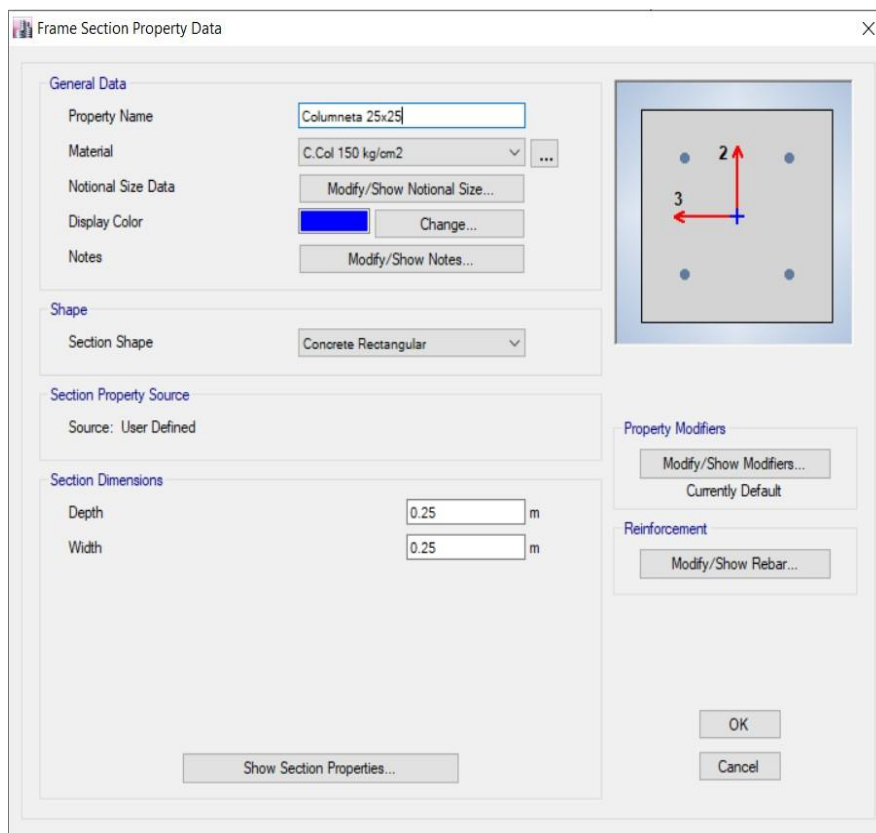


Figura 41: Asignación de sección para la columneta

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se asignó la sección a las vigas de la institución con sus respectivas propiedades mecánicas.

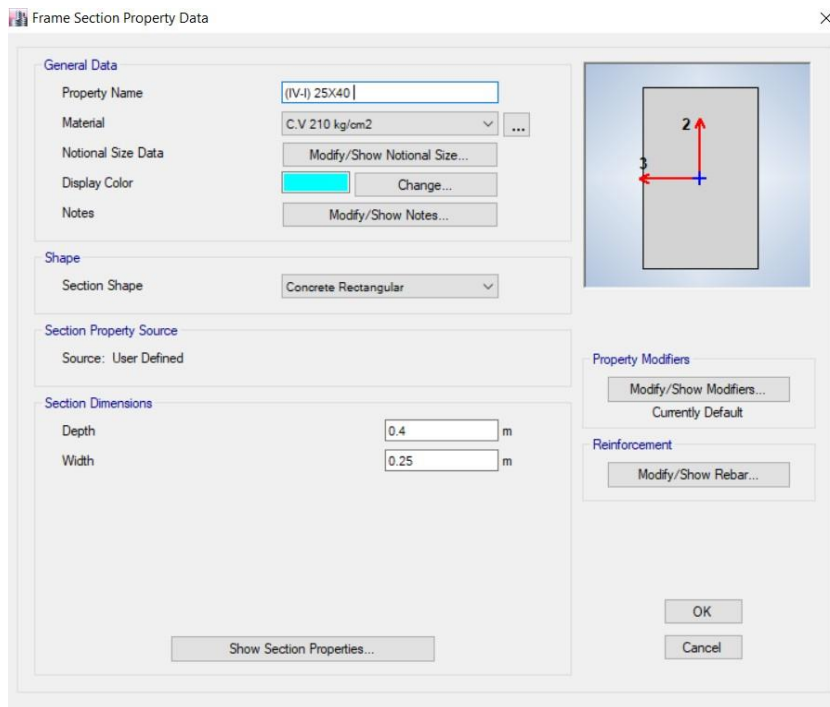


Figura 42: Asignación de sección para viga IV-I

Fuente: Elaboración propia

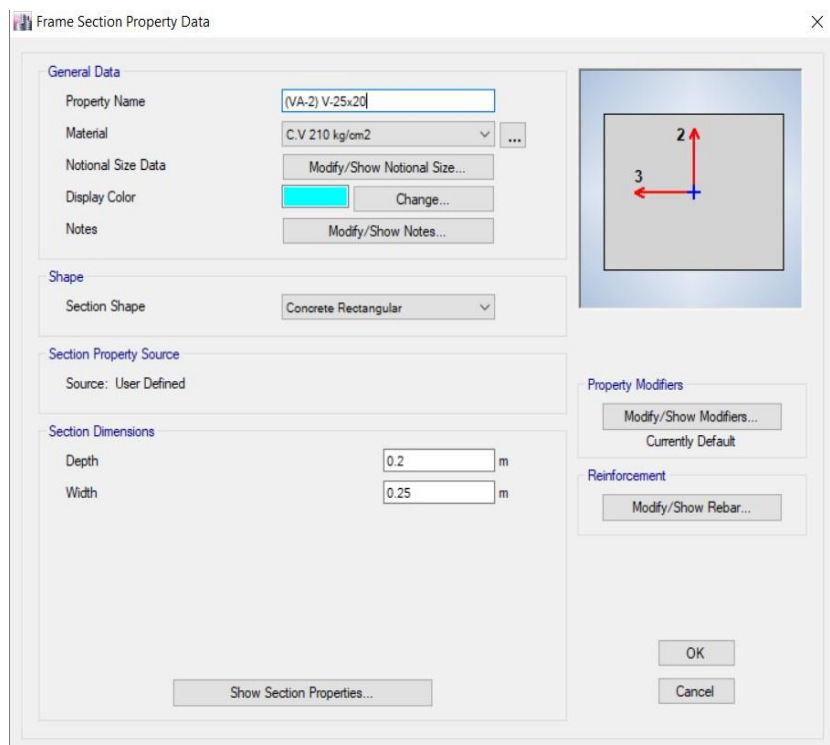


Figura 43: Asignación de sección para viga VA-2

Fuente: Elaboración propia

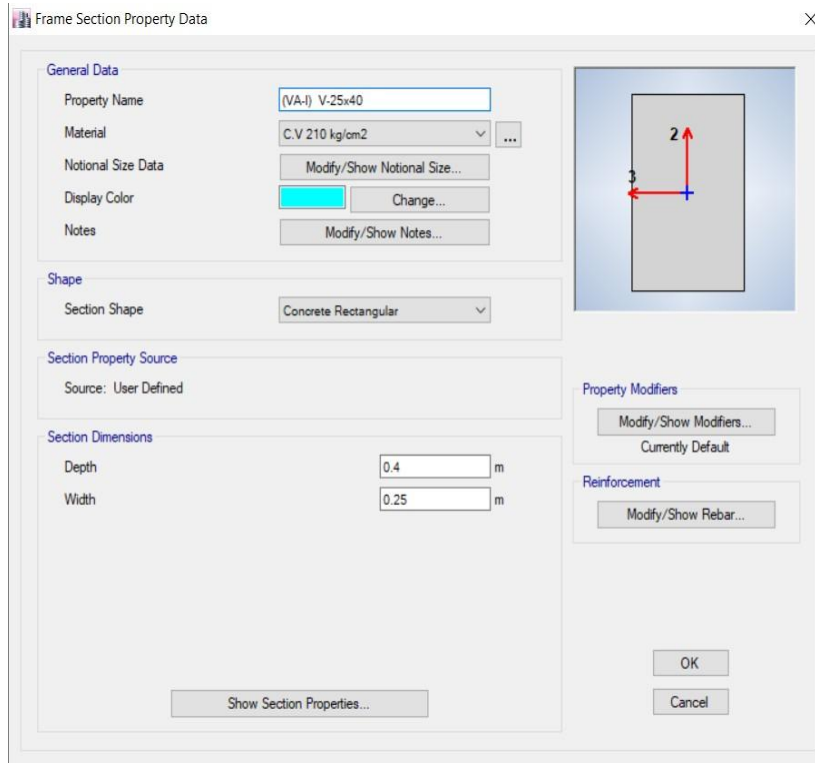


Figura 44: Asignación de sección para viga VA-I

Fuente: Elaboración propia

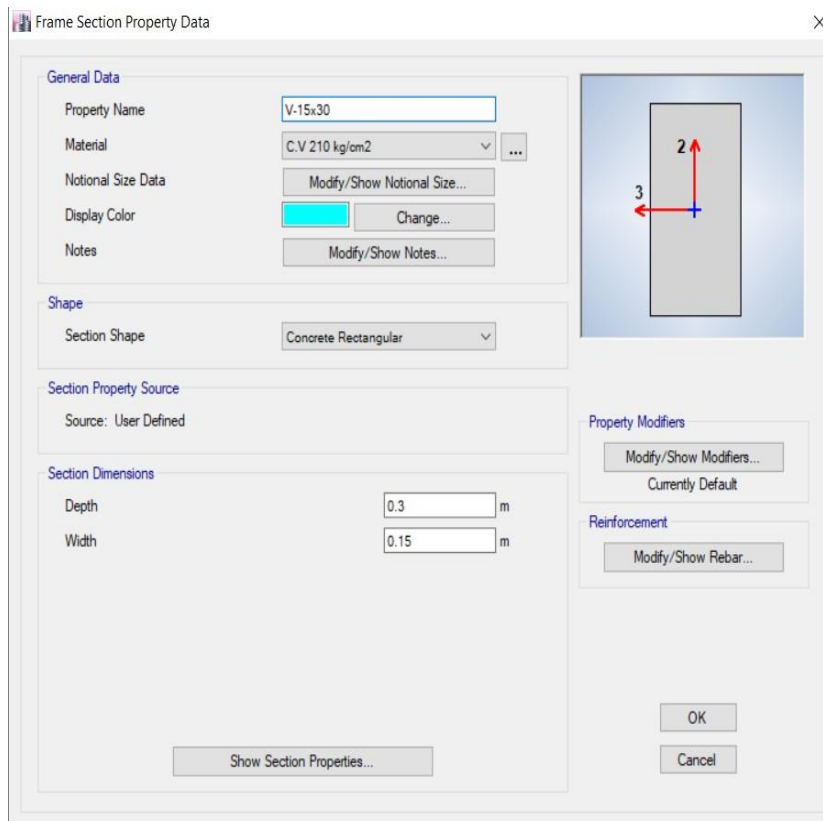


Figura 45: Asignación de sección para viga V-15x30

Fuente: Elaboración propia

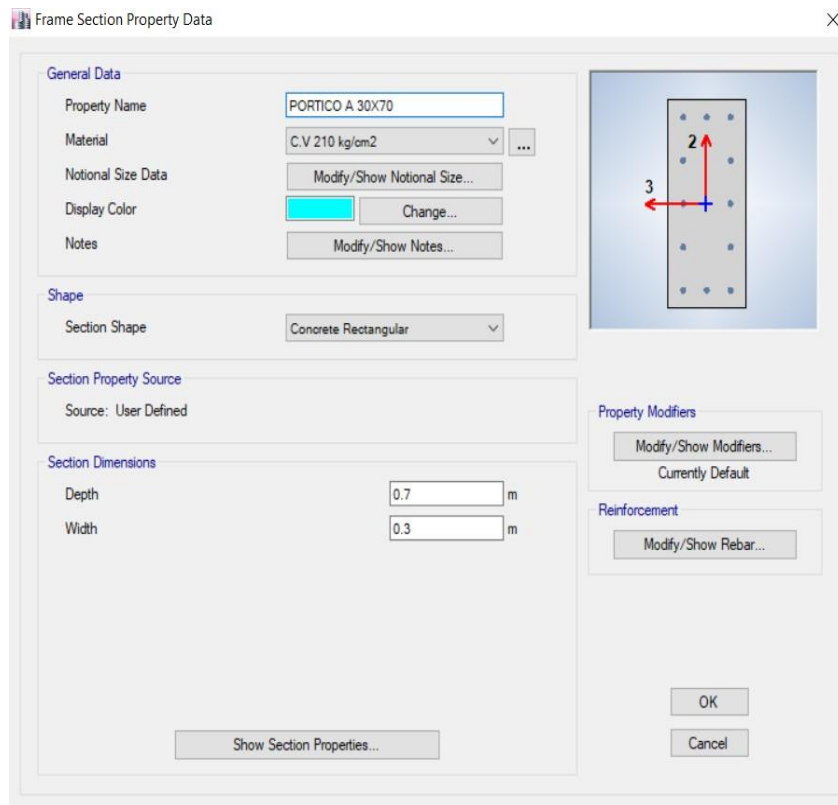


Figura 46: Asignación de sección para pórtico A

Fuente: Elaboración propia

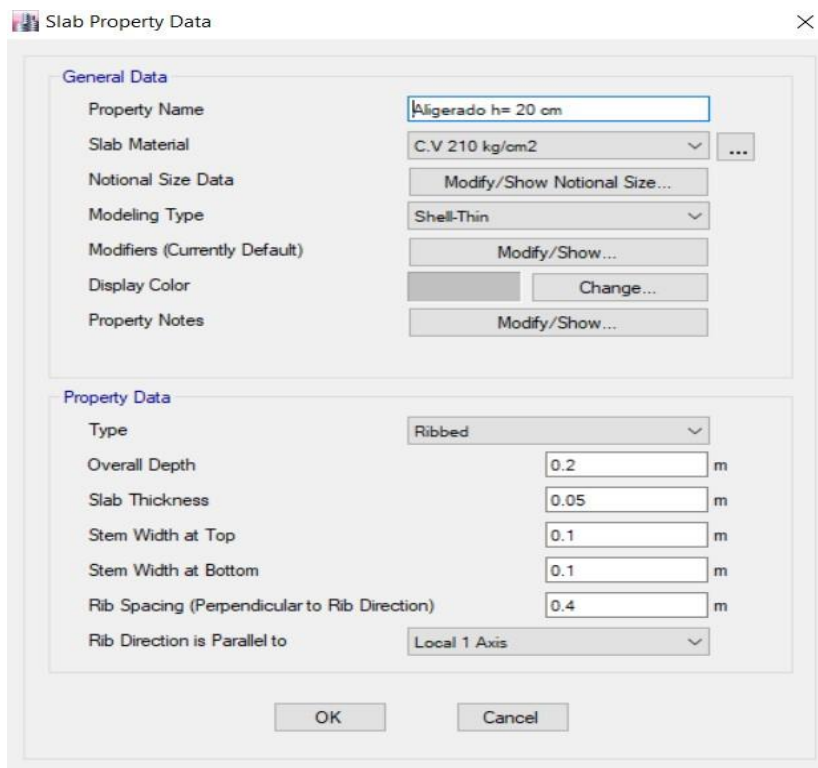


Figura 47: Asignación de sección para aligerado x

Fuente: Elaboración propia

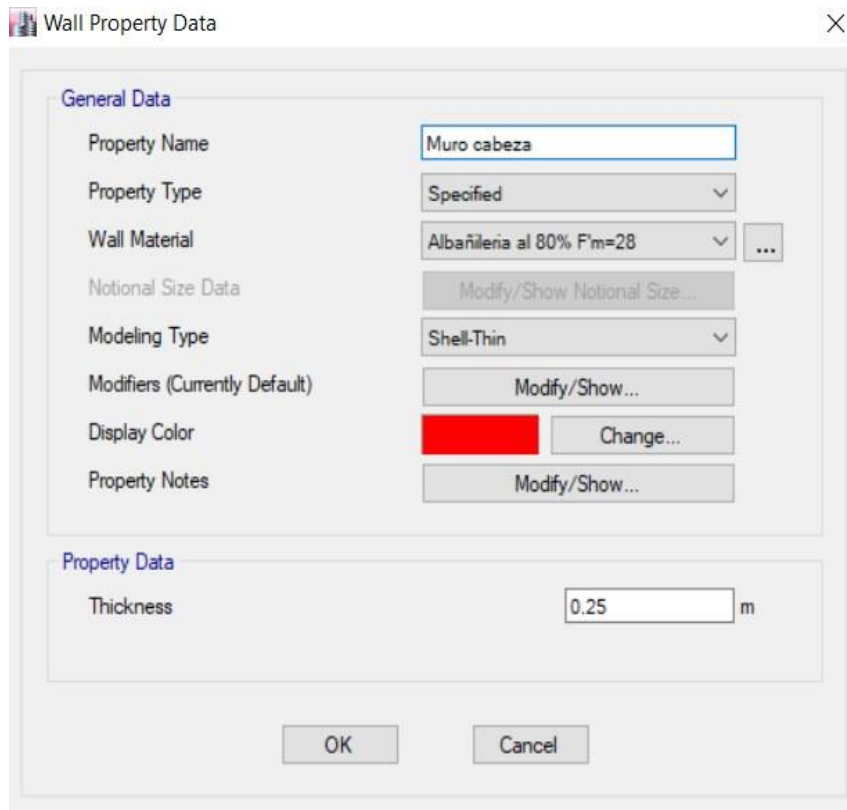


Figura 48: Asignación de sección para albañilería tipo Cabeza

Fuente: Elaboración propia

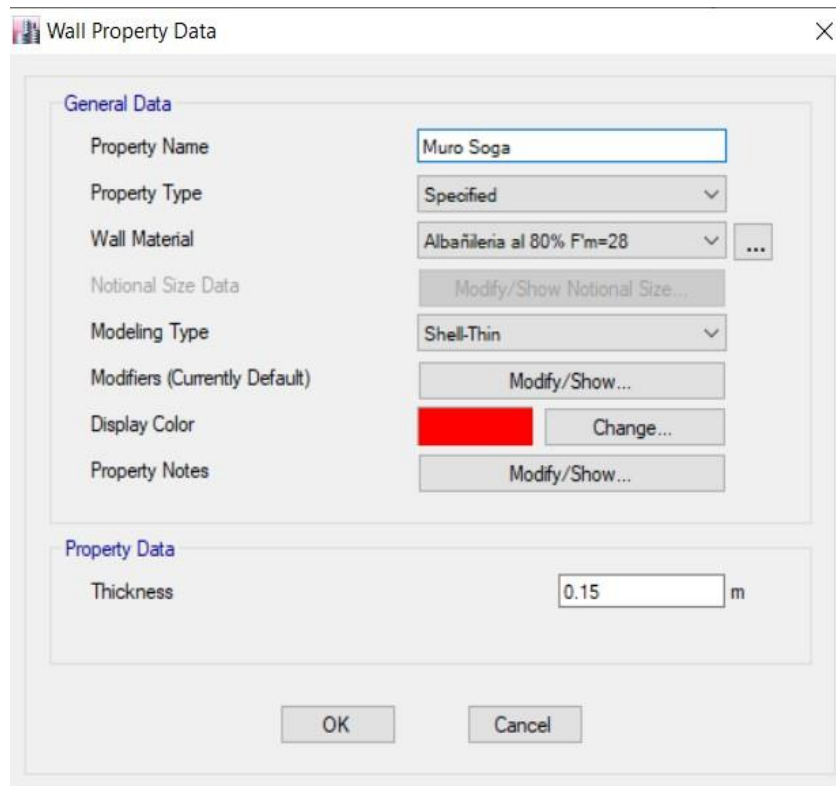


Figura 49: Asignación de sección para albañilería tipo soga

Fuente: Elaboración propia

4.5.1.5. Modelado de la estructura.

Una vez asignado las propiedades y características de los elementos estructurales y no estructurales se realiza el modelado.

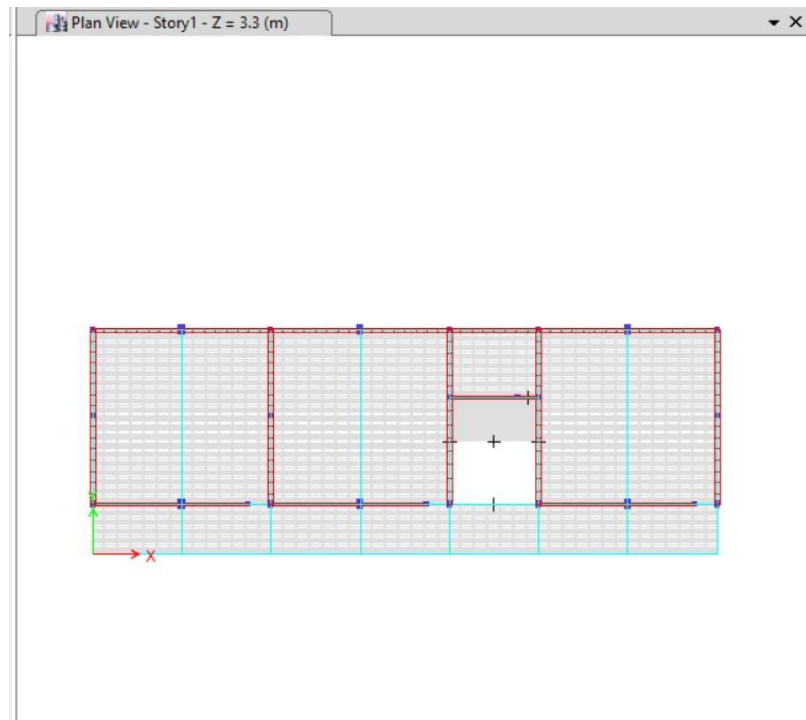


Figura 50: Planta de primer nivel en Etabs 2016.

Fuente: Elaboración propia.

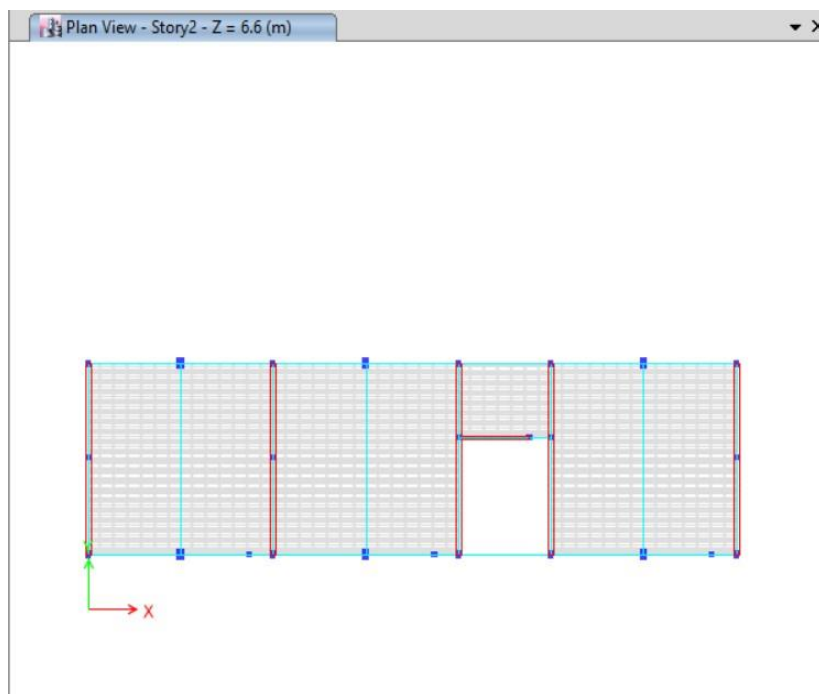


Figura 51: Planta del segundo nivel en Etabs 2016.

Fuente: Elaboración propia.

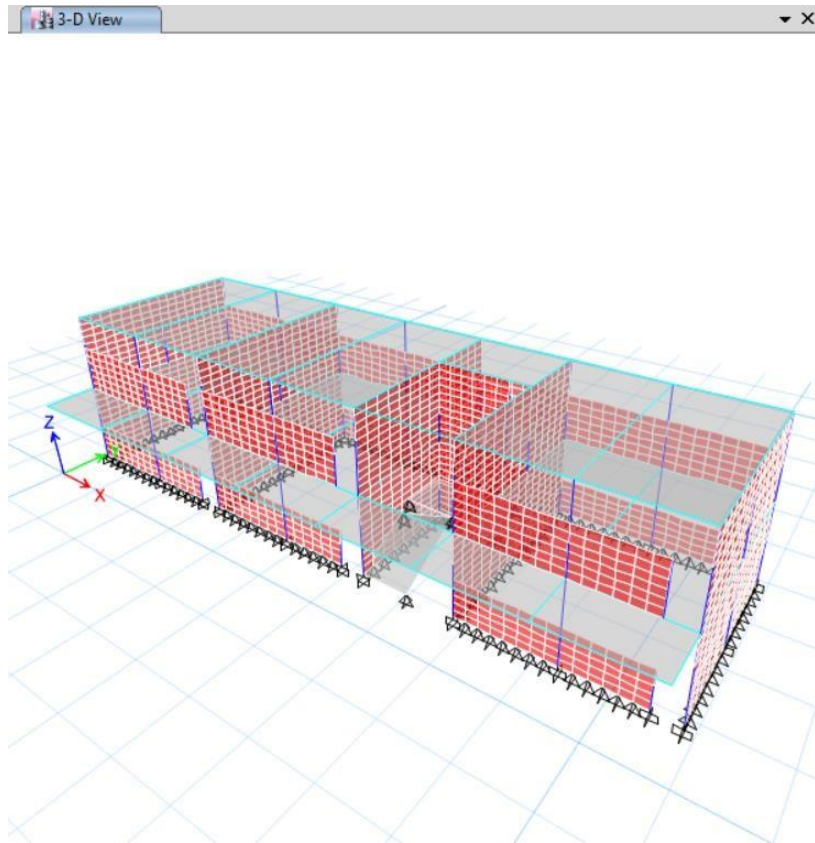


Figura 52: Visualización 3D del modelado en Etabs 2016 y discretización.
Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Análisis sísmico estático.

4.5.2.1. Masa Sísmica.

La masa sísmica de la edificación será definida según E030, donde indica que se tomará el 100% de la carga muerta más el 50% de la carga viva por ser una edificación esencial tipo A.

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Live	0.5

Figura 53: Asignación de masa sísmica para una edificación tipo A

Fuente: Elaboración propia.

Cabe recalcar que desde este punto es necesario considerar el 5% de excentricidad accidental en el diafragma.

4.5.2.2. Asignación del caso modal.

Se configuración el caso modal de la edificación, considerando un máximo de 12 grados de libertad para poder obtener el 90% de la masa participativa.

Modal Case Data

General

Modal Case Name: Modal

Modal Case SubType: Eigen

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: 100%CM+50%CV

P-Delta/Nonlinear Stiffness

Use Preset P-Delta Settings: None

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

Nonlinear Case:

Loads Applied

Advanced Load Data Does NOT Exist

Advanced

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 12

Minimum Number of Modes: 12

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

OK Cancel

Figura 54: Asignación del Caso Modal

Fuente: Elaboración propia

Para poder analizar los periodos de vibración se verifica el modelado para poder garantizar que no haya errores en el mismo.

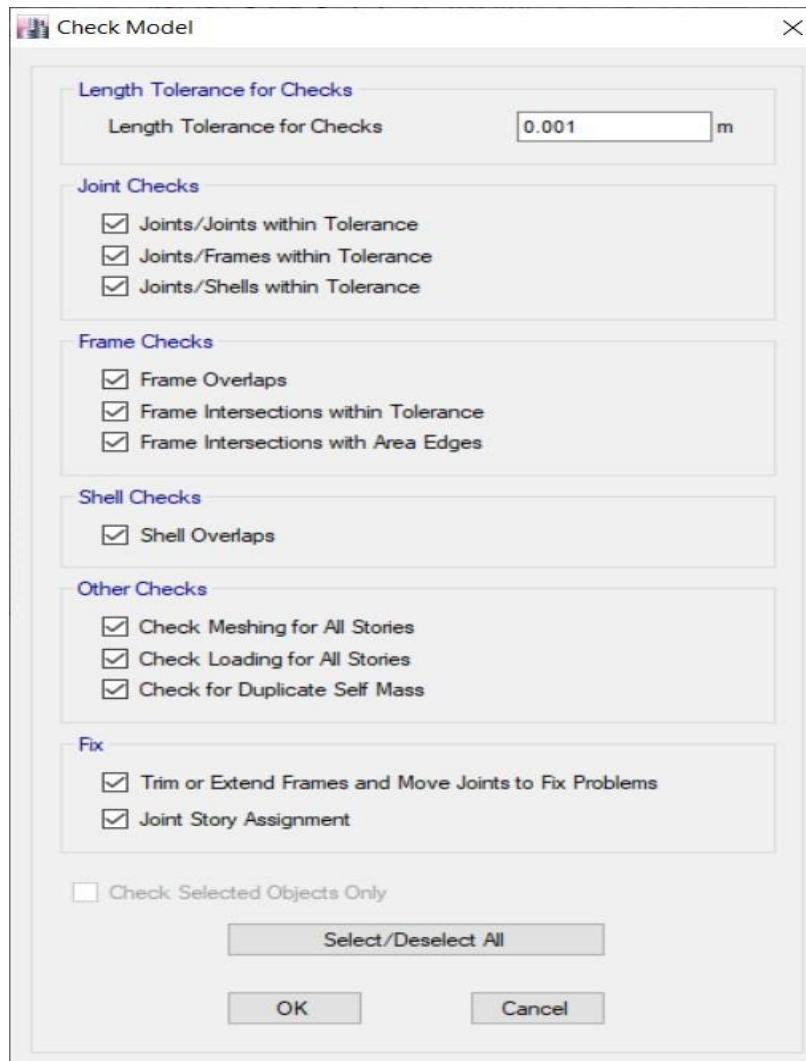


Figura 55: Revisión de modelado.

Fuente: Elaboración propia

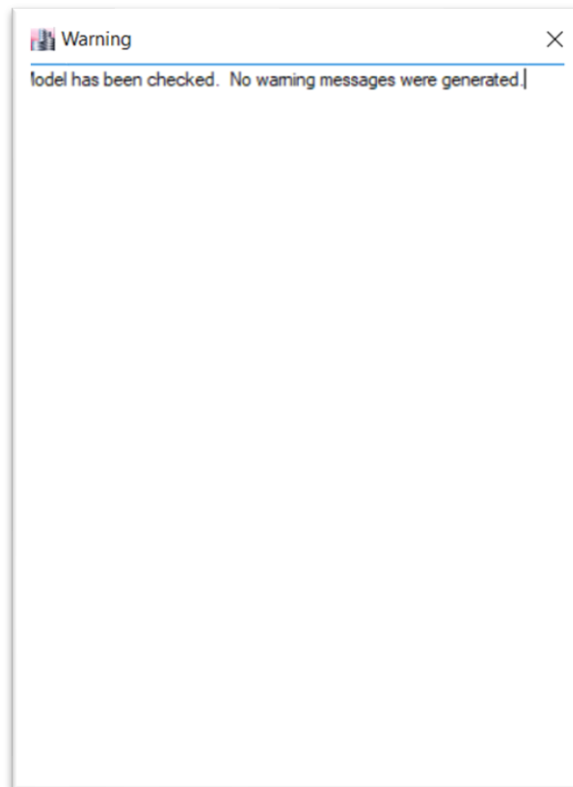


Figura 56: Verificación de no errores de modelado.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.3. Periodos de vibración y masa participativa

Según la E030, para este análisis se debe considerar aquellos modos que lleguen al 90% de la masa total de la edificación, pero también se pueden considerar los 3 primeros modos predominantes, que en este caso se empleó este último.

Tabla 48. Periodos de vibración.

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ
		sec									
Modal	TX	0.165	0.6057	0.0059	0	0.6057	0.0059	0	0.0011	0.88	0.0415
Modal	TZ	0.112	0.0045	0.1566	0	0.6102	0.1625	0	0.0422	0.0566	0.8184
Modal	TY	0.071	0.0002	0.5049	0	0.6104	0.6674	0	0.843	0	0.0477
Modal	4	0.047	0.0527	0.0085	0	0.6631	0.6759	0	0.0647	0.0117	0.0352
Modal	5	0.008	0	0	0	0.6631	0.6759	0	0	0	0
Modal	6	0.007	0	0	0	0.6631	0.6759	0	0	0	0
Modal	7	0.007	0	0	0	0.6631	0.6759	0	0	0	0
Modal	8	0.007	0.0006	9.01E-06	0	0.6637	0.6759	0	9.71E-07	0.0001	0.0001
Modal	9	0.007	0	0	0	0.6637	0.6759	0	0	0	0
Modal	10	0.007	0.1562	0.0043	0	0.8199	0.6802	0	0.0005	0.0167	0.014
Modal	11	0.007	6.72E-07	5.76E-06	0	0.8199	0.6802	0	7.51E-07	0	0
Modal	12	0.006	0	0	0	0.8199	0.6802	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

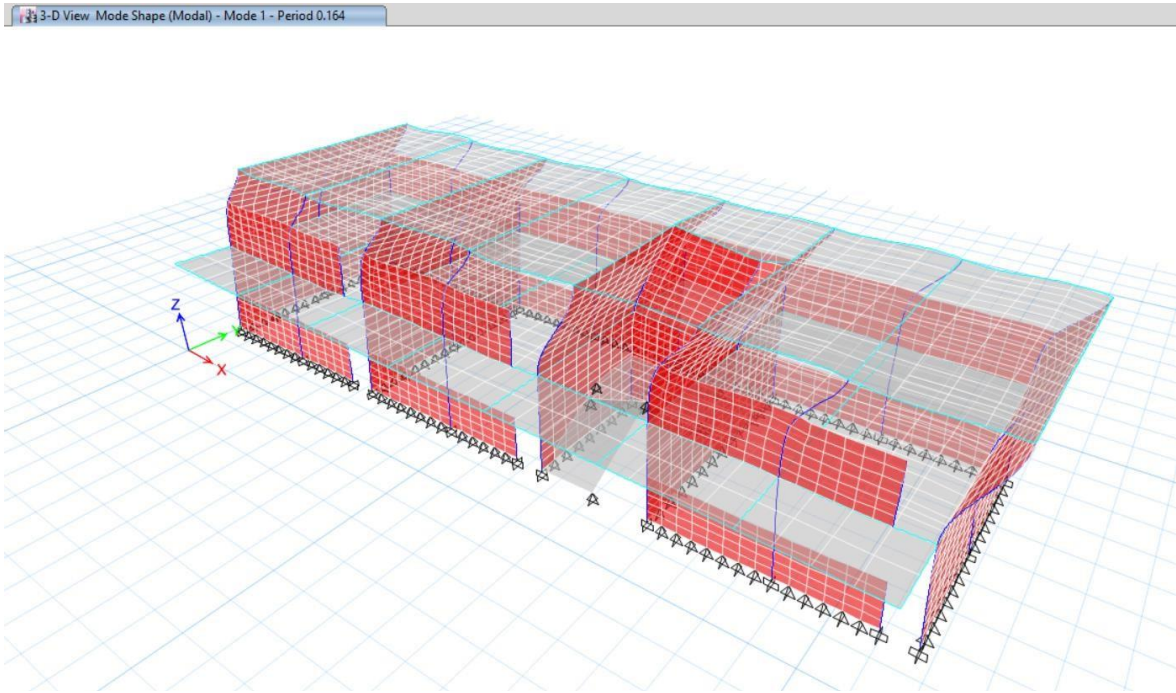


Figura 57: Primer modo de vibración traslacional X
Fuente: Elaboración propia.

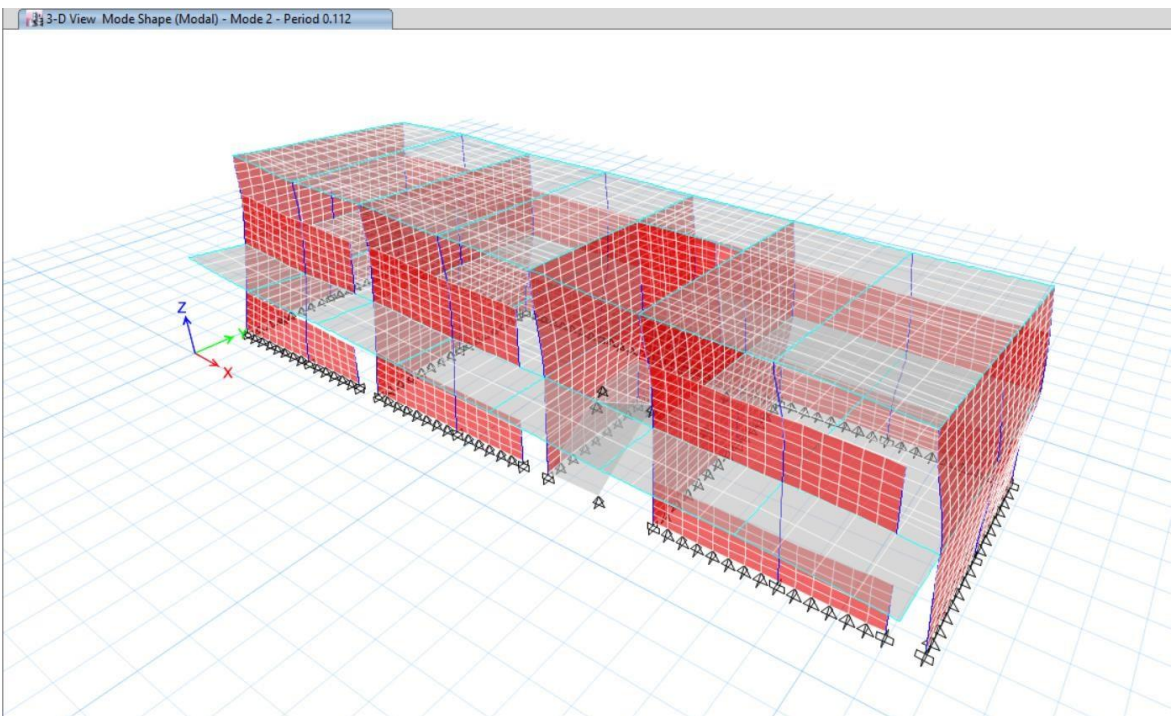


Figura 58: Segundo modo de vibración rotacional Z
Fuente: Elaboración propia

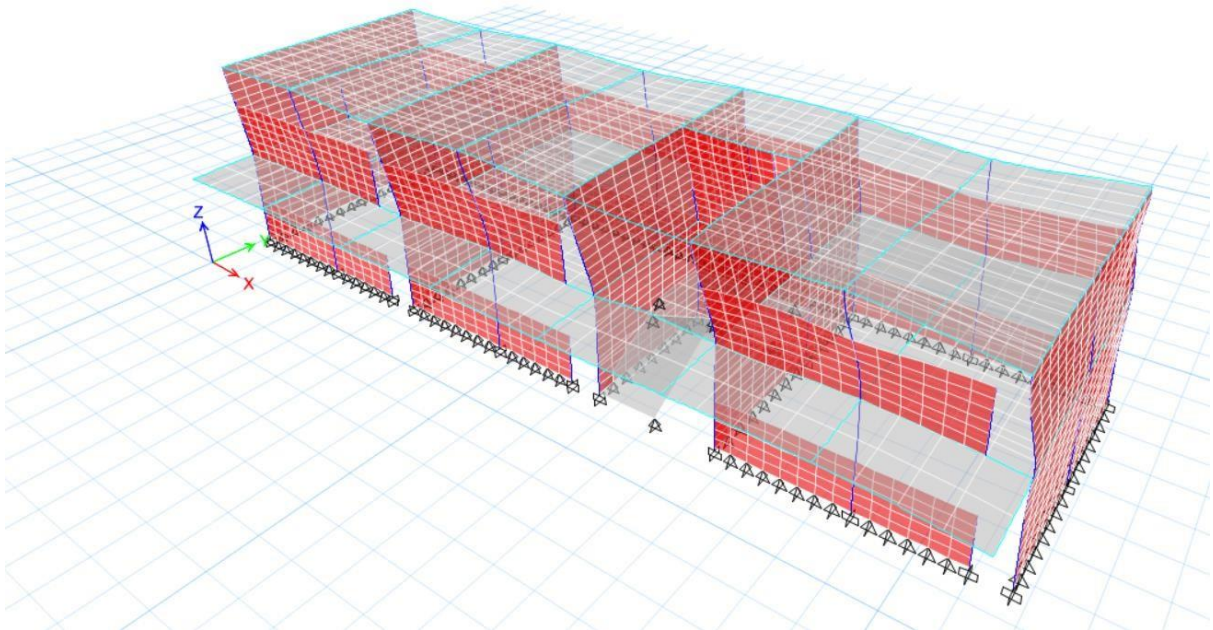


Figura 59: tercer modo de vibración traslacional Y
 Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.4. Cálculo de la cortante basal.

$$V = \frac{\sum UCS}{R} P$$

Para poder determinar la cortante basal será necesario determinar el peso de la edificación, el cual fue obtenido con el 100%CM+50%CV.

Tabla 49. Peso de edificación

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	PESO POR NIVEL
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	
NIVEL 2	PESO EDIFICACION	Bottom	227.7236	0	0	0	1399.5855	-3071.2389	227.7236
NIVEL 1	PESO EDIFICACION	Bottom	477.1872	-0.3656	-7.7755	-101.6866	2735.1451	-6323.0892	249.4636
									477.1872

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2.5. Verificación de irregularidades en planta y altura.

Tabla 50. Verificación de Irregularidades en altura.

IRREGULARIDAD ESTRUCTURALES	I_a	Verificacion
Irregularidad de rigidez-Piso blando	0.75	Verificar en analisis dinamico
Irregularidades de resistencia-Piso debil	0.75	Verificar en analisis dinamico
irregularidad extrema de rigidez	0.5	Verificar en analisis dinamico
Irregularidad extrema de resistencia	0.5	Verificar en analisis dinamico
Irregularidad de Masa o Peso	0.9	No
Irregularidad Geometrica Vertical	0.9	No
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0.8	No
Discontinuidad extrema de los sistema Resistentes	0.6	No

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 51. Verificación de Irregularidades en planta.

IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL	L_p	Verificacion
Irregularidad torsional	0.75	Verificar en analisis dinamico
Irregularidad torsional Extrema	0.6	Verificar en analisis dinamico
Esquinas Entrantes	0.9	No
Discontinuidad del Diafragma	0.85	Si
Sistemas no paralelos	0.9	No

Fuente: Elaboración propia.

Para poder determinar la cortante basal de la edificación es necesario definir los parámetros sísmicos que están en función a la zona y estructuración.

Debido a que se está analizando una edificación mixta se determinará la cortante basal para ambas direcciones.

Cortante basal para un coeficiente de reducción sísmica $R=3$

$T_x=$	0.165	seg
$Z=$	0.45	Z4-Comas-Lima
$U=$	1.5	Vivienda A
$S=$	1.05	EMS Suelo S2
$TP=$	0.6	S
$TL=$	2	S
$C=$	2.5	
$R=R_o \cdot I_a \cdot I_p$	3	Albañileria Confin
$I_a=$	1	
$I_p=$	1	

$T_y=$	0.071	seg
$Z=$	0.45	Z4-Comas-Lima
$U=$	1.5	Vivienda A
$S=$	1.05	EMS Suelo S2
$TP=$	0.6	S
$TL=$	2	S
$C=$	2.5	
$R=R_o \cdot I_a \cdot I_p$	2.55	Albañileria Confin
$I_a=$	1	
$I_p=$	0.85	

Debido a que se tiene irregularidad de discontinuidad del diafragma en el eje Y se castiga con 0.85.

$$V_x = \frac{0.45 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.05}{3} = 281.8 \text{ tn para un } R_x=3$$

$$V_y = \frac{0.45 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.05}{2.55} = 331.57 \text{ tn para un } R_y=2.55$$

Cortante basal para un coeficiente de reducción sísmica R=8

Tx=	0.165	seg	Ty=	0.071	seg
Z=	0.45	Z4-Comas-Lima	Z=	0.45	Z4-Comas-Lima
U=	1.5	Vivienda A	U=	1.5	Vivienda A
S=	1.05	EMS Suelo S2	S=	1.05	EMS Suelo S2
TP=	0.6	S	TP=	0.6	S
TL=	2	S	TL=	2	S
C=	2.5		C=	2.5	
R=Ro*la*Ip	8	Porticos Ro=8	R=Ro*la*Ip	6.8	Porticos Ro=8
la=	1		la=	1	
Ip=	1		Ip=	0.85	

Debido a que se tiene irregularidad de discontinuidad del diafragma en el eje Y se castiga con 0.85.

$$V_x = \frac{0.45 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.05}{8} = 105.7 \text{ tn para un } R_x=8$$

$$V_y = \frac{0.45 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.05}{6.8} = 124.34 \text{ tn para un } R_y=6.8$$

4.5.2.6. Cálculo de derivas de entre piso.

Para la asignación de carga sísmica estática se han considerado 2 coeficientes R básico de reducción sísmica, siendo R=8 para pórticos y R=3 para albañilería, debido a que la edificación en estudio es mixta.

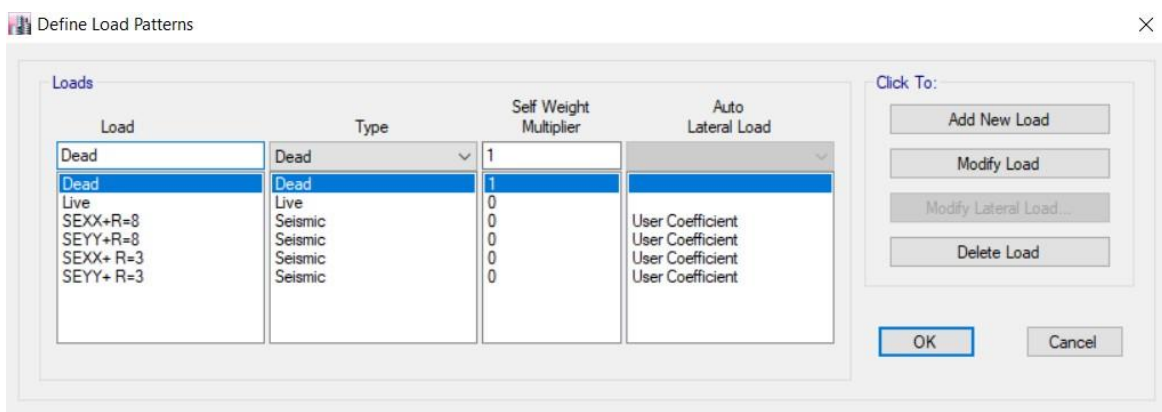


Figura 60: Definición de carga sísmica estática mediante el uso de coeficientes.

Fuente: Elaboración propia.

Para poder realizar el análisis estático será necesario obtener el coeficiente C.

$$C = \frac{ZxUxCxS}{Rx} =$$

Coeficiente C para R=3 para la dirección X:

$$\frac{ZxUxCxS}{Rx} = 0.591$$

Coeficiente C para R=3 para la dirección Y:

$$\frac{ZxUxCxS}{Ry} = 0.694$$

Coeficiente C para R=8 para la dirección X:

$$\frac{ZxUxCxS}{Rx} = 0.221$$

Coeficiente C para R=8 para la dirección Y:

$$\frac{ZxUxCxS}{Ry} = 0.260$$

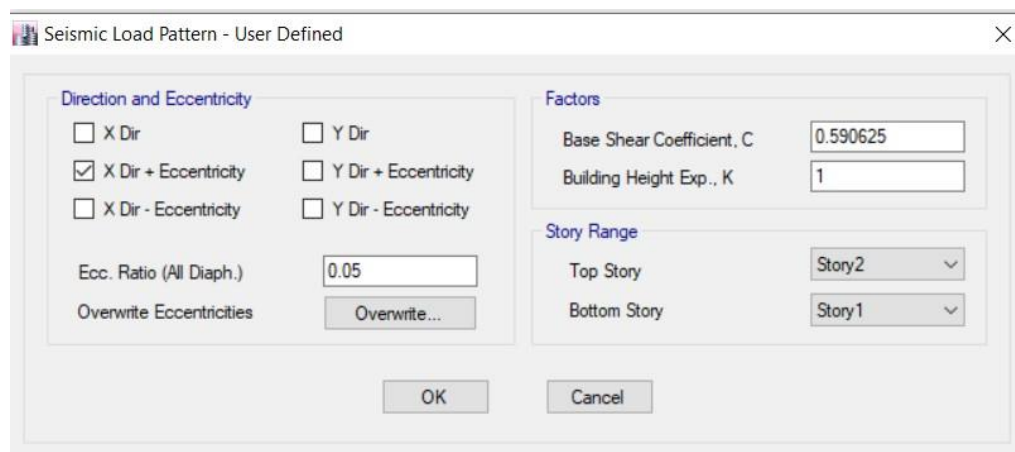


Figura 61: Carga sísmica estática con excentricidad positiva para Rx=3

Fuente: Elaboración propia

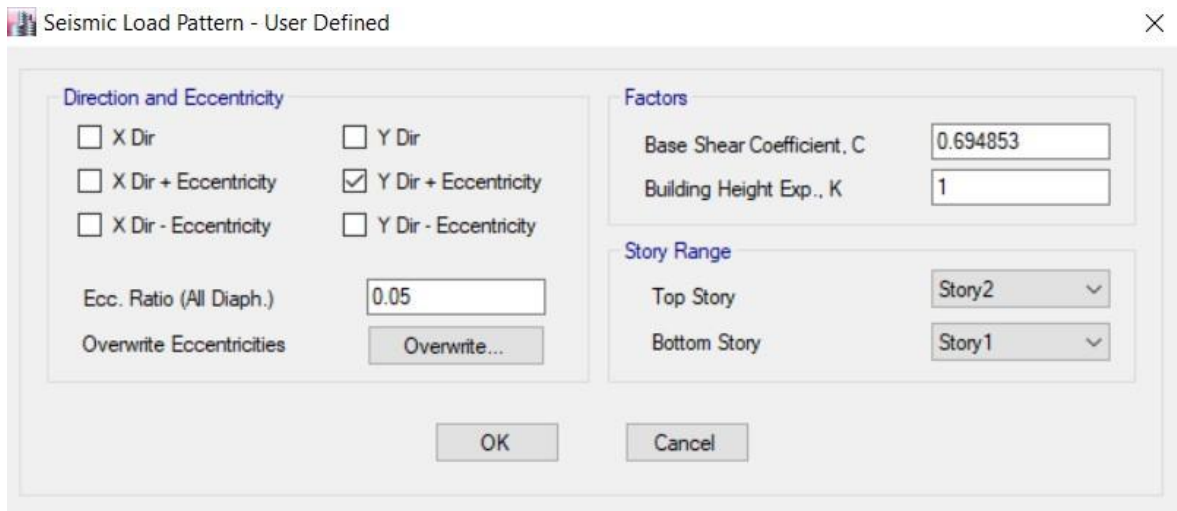


Figura 62: Carga sísmica estática con excentricidad positiva para $R_y=3$

Fuente: Elaboración propia

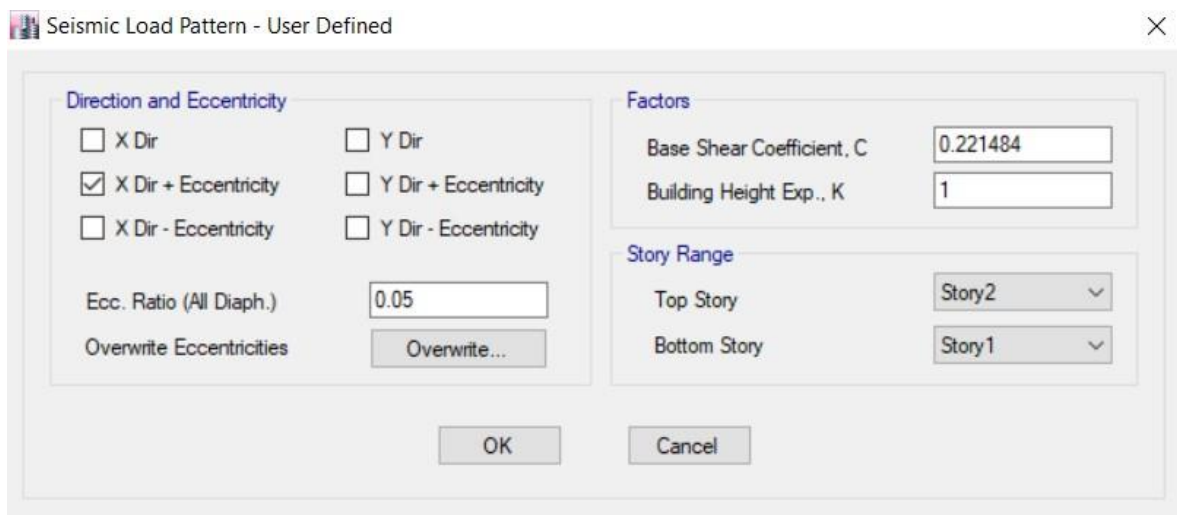


Figura 63: Carga sísmica estática con excentricidad positiva para $R_x=8$

Fuente: Elaboración propia

Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity

X Dir Y Dir

X Dir + Eccentricity Y Dir + Eccentricity

X Dir - Eccentricity Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Figura 64: Carga sísmica estática con excentricidad positiva para $R_y=8$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Derivas de entre piso para $R_x=3$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Albañilería
					m	m	m		
Story2	SEX+ R=3	X	0.001153	19	27.125	9.89	6.6	0.00259425	CUMPLE
Story1	SEX+ R=3	X	5.80E-05	19	27.125	9.89	3.3	0.0001305	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Derivas de entre piso para $R_y=3$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Irregular	Albañilería
					m	m	m		
Story2	SEY+ R=3	Y	0.000285	2309	27.125	9.4181	6.6	0.000545063	CUMPLE
Story1	SEY+ R=3	Y	0.0001	1795	0	9.4181	3.3	0.00019125	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Derivas de entre piso para $R_x=8$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Concreto
					m	m	m		
Story2	SEX+ R=8	X	0.000432	19	27.125	9.89	6.6	0.002592	CUMPLE
Story1	SEX+ R=8	X	2.20E-05	19	27.125	9.89	3.3	0.000132	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55. Derivas de entre piso para Ry=8

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Irregular	Concreto
					m	m	m		
Story2	SEYY+R=8	Y	0.000107	2309	27.125	9.4181	6.6	0.00061846	CUMPLE
Story1	SEYY+R=8	Y	3.70E-05	1795	0	9.4181	3.3	0.00021386	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

En el eje X se presenta una deriva superior al 50% del 5/1000 lo que podría indicar una irregularidad adicional de torsión, para ello se tendrá que realizarse el análisis dinámico y verificar las demás irregularidades.

4.5.3. Análisis sísmico dinámico modal espectral

En este inciso se desarrollará el análisis dinámico modal espectral con el fin de verificar las derivas y desplazamiento de entre piso relativos y absolutos.

Para ello se considerarán los mismos parámetros sísmicos que el análisis estático.

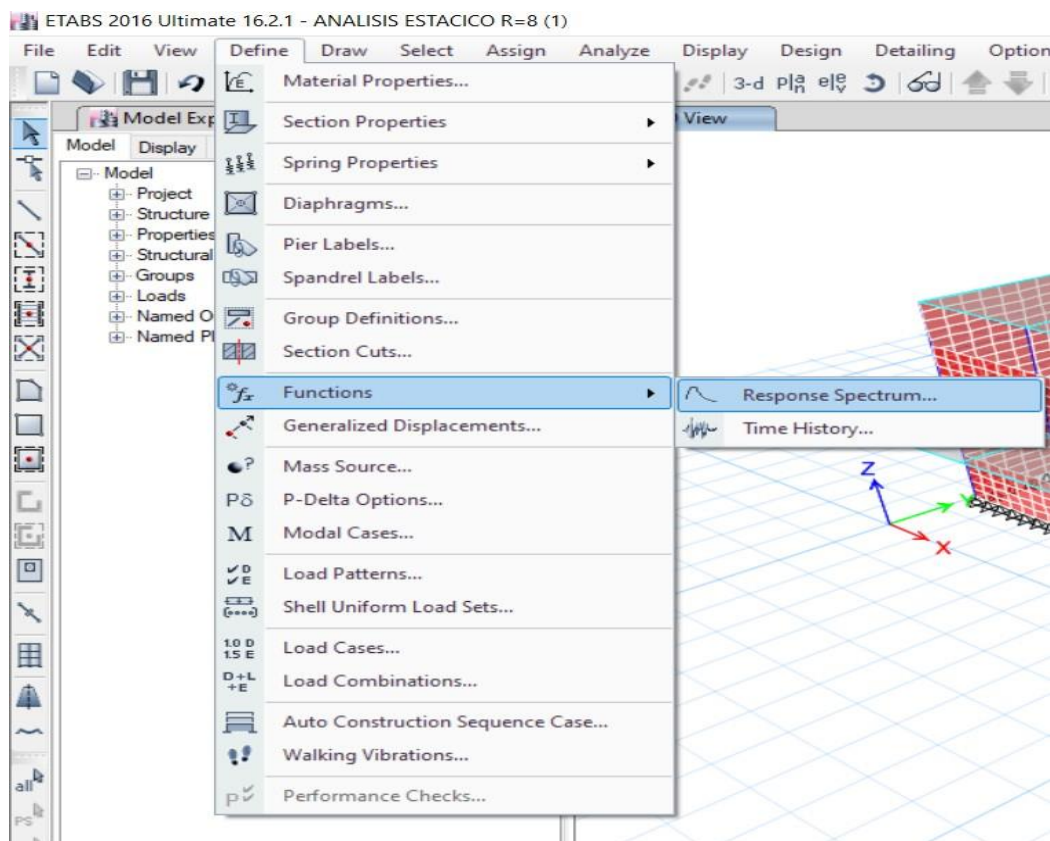


Figura 65: Asignación de espectro de respuesta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Valores de espectro de respuesta

	T	C	S_a			
TP=	0	2.5	5.794	2.1	0.6802721	1.577
	0.1	2.5	5.794	2.2	0.6198347	1.437
	0.2	2.5	5.794	2.3	0.5671078	1.314
	0.3	2.5	5.794	2.4	0.5208333	1.207
	0.4	2.5	5.794	2.5	0.48	1.112
	0.5	2.5	5.794	2.6	0.443787	1.029
	0.6	2.5	5.794	2.7	0.4115226	0.954
	0.7	2.1428571	4.966	2.8	0.3826531	0.887
	0.8	1.875	4.346	2.9	0.3567182	0.827
	0.9	1.6666667	3.863	3	0.3333333	0.773
	1	1.5	3.476	3.1	0.3121748	0.724
	1.1	1.3636364	3.16	3.2	0.2929688	0.679
	1.2	1.25	2.897	3.3	0.2754821	0.638
	1.3	1.1538462	2.674	3.4	0.2595156	0.601
	1.4	1.0714286	2.483	3.5	0.244898	0.568
	1.5	1	2.318	3.6	0.2314815	0.536
	1.6	0.9375	2.173	3.7	0.2191381	0.508
	1.7	0.8823529	2.045	3.8	0.2077562	0.481
	1.8	0.8333333	1.931	3.9	0.1972387	0.457
TL=	1.9	0.7894737	1.83	4	0.1875	0.435
	2	0.75	1.738	4.1	0.1784652	0.414
				4.2	0.170068	0.394
				4.3	0.1622499	0.376
				4.4	0.1549587	0.359
				4.5	0.1481481	0.343
				4.6	0.1417769	0.329
			4.7	0.1358081	0.315	
			4.8	0.1302083	0.302	
			4.9	0.1249479	0.29	
			5	0.12	0.278	

Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración del espectro de respuesta se consideró la tabla (X) con el fin de ingresar un espectro básico el cual será alterado por un coeficiente S_a.

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

Mediante la tabla 56 se obtiene el espectro básico, el cual fue ingresado mediante un bloc de notas para ser asignado en el programa de análisis, Etabs.

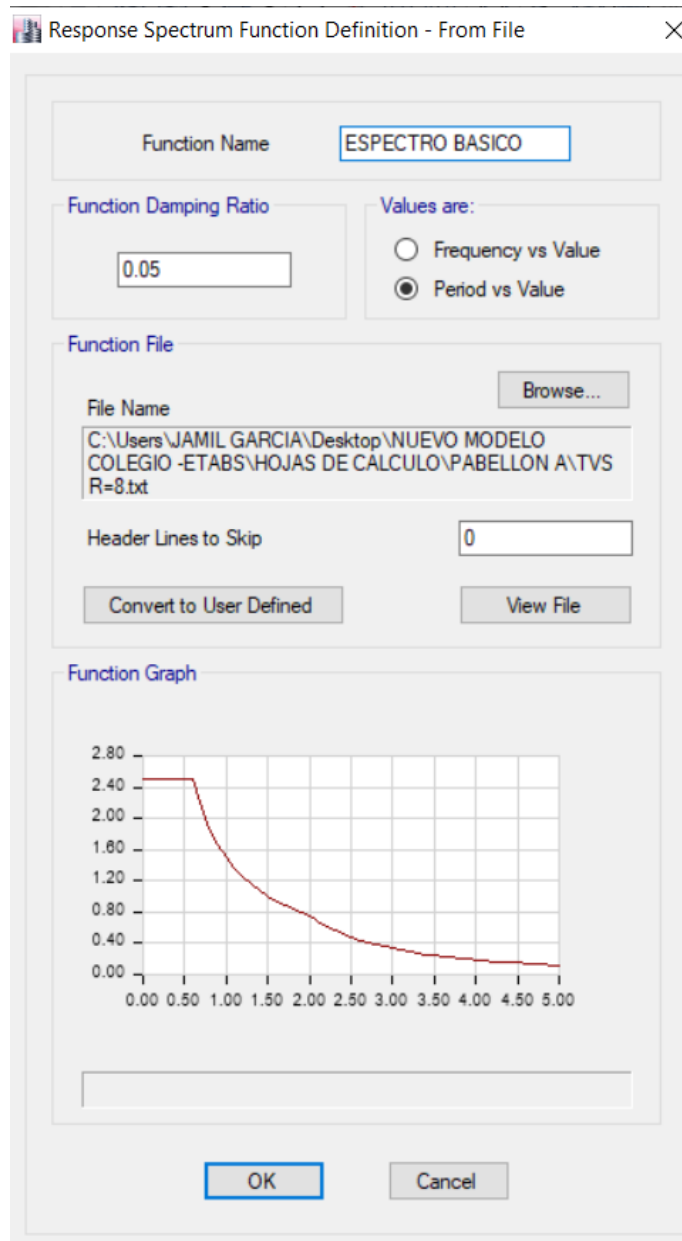


Figura 66: Espectro básico psicodinámico elástico.

Fuente: Elaboración propia.

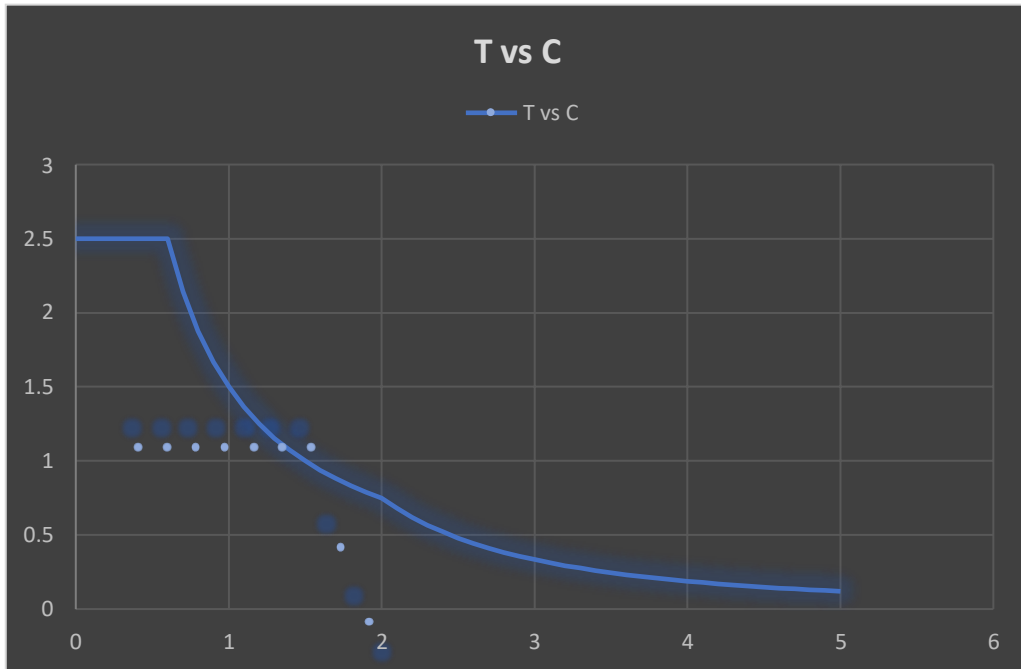


Figura 67: Espectro Pseudodinamico elástico básico

Fuente: Elaboración propia.

FACTOR=ZUSg/Rx 2.317613

FACTOR=ZUSg/Ry 2.317613

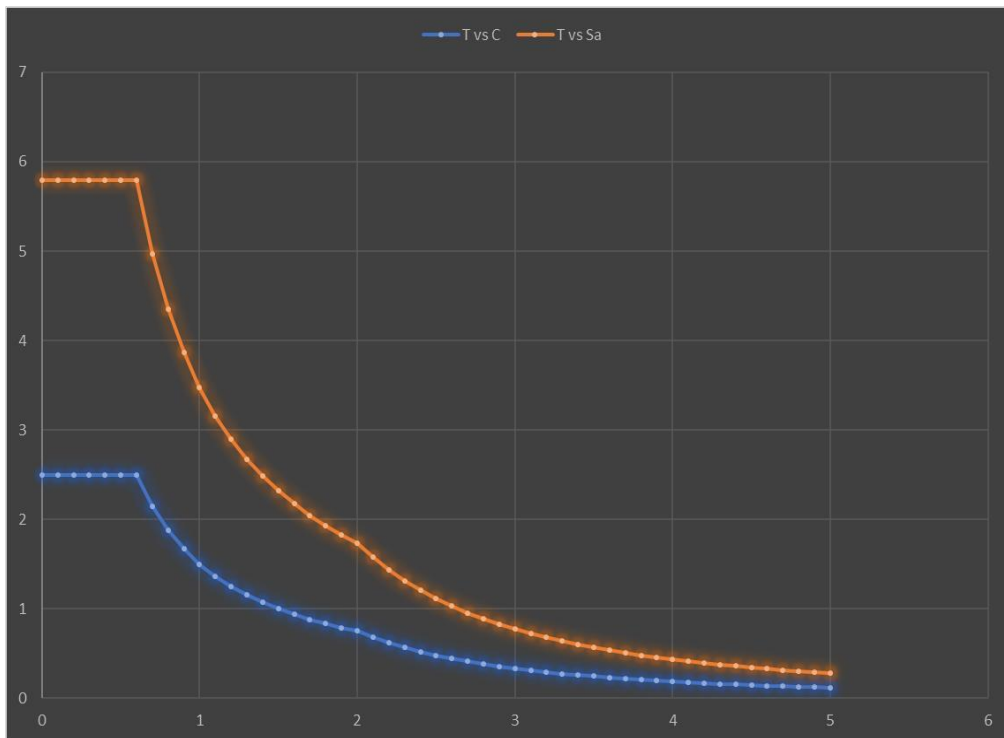


Figura 68: Espectro Pseudodinamico elástico básico y amplificado Rx,y=3

Fuente: Elaboración propia.

FACTOR=ZUSg/Rx 0.869105

FACTOR=ZUSg/Ry 0.869105

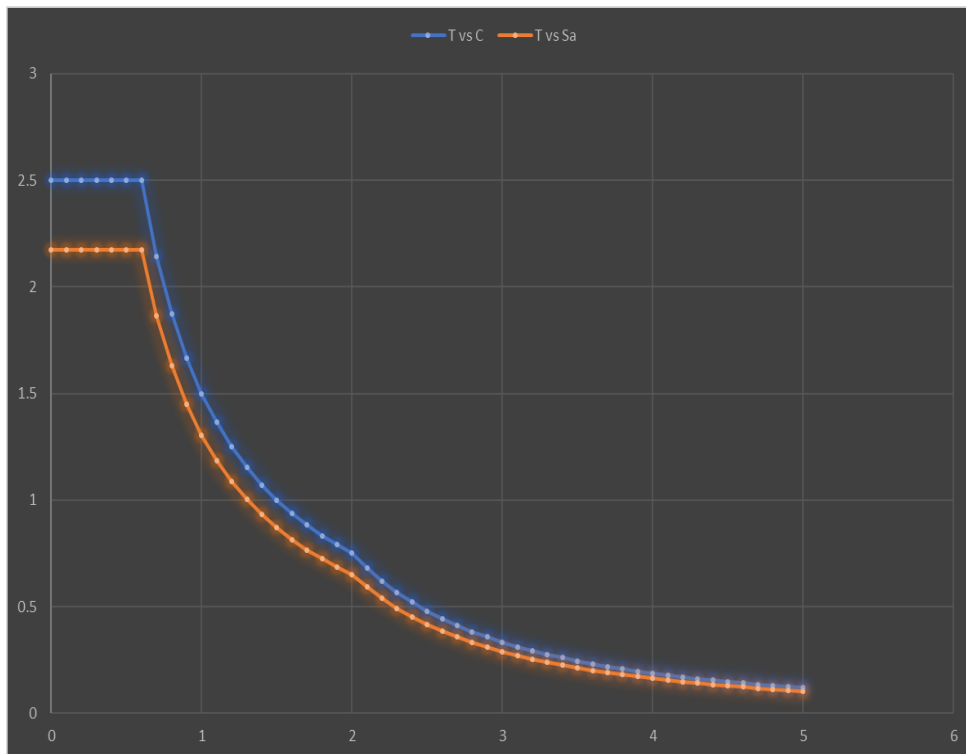


Figura 69: Espectro Pseudodinamico elástico básico y amplificado Rx, y=8

Fuente: Elaboración propia.

- Para obtener el espectro amplificado se asigna un caso de carga dinámico con el factor indicado en cada espectro.

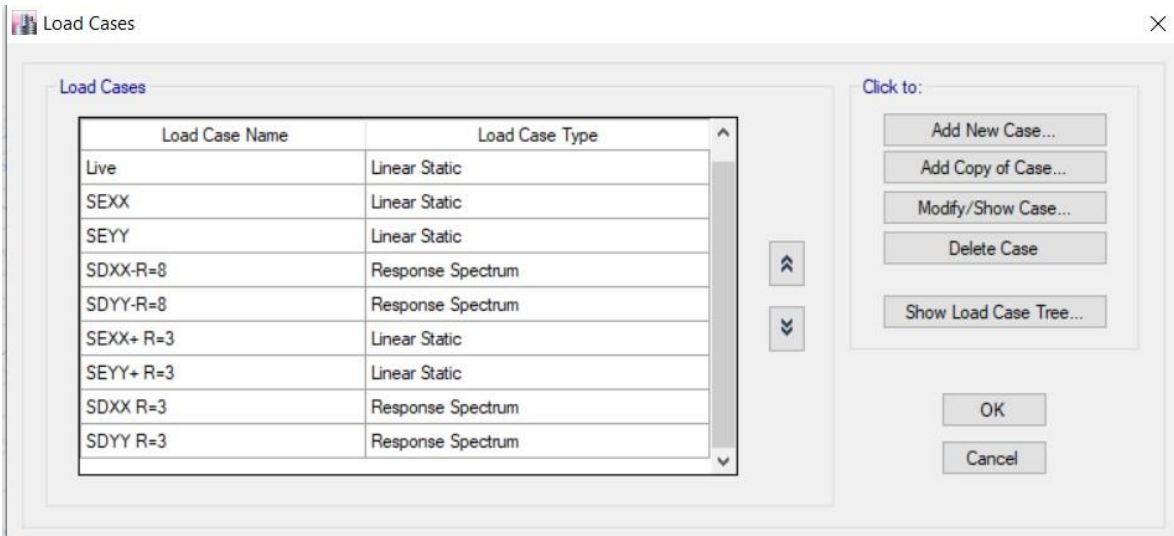


Figura 70: Asignación del caso de carga dinámico.

Fuente: Elaboración propia.

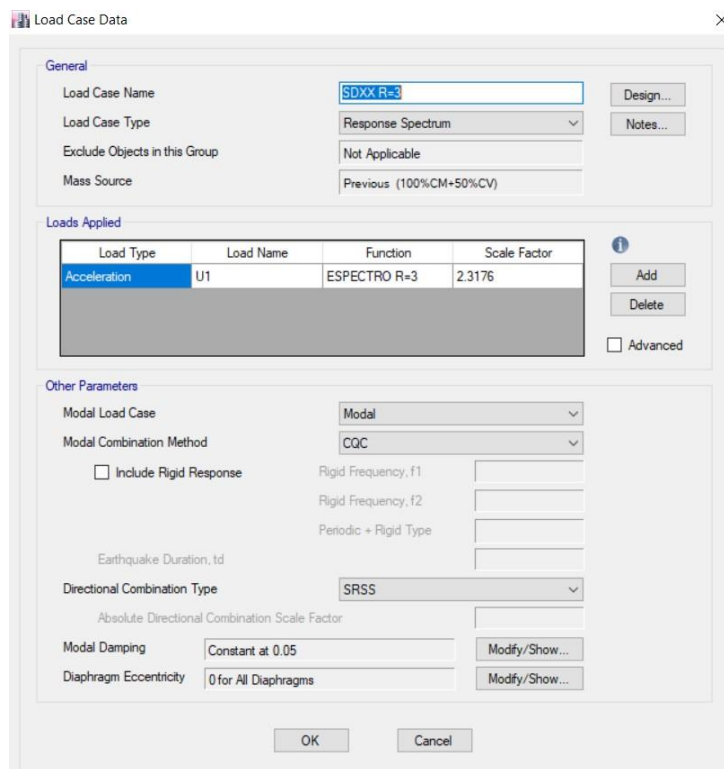


Figura 71: Asignación del caso de carga Rx=3 con su espectro y factor amplificador.

Fuente: Elaboración propia.

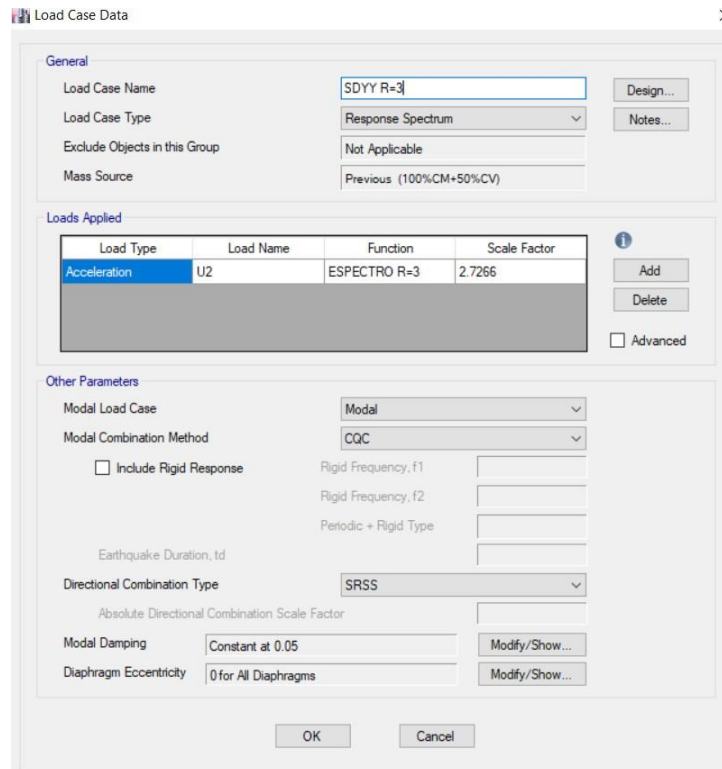


Figura 72: Asignación del caso de carga Ry=3 con su espectro y factor amplificador.
Fuente: Elaboración propia.

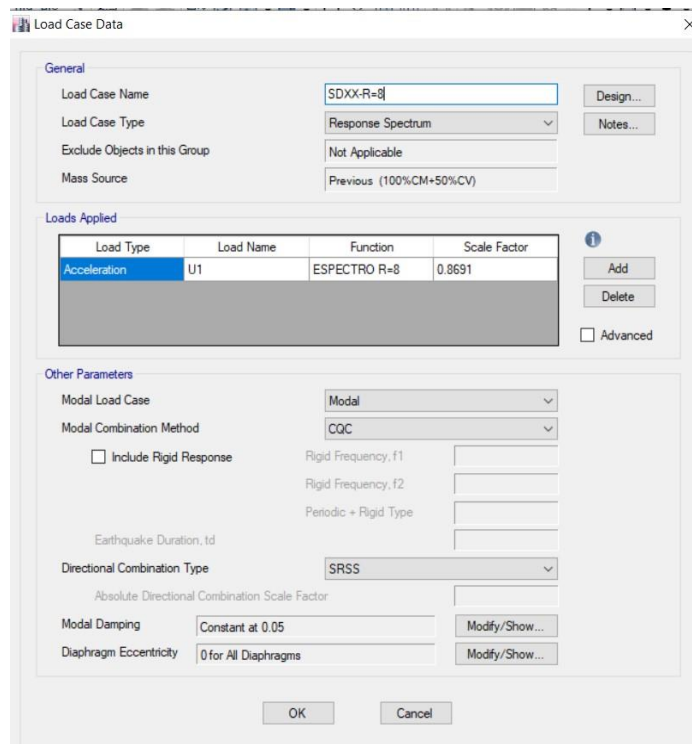


Figura 73: Asignación del caso de carga Rx=8 con su espectro y factor amplificador.
Fuente: Elaboración propia.

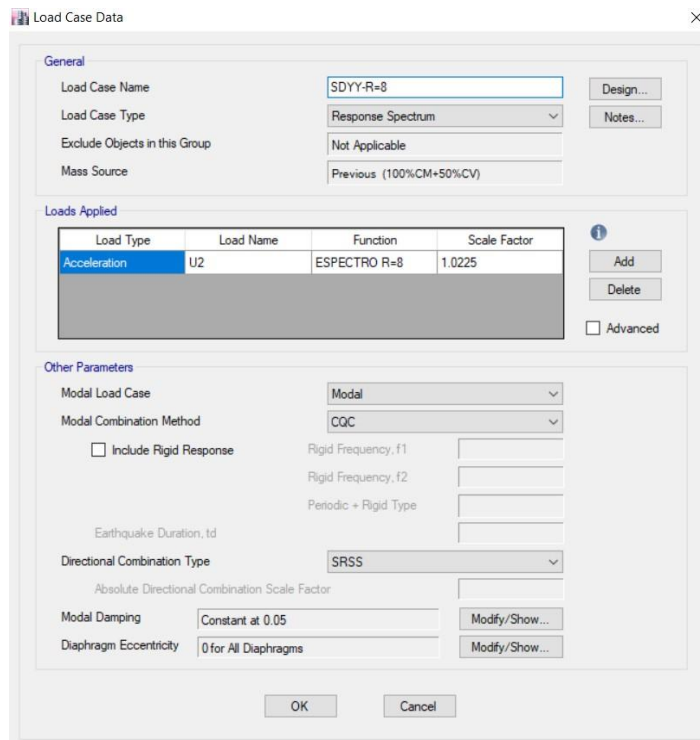


Figura 74: Asignación del caso de carga Ry=8 con su espectro y factor amplificador.
Fuente: Elaboración propia.

Verificación de irregularidades torsional.

Tabla 57. Verificación de la irregularidad torsional en Rx=8

TORSION DIRECCION XX R=8					
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story2	SDXX-R=8 Max	Diaph D2 X	0.000446	0.000441	1.011
Story1	SDXX-R=8 Max	Diaph D1 X	3.80E-05	1.90E-05	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58. Verificación de la irregularidad torsional en Ry=8

TORSION DIRECCION YY R=8					
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story2	SDYY-R=8 Max	Diaph D2 Y	0.000133	0.000106	1.251
Story1	SDYY-R=8 Max	Diaph D1 Y	0.000105	5.30E-05	1.995

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59. Verificación de la irregularidad torsional en $R_x=3$

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story2	SDXX R=3 Max	Diaph D2 X	0.001189	0.001176	1.011
Story1	SDXX R=3 Max	Diaph D1 X	0.000101	5.10E-05	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60. Verificación de la irregularidad torsional en $R_y=3$

TORSION DIRECCION XX R=3					
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story2	SDYY R=3 Max	Diaph D2 Y	0.000354	0.000283	1.251
Story1	SDYY R=3 Max	Diaph D1 Y	0.000281	0.000141	1.995

Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 60 se tendrá torsión si la deriva máxima entre la deriva promedio es mayor a 1.3, esto será considerado en caso la deriva de entre piso supere el 50% del máximo permitido, que para el caso de concreto es 7/1000. No tiene irregularidad torsional.

No se verifica Irregularidad de piso blando por ser un nivel típico.

4.5.3.1. Cálculo de las derivas y desplazamientos de entre piso relativos y absolutos.

Tabla 61. Derivas de entre piso para $R_x=3$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-regular	Albañilería
					m	m	m		
Story2	SDXX R=3 Max	X	0.00119	19	27.125	9.89	6.6	0.0026775	CUMPLE
Story1	SDXX R=3 Max	X	0.000101	19	27.125	9.89	3.3	0.00022725	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62. Derivas de entre piso para $R_y=3$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-regular	Albañilería
					m	m	m		
Story2	SDYY R=3 Max	Y	0.000354	2309	27.125	9.4181	6.6	0.0009027	CUMPLE
Story1	SDYY R=3 Max	Y	0.000282	1795	0	9.4181	3.3	0.0007191	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63. Derivas de entre piso para $R_x=8$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Deriva inel	Concreto
					m	m	m		
Story2	SDXX-R=8 Max	X	0.000446	19	27.125	9.89	6.6	0.002676	Cumple
Story1	SDXX-R=8 Max	X	3.80E-05	19	27.125	9.89	3.3	0.000228	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64. Derivas de entre piso para $R_y=8$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Deriva in-irregular	Concreto
					m	m	m		
Story2	SDYY-R=8 Max	Y	0.000133	2309	27.125	9.4181	6.6	0.000769	Cumple
Story1	SDYY-R=8 Max	Y	0.000106	1795	0	9.4181	3.3	0.000613	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65. Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X $R_x=3$.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Derivas In-Regular	Desplazamiento relativo (cm)	Desplazamiento absoluto cm
					0.75R		
Story2	SDXX R=3 Max	X	0.00119	19	0.0026775	0.883575	0.9585675
Story1	SDXX R=3 Max	X	0.000101	19	0.00022725	0.0749925	0.0749925

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66. Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en Y $R_y=3$.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Derivas In-irregular	Desplazamiento relativo (cm)	Desplazamiento absoluto cm
					0.85R		
Story2	SDYY R=3 Max	Y	0.000354	2309	0.000767295	0.25320735	0.4549149
Story1	SDYY R=3 Max	Y	0.000282	1795	0.000611235	0.20170755	0.20170755

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67. Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X $R_x=8$.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Deriva in-Regular	Desplazamiento relativo (cm)	Desplazamiento absoluto cm
					0.75R		
Story2	SDXX-R=8 Max	X	0.000446	19	0.002676	0.88308	0.95832
Story1	SDXX-R=8 Max	X	3.80E-05	19	0.000228	0.07524	0.07524

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68. Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en Y Ry=8.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Deriva inel- Irregular	Desplazamiento relativo (cm)	Desplazamiento absoluto cm
					0.85R		
Story2	SDYY-R=8 Max	Y	0.000133	17	0.000769	0.2536842	0.4558686
Story1	SDYY-R=8 Max	Y	0.000106	19	0.000613	0.2021844	0.2021844

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en las tablas anteriores que el desplazamiento es independiente al R básico, lo que nos asegura un correcto análisis.

4.5.4. Modulo B

4.5.4.1. Cálculo de densidad de muros de albañilería

Número de Pisos, N =	2	
Factor de Zona, Z =	0.45	Zona 4-lima comas
Factor de Uso, U =	1.50	Vivienda A
Factor de Suelo, S =	1.05	S2
Área típica del piso, Ap =	219	m ²
Albañilería Industrial f'm	35	kg/cm2
v'm=	5.1	kg/cm2

El objeto de estudio cuenta con muros estructurales solo en el eje Y, por lo que solo será analizado este eje.

Tabla 69. Cálculo de densidad de muros en Y

Dirección Y			
Muro	Longitud L(m)	Espesor t(m)	L x e (m2)
1Y	8.000	0.23	1.8400
2Y	8.000	0.23	1.8400
3Y	8.000	0.23	1.8400
		Sumatoria	5.5200

Fuente: elaboración propia.

$$\frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56} = 0.0252 \geq 0.0253$$

Dado que el parámetro de densidad de muros es menor por décimas en la dirección de análisis, no se garantiza la mínima densidad siendo $0.0252 < 0.0253$.

4.5.4.2. Configuración de grillas para el Mod. B

Para el segundo modulo se realizará el mismo procedimiento de configuración y análisis que el módulo A.

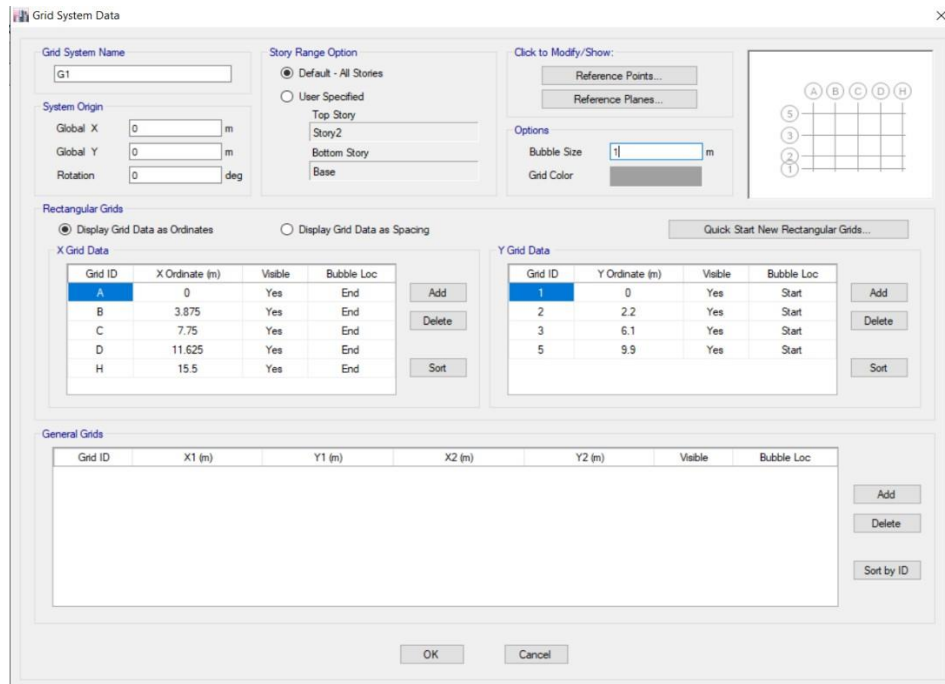


Figura 75: Configuración de grillas de planta.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se define las alturas de cada entre piso de la edificación, como se muestra en la figura.

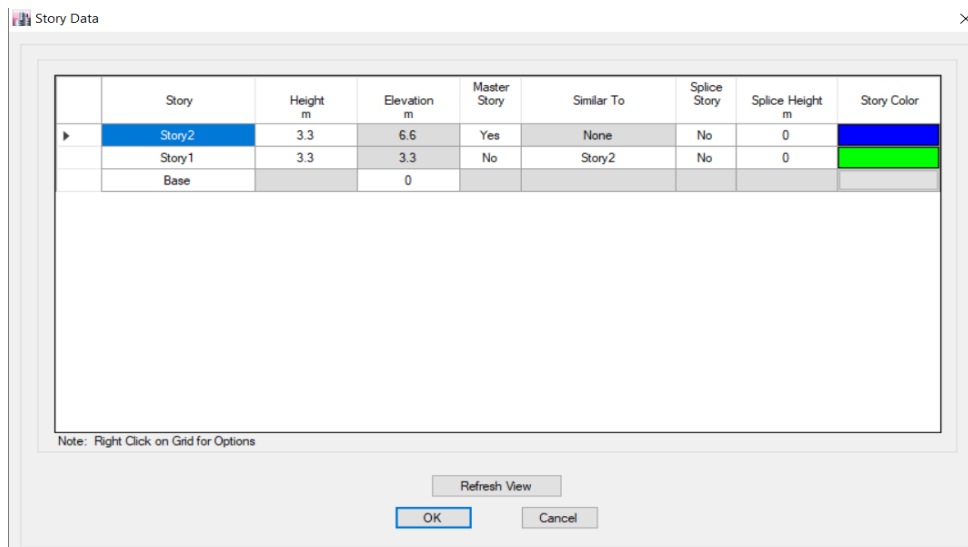


Figura 76: Configuración de grillas en altura de entrepiso

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar esta configuración, el programa dibujará automáticamente las líneas de referencia de la edificación, como se aprecia en la figura 24.

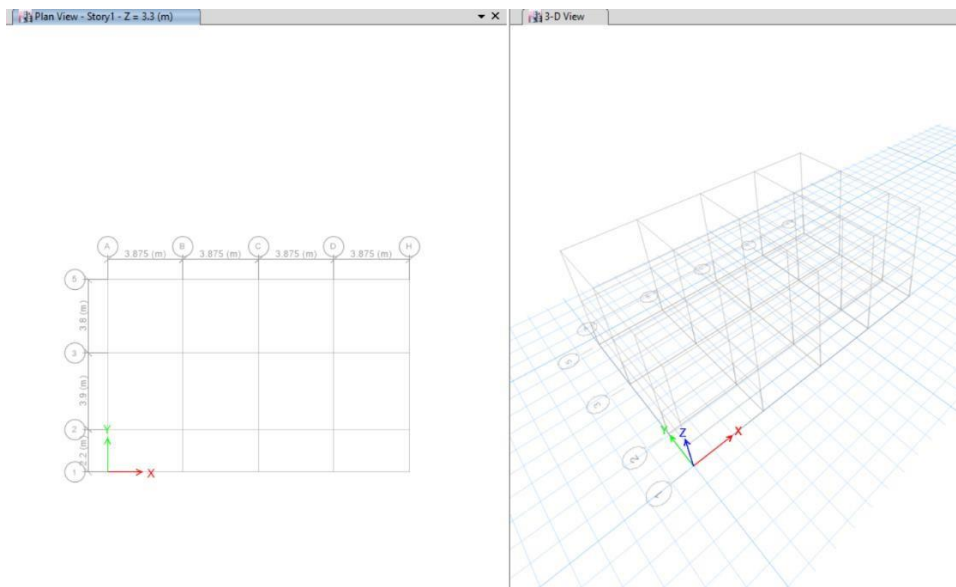


Figura 77: Grillas de edificación en planta y altura.

Fuente: Elaboración propia

4.5.4.3. Definición de los materiales

Las propiedades mecánicas de los elementos a modelar serán consideradas de igual manera que el Módulo A.

4.5.4.4. Configuración de las características físicas de los elementos.

De igual manera, para la configuración de las características físicas de los elementos se considerarán los mismos del Módulo A, con la diferencia que el segundo piso del Mod. B tiene una Viga tipo Pórtico de 30x40.

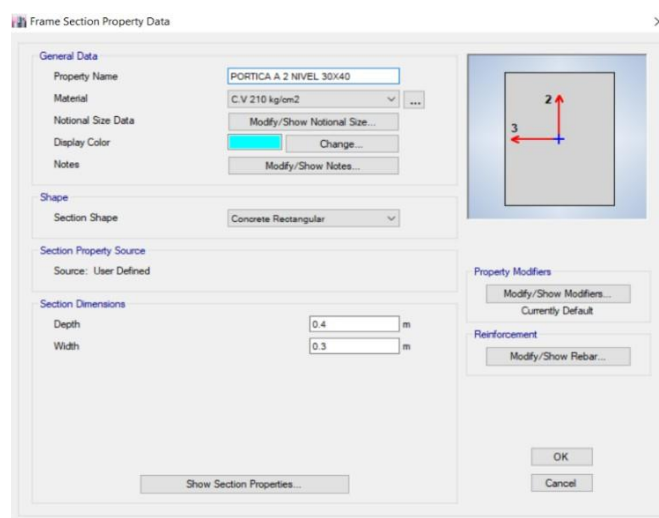


Figura 78: Resultados de configuración de características físicas de los elementos.

Fuente: Elaboración propia

4.5.4.5. Modelado de la estructura.

Una vez asignado las propiedades y características de los elementos estructurales y no estructurales se realiza el modelado.



Figura 79: Planta de primer nivel en Etabs 2016.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 80: Planta del segundo nivel en Etabs 2016.

Fuente: Elaboración propia.

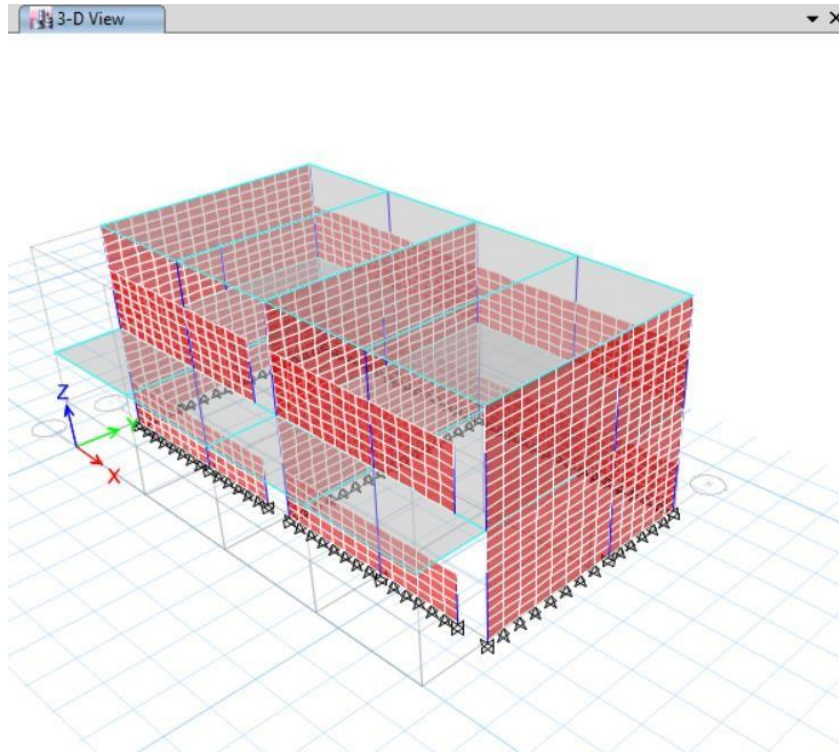


Figura 81: Visualización 3D del modelado en Etabs 2016 y discretización.

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5. Análisis sísmico estático.

4.5.5.1. Masa sísmica.

La masa sísmica de la edificación será definida según E030, donde indica que se tomará el 100% de la carga muerta más el 50% de la carga viva por ser una edificación esencial tipo A.

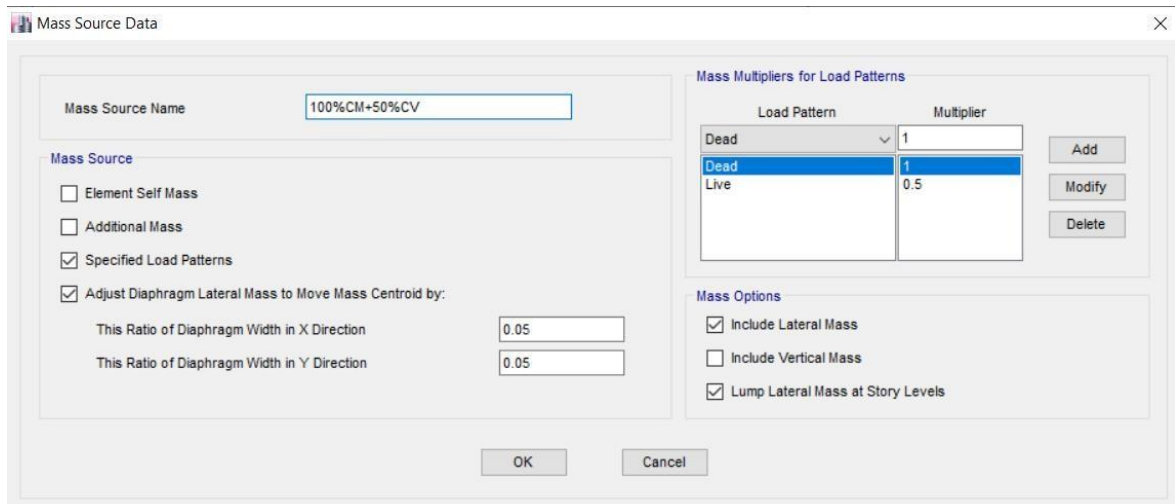


Figura 82: Asignación de masa sísmica para una edificación tipo A-Mod B

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5.2. Asignación del caso modal.

Se configuración el caso modal de la edificación, considerando un máximo de 12 grados de libertad para poder obtener el 90% de la masa participativa.

Modal Case Data

General

Modal Case Name: Modal

Modal Case SubType: Eigen

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: 100%CM+50%CV

P-Delta/Nonlinear Stiffness

Use Preset P-Delta Settings: None

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

Nonlinear Case:

Loads Applied

Advanced Load Data Does NOT Exist

Advanced

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 12

Minimum Number of Modes: 12

Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec

Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec

Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

OK Cancel

Figura 83: Asignación del Caso Modal Mod-B

Fuente: Elaboración propia

4.5.5.3. Periodos de vibración y masa participativa

Tabla 70. Periodos de vibración Mod B.

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ
		sec									
Modal	TX	0.382	0.9809	1.27E-05	0	0.9809	1.27E-05	0	6.00E-06	0.1714	2.99E-05
Modal	2	0.136	0.0187	4.13E-05	0	0.9996	0.0001	0	3.12E-06	0.8226	0.0219
Modal	TY	0.123	0.0001	0.8695	0	0.9997	0.8696	0	0.2549	0.0005	0.065
Modal	TZ	0.108	0.0003	0.0621	0	1	0.9317	0	0.0209	0.0054	0.8569
Modal	5	0.049	0	0.0629	0	1	0.9946	0	0.6659	0.0001	0.0044
Modal	6	0.044	3.96E-06	0.0054	0	1	1	0	0.0582	0.0001	0.0518
Modal	7	0.007	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Modal	8	0.007	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Modal	9	0.007	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Modal	10	0.006	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Modal	11	0.006	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Modal	12	0.006	0	0	0	1	1	0	0	6.35E-07	0

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5.4. Cálculo de la cortante basal.

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

Para poder determinar la cortante basal será necesario determinar el peso de la edificación, para ello se ingresó una combinación 100%CM+50%CV.

Tabla 71. Peso del Módulo B.

PESO DE LA EDIFICACION									
Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	PESO POR NIVEL
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	
Story2	PESO: 100%CM+50%CV	Bottom	134.9923	0	0	0	815.5136	-1044.7732	134.9923
Story1	PESO: 100%CM+50%CV	Bottom	298.6503	0	0	0	1655.3908	-2307.7926	163.658
									298.6503

Fuente: Elaboración propia.

4.5.5.5. Verificación de irregularidades en planta y altura.

Para poder definir el coeficiente de factor sísmico (R_o), será necesario identificar las irregularidades existentes en la edificación, para ello se presentan las siguientes figuras:

Tabla 72. Verificación de Irregularidades en altura.

IRREGULARIDAD ESTRUCTURALES	I_a	Verificacion
Irregularidad de rigidez-Piso blando	0.75	Verificar en analisis dinamico
Irregularidades de resistencia-Piso debil	0.75	Verificar en analisis dinamico
irregularidad extrema de rigidez	0.5	Verificar en analisis dinamico
Irregularidad extrema de resistencia	0.5	Verificar en analisis dinamico
Irregularidad de Masa o Peso	0.9	No
Irregularidad Geometrica Vertical	0.9	No
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0.8	No
Discontinuidad extrema de los sistema Resistentes	0.6	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 73. Verificación de Irregularidades en planta.

IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL	L_p	Verificacion
Irregularidad torsional	0.75	Verificar en analisis dinamico
Irregularidad torsional Extrema	0.6	Verificar en analisis dinamico
Esquinas Entrantes	0.9	No
Discontinuidad del Diafragma	0.85	No
Sistemas no paralelos	0.9	No

Fuente: Elaboración Propia

Después de hacer el análisis se observa que para algunas irregularidades es necesario realizar el análisis sísmico dinámico para su verificación.

Cortante basal para un coeficiente de reducción sísmica $R=3$

$T_x=$	0.165	seg	$T_y=$	0.123	seg
$Z=$	0.45	Z4-Comas-Lima	$Z=$	0.45	Z4-Comas-Lima
$U=$	1.5	Vivienda A	$U=$	1.5	Vivienda A
$S=$	1.05	EMS Suelo S2	$S=$	1.05	EMS Suelo S2
$TP=$	0.6	S	$TP=$	0.6	S
$TL=$	2	S	$TL=$	2	S
$C=$	2.5		$C=$	2.5	
$R=R_o \cdot I_a \cdot I_p$	3	Albañileria Confin	$R=R_o \cdot I_a \cdot I_p$	3	Albañileria Confin
$I_a=$	1		$I_a=$	1	
$I_p=$	1		$I_p=$	1	

En la primera etapa de verificación de irregularidades se concluyó que el mod. B es regular. Faltando verificar las irregularidades indicadas en la figura (x).

$$V_x = \frac{0.45 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.05}{3} = 176.4 \text{ tn para un } R_x=3$$

$$V_y = \frac{0.45 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.05}{3} = 176.4 \text{ tn para un } R_y=3$$

Cortante basal para un coeficiente de reducción sísmica R=8

T_x=	0.165	seg
Z=	0.45	Z4-Comas-Lima
U=	1.5	Vivienda A
S=	1.05	EMS Suelo S2
TP=	0.6	S
TL=	2	S
C=	2.5	
R=R_o*I_a*I_p	8	Porticos R _o =8
I_a=	1	
I_p=	1	

T_y=	0.071	seg
Z=	0.45	Z4-Comas-Lima
U=	1.5	Vivienda A
S=	1.05	EMS Suelo S2
TP=	0.6	S
TL=	2	S
C=	2.5	
R=R_o*I_a*I_p	8	Porticos R _o =8
I_a=	1	
I_p=	1	

De igual manera, la estructura se tornó regular en la etapa del análisis estático.

$$V_x = \frac{0.45 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.05}{8} = 66.15 \text{ tn para un } R_x=8$$

$$V_y = \frac{0.45 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.05}{8} = 66.15 \text{ tn para un } R_y=8$$

4.5.5.6. Cálculo de las derivas de entre piso

Al igual que el pabellón A, la asignación de carga sísmica estática está considerada para 2 coeficientes R básico de reducción sísmica, siendo R=8 para pórticos y R=3 para albañilería, debido a que la edificación en estudio es mixta.

Las asignaciones de cargas estáticas son consideradas de igual manera que el Mod A. Dado que este módulo es regular en la etapa de análisis estático, el coeficiente C varía con relación al Mod A.

$$C = \frac{Z_x U_x C_x S}{R_x} =$$

Coeficiente C para R=3 para la dirección X:

$$\frac{Z_x U_x C_x S}{R_x} = 0.591$$

Coeficiente C para R=3 para la dirección Y:

$$\frac{ZxUxCxS}{Ry} = 0.591$$

Coeficiente C para R=8 para la dirección X:

$$\frac{ZxUxCxS}{Rx} = 0.221$$

Coeficiente C para R=8 para la dirección X:

$$\frac{ZxUxCxS}{Ry} = 0.221$$

Debido a que el Factor C es igual en ambas direcciones por ser regular, se toma un solo valor para ambas direcciones, como se indica en las figuras.

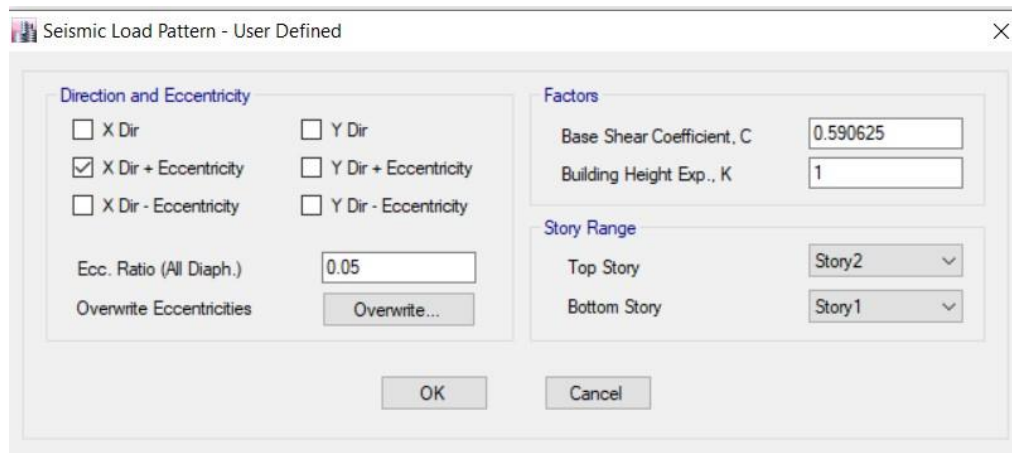


Figura 84: Carga sísmica estática con excentricidad positiva para Rx,y=3

Fuente: Elaboración propia.

Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity
Factors

X Dir Y Dir

X Dir + Eccentricity Y Dir + Eccentricity

X Dir - Eccentricity Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story ▼

Bottom Story ▼

Figura 85: Carga sísmica estática con excentricidad positiva para Rx,y=8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Derivas de entre piso para Rx=3

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Albañilería
					m	m	m		
Story2	SEXX+R=3	X	0.001521	14	11.625	2.19	6.6	0.00342225	CUMPLE
Story1	SEXX+R=3	X	0.002164	11	15.5	9.89	3.3	0.004869	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 75. Derivas de entre piso para Ry=3

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Albañilería
					m	m	m		
Story2	SEYY+R=3	Y	0.000283	2369	15.5	9.3942	6.6	0.00063675	CUMPLE
Story1	SEYY+R=3	Y	0.000231	2369	15.5	9.3942	3.3	0.00051975	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76. Derivas de entre piso para Rx=8

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Concreto
					m	m	m		
Story2	SEXX+R=8	X	0.00057	14	11.625	2.19	6.6	0.00342	CUMPLE
Story1	SEXX+R=8	X	0.000812	11	15.5	9.89	3.3	0.004872	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77. Derivas de entre piso para Ry=8

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Concreto
					m	m	m		
Story2	SEYY+R=8	Y	0.000106	2369	15.5	9.3942	6.6	0.000636	CUMPLE
Story1	SEYY+R=8	Y	8.70E-05	2369	15.5	9.3942	3.3	0.000522	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

En el eje X se presenta una deriva superior al 50% del 5/1000 y 7/1000 para albañilería y concreto respectivamente, por lo que podría presentarse torsión.

4.5.6. Análisis sísmico dinámico modal espectral

Para el desarrollo del análisis sísmico dinámico se tomarán los datos del módulo A. De igual manera, se considerará las cargas dinámicas igual al módulo A siendo en cada dirección indicado su factor de escala. Debido a que es regular se tiene un Factor $Zusg/R$ igual en ambas direcciones de análisis, por lo que se tomará un espectro para ambos ejes.

$$\text{FACTOR} = ZUSg/Rx \quad 2.317613$$

$$\text{FACTOR} = ZUSg/Ry \quad 2.317613$$

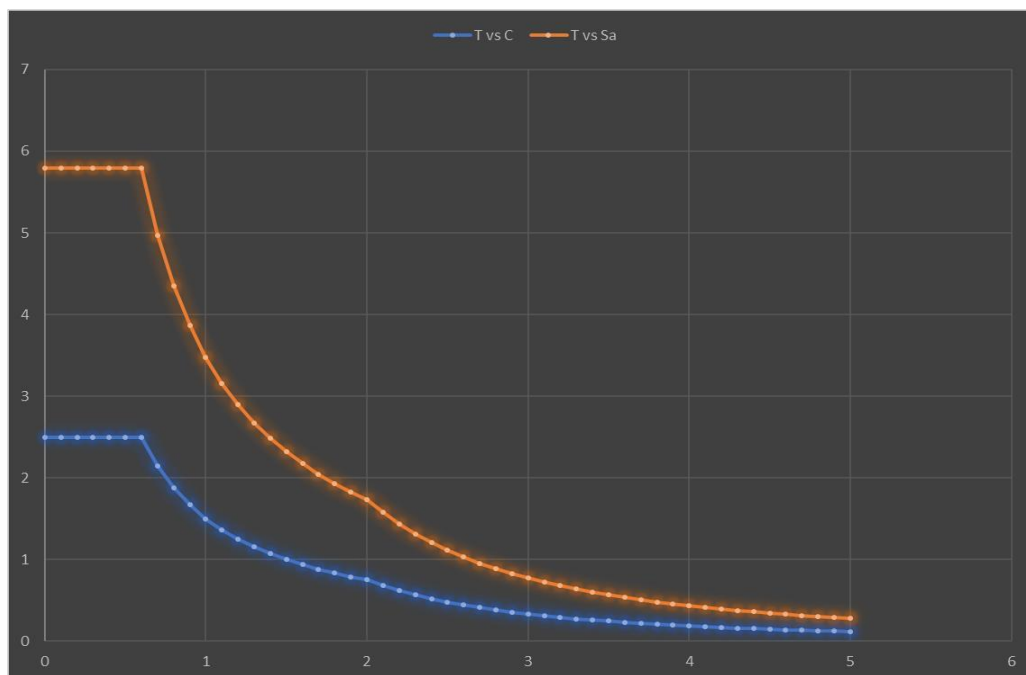


Figura 86: Espectro Pseudodinámico elástico básico y amplificado Rx,y=3

Fuente: Elaboración propia.

FACTOR=ZUSg/Rx 0.869105

FACTOR=ZUSg/Ry 0.869105

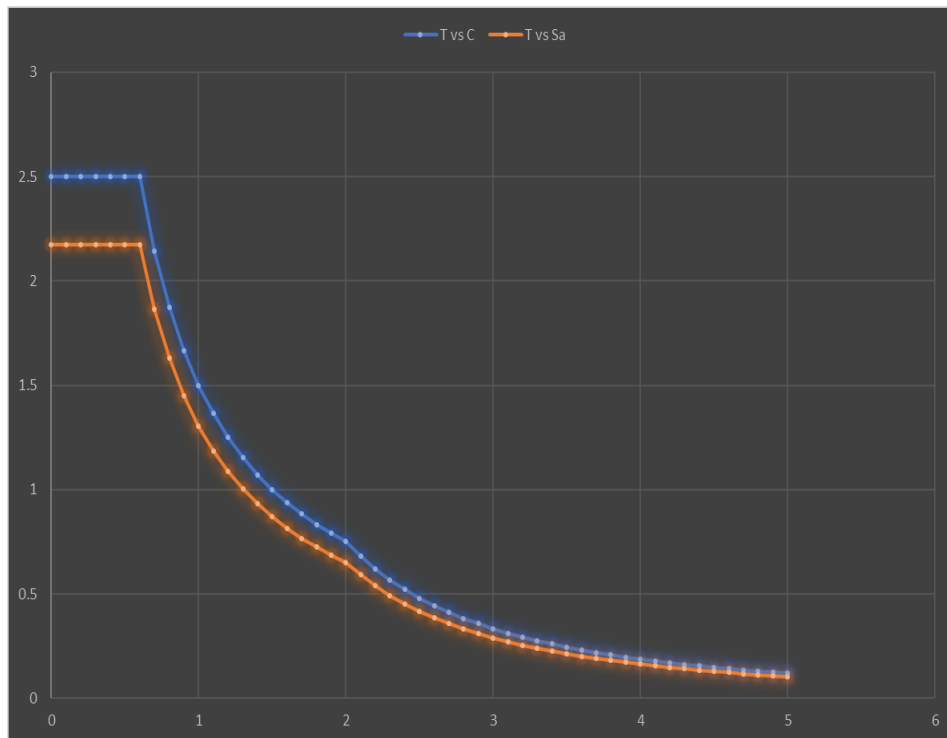


Figura 87: Espectro Pseudodinámico elástico básico y amplificado Rx,y=8

Fuente: Elaboración propia.

- Para obtener el espectro amplificado se asigna un caso de carga dinámico con el factor indicado en cada espectro.

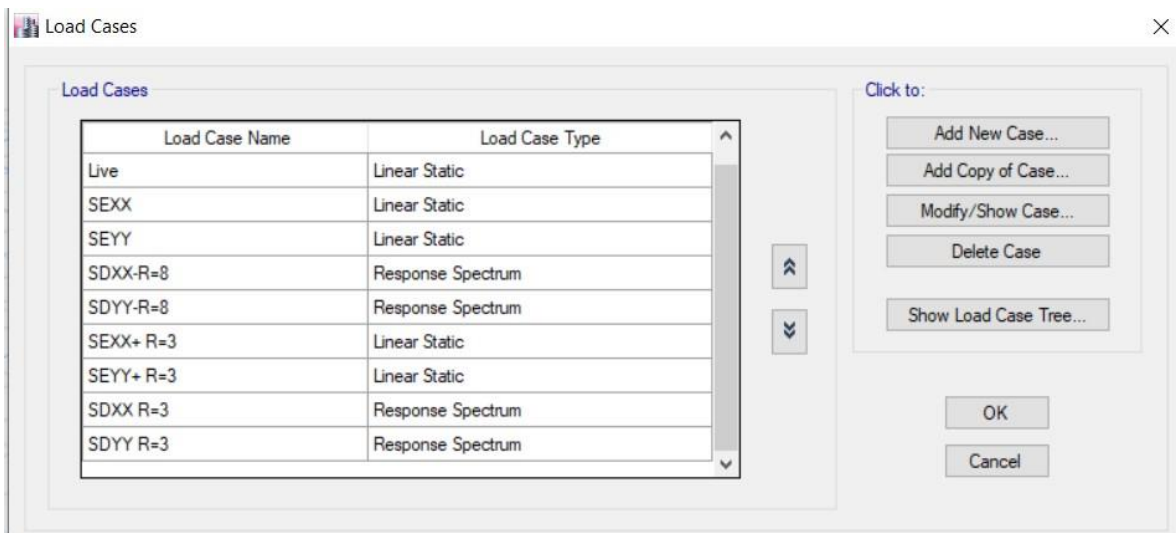


Figura 88: Asignación del caso de carga dinámico.

Fuente: Elaboración propia.

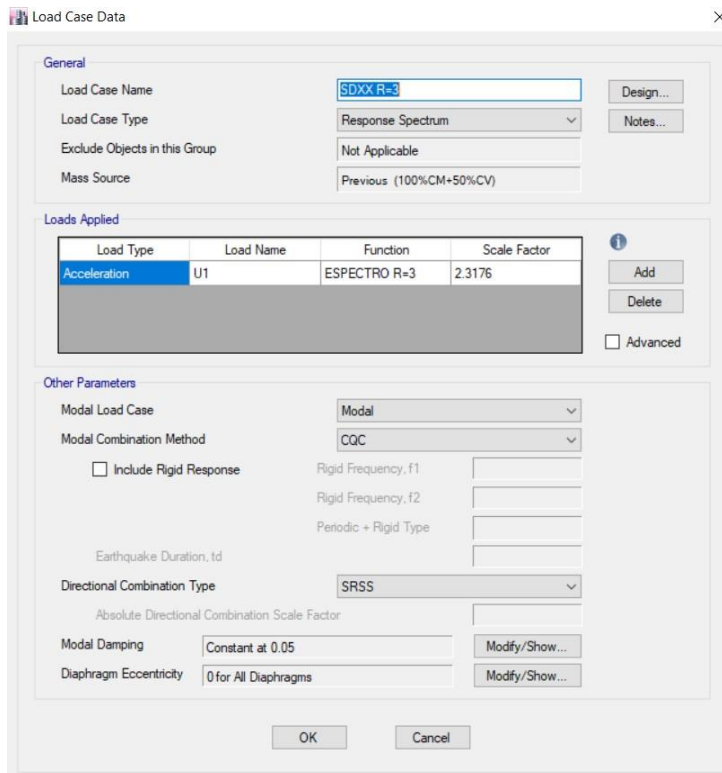


Figura 89: Asignación del caso de carga Rx=3 con su espectro y factor amplificador.
Fuente: Elaboración propia.

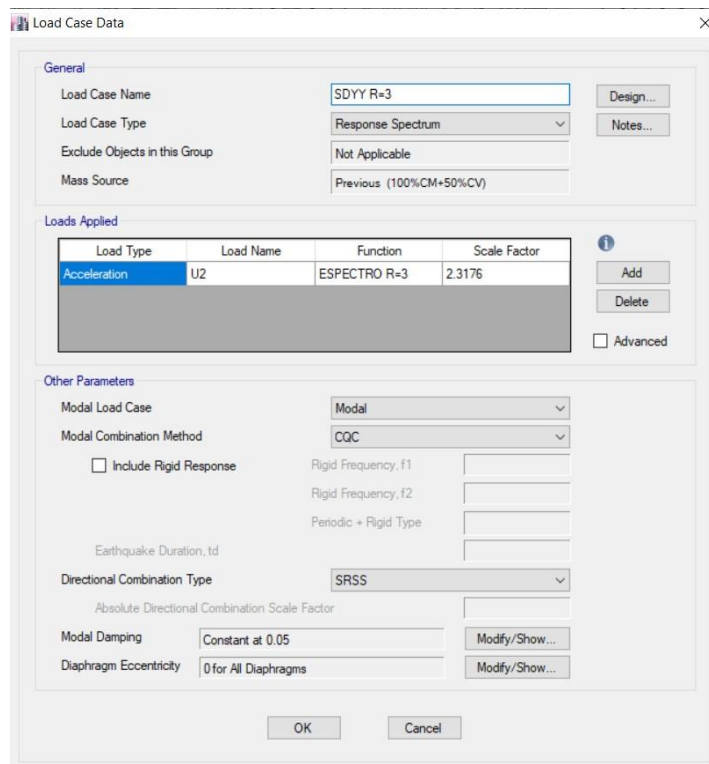


Figura 90: Asignación del caso de carga Ry=3 con su espectro y factor amplificador.
Fuente: Elaboración propia.

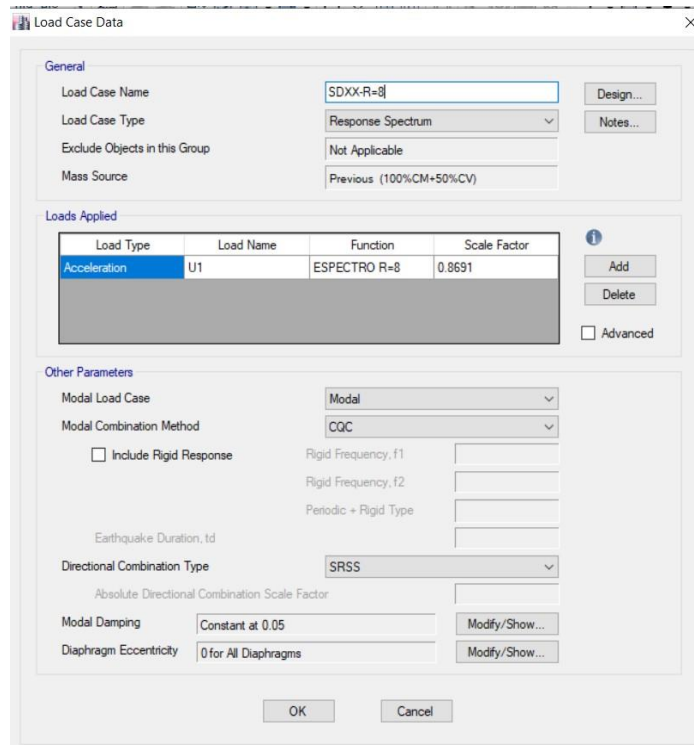


Figura 91: Asignación del caso de carga Rx=8 con su espectro y factor amplificador.
Fuente: Elaboración propia.

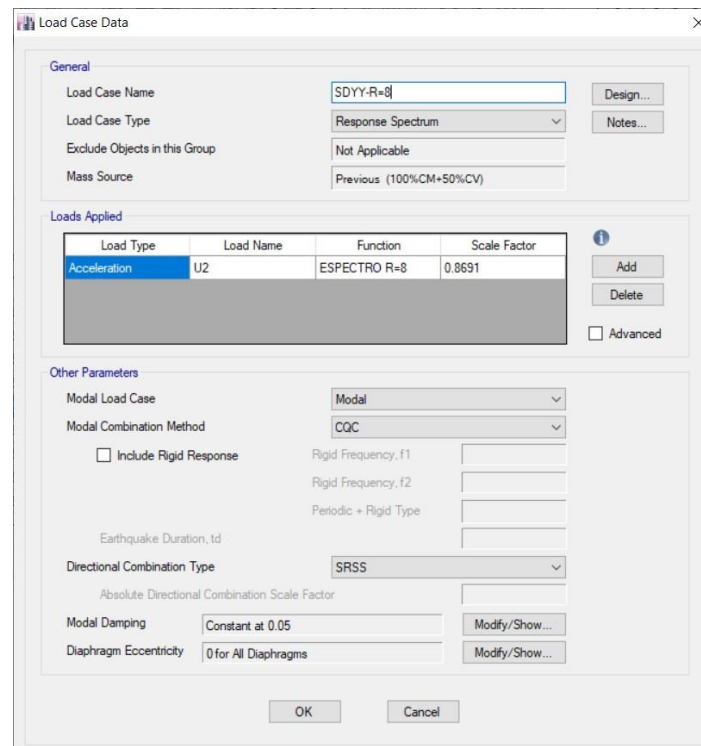


Figura 92: Asignación del caso de carga Ry=8 con su espectro y factor amplificador.
Fuente: Elaboración propia.

Verificación de irregularidades.

Tabla 78. Verificación de la irregularidad torsional en $R_x=3$

TORSION DIRECCION XX R=3					
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story2	SDXX R=3 Max	Diaph D2 X	0.001875	0.001862	1.007
Story1	SDXX R=3 Max	Diaph D1 X	0.005727	0.005699	1.005

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79. Verificación de la irregularidad torsional en $R_y=3$

TORSION DIRECCION YY R=3					
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story2	SDYY R=3 Max	Diaph D2 Y	0.000415	0.000342	1.212
Story1	SDYY R=3 Max	Diaph D1 Y	0.000595	0.000485	1.226

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80. Verificación de la irregularidad torsional en $R_x=8$

TORSION DIRECCION XX R=8					
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story2	SDXX-R=8 Max	Diaph D2 X	0.000703	0.000698	1.007
Story1	SDXX-R=8 Max	Diaph D1 X	0.002148	0.002137	1.005

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81. Verificación de la irregularidad torsional en $R_y=8$

TORSION DIRECCION YY R=8					
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story2	SDYY-R=8 Max	Diaph D2 Y	0.000155	0.000128	1.212
Story1	SDYY-R=8 Max	Diaph D1 Y	0.000223	0.000182	1.226

Fuente: Elaboración propia.

Siendo verificado así, se tiene que no tiene irregularidad torsional.

4.5.6.1. Cálculo de las derivas y desplazamientos de entre piso relativos y absolutos.

Tabla 82. Derivas de entre piso para $R_x=3$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Albañilería
					m	m	m		
Story2	SEXX+R=8	X	0.00057	14	11.625	2.19	6.6	0.00342	CUMPLE
Story1	SEXX+R=8	X	0.000812	11	15.5	9.89	3.3	0.004872	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83. Derivas de entre piso para $R_y=3$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Albañilería
					m	m	m		
Story2	SEYY+R=8	Y	0.000106	2369	15.5	9.3942	6.6	0.000636	CUMPLE
Story1	SEYY+R=8	Y	8.70E-05	2369	15.5	9.3942	3.3	0.000522	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. Derivas de entre piso para $R_x=8$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Concreto
					m	m	m		
Story2	SDXX-R=8 Max	X	0.000703	14	11.625	2.19	6.6	0.004218	CUMPLE
Story1	SDXX-R=8 Max	X	0.002148	14	11.625	2.19	3.3	0.012888	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85. Derivas de entre piso para $R_y=8$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Derivas Ine-Regular	Concreto
					m	m	m		
Story2	SDYY-R=8 Max	Y	0.000155	2369	15.5	9.3942	6.6	0.00093	CUMPLE
Story1	SDYY-R=8 Max	Y	0.000223	2369	15.5	9.3942	3.3	0.001338	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86. Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X $R_x=3$.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Derivas Ine-Regular	Desplazamiento relativo (cm)	Desplazamiento absoluto cm
					0.75R		
Story2	SDXX R=3 Max	X	0.001875	14	0.00421875	1.3921875	5.644485
Story1	SDXX R=3 Max	X	0.005727	14	0.01288575	4.2522975	4.2522975

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87. Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X Ry=3.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Derivas Ine-Regular	Desplazamiento relativo (cm)	Desplazamiento absoluto cm
					0.75R		
Story2	SDYY R=3 Max	Y	0.000415	2369	0.00093375	0.3081375	0.749925
Story1	SDYY R=3 Max	Y	0.000595	2369	0.00133875	0.4417875	0.4417875

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88. Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X Rx=8.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Derivas Ine-Regular	Desplazamiento relativo (cm)	Desplazamiento absoluto cm
					0.75R		
Story2	SDXX- R=8 Max	X	0.000703	14	0.004218	1.39194	5.64498
Story1	SDXX- R=8 Max	X	0.002148	14	0.012888	4.25304	4.25304

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89. Desplazamiento relativo y absoluto inelástico en X Ry=8.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	Derivas Ine-Regular	Desplazamiento relativo (cm)	Desplazamiento absoluto cm
					0.75R		
Story2	SDYY- R=8 Max	Y	0.000155	2369	0.00093	0.3069	0.74844
Story1	SDYY- R=8 Max	Y	0.000223	2369	0.001338	0.44154	0.44154

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1:

En la presente investigación, para la estimación de vulnerabilidad sísmica por el método de FEMA P-154 se necesitaron las características de la edificación y su entorno, tales como se pueden precisar en las Figs. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 que definen visualmente las características que se usaron para la aplicación de las mencionadas fichas FEMA P-154, como se puede observar en las tablas 20, 21. Posteriormente interpretar los resultados según se observa en la tabla 22, 23; y cómo estimación final se obtuvo una vulnerabilidad de grado 4 - 5; que viene a establecerse como una edificación muy vulnerable.

Como se puede precisar en la investigación de Arteaga (2016), aplicando la metodología de FEMA P-154 se determinó una alta vulnerabilidad a sismo, situación que se refleja en la realidad física de la edificación en mención. Sus irregularidades en planta, irregularidades verticales, sus condiciones arquitectónicas, su ciclo de vida útil, la ausencia de mantenimiento y la zona sísmica en la que se encuentra hacen que tenga una vulnerabilidad sísmica alta.

Discusión 2:

Para el caso del método de índice de vulnerabilidad sísmica según Benedetti y Petrini similarmente al método anterior se usaron parámetros con el mismo objetivo; para el caso de los dos pabellones tenemos las mismas características, en la que se pudo establecer una vulnerabilidad alta, de una calificación de 242.5 en la escala de Benedetti y Petrini.

En la investigación de Arévalo (2020), se elaboraron unas fichas basadas en índices de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en la que se obtuvo el 100% de edificaciones que forman parte del análisis tienen una vulnerabilidad alta. Por otra parte, se encontró el riesgo sísmico, en el cual el 100% de las viviendas analizadas están en un rango alto. Además, tenemos la investigación de Flores (2016), que aplicando la misma metodología se encontraron una vulnerabilidad sísmica alta del 56% y media en un 44%; de estos se hallaron que los principales factores que influyeron son lo que viene a ser la cantidad de muros y la calidad del proceso constructivo.

Discusión 3:

Para el estudio de la vulnerabilidad sísmica que tiene la edificación en estudio, se empleó un análisis estático y un análisis dinámico para verificar las derivas de entre piso del Módulo A y B, en el cual se obtuvo que en el eje x del módulo A las derivas de entre piso inelásticas fueron mayores al 50% de la máxima permitida (Tabla N°19) para el caso de albañilería (Tabla N°51 y N°59). Para el caso de los pórticos de concreto armado las derivas no superan el 50% de la deriva máxima permitida, siendo en este caso menores al 3.5/1000 en ambos sentidos. Por otro lado, las derivas de entre piso inelásticas del módulo B han presentado ser cercanas y superiores al 50% de la deriva máxima permitida (Tabla N°74 Y N°82) para concreto armado (Tabla N°19). La importancia que refleja este estudio es prever las complicaciones que pueden generas las derivas inelásticas superiores a lo que indica la NTP E030 a través de la estructuración y/o análisis.

Quiroz (2017) presenta su investigación de la vulnerabilidad sísmica de un colegio mediante análisis no lineales, donde indica que el control de las derivas es de suma importancia para controlar estos parámetros dado que el grado que pueden sufrir estos elementos están asociados a la deriva inelástica.

Discusión 4:

En la presente investigación se identificó la vulnerabilidad sísmica mediante los desplazamientos absolutos de la edificación, calculado en el análisis dinámico modal, es decir la longitud que se desplaza el ultimo nivel con relación al nivel de suelo. Respecto a ello, en el módulo A se presentaron desplazamientos mínimos, tales como lo indica la tabla 63, Tabla 64, Tabla 65, Tabla 66 las cuales no superan 1 cm. Por otro lado, el módulo B presenta un desplazamiento mayor en la dirección X de 5.64 cm tal como lo muestra la tabla 84 y tabla 86. La metodología empleada para obtener estos resultados resultó ser eficiente en tiempo, pero deficiente en confiabilidad. La relevancia que tiene la presente investigación en relación al contexto científico social es esclarecer en como una edificación “esencial” puede colapsar durante un evento telúrico.

Choqueza y Molluni (2018) plantea su investigación a la identificación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones públicas, donde indica que debido a que los elementos estructurales y no estructurales son sensibles a los desplazamientos

se tiene que llevar un control de este desde las derivas máximas de entre piso como indicador del daño que puede sufrir la edificación.

De acuerdo a los resultados encontrados con los métodos cualitativos como se puede observar en el capítulo IV, se han podido asimilar sus fortalezas en la determinación de vulnerabilidad sísmica en cualquier tipo de edificación; de las cuales se puede destacar la facilidad y practicidad en las que pueden ser aplicadas, analizadas y sustentadas, es un muy buen aporte a la comunidad científica en el sentido de que se puede determinar la vulnerabilidad de grandes cantidades de construcciones en un periodo de tiempo muy corto y especialmente con resultados muy precisos y acertados, lo que en un entorno de emergencia son de suma importancia.

Para el caso de los métodos analíticos tenemos que de igual manera, y según lo esperado en las hipótesis planteadas al inicio del estudio, son mucho más detalladas y precisas, y pues se requiere de un conocimiento mucho más amplio y especializado en comparación a los métodos de situación cualitativa, si bien éstos pueden tomar un poco más de tiempo se ha podido determinar que aplicando los dos métodos, tanto los cualitativos y posteriormente los analíticos agilizamos el proceso, ya que los métodos mencionadas primero reúnen todas las características de estado y situación que nos hacen falta para un análisis analítico.

La relevancia de aplicar éste método es el aporte a la sociedad, en nuestro caso se ha podido aportar con el análisis de vulnerabilidad, comportamiento y peligrosidad de un colegio nacional en muy mal estado en el que no se toman las medidas de seguridad adecuadas afectando la seguridad de cientos de alumnos, el aporte de ésta investigación se pueden tomar como una exposición del problema y reforzar los pedidos de intervención que ya han ido haciendo los directivos del colegio con las autoridades pertinentes ya hace muchos años atrás.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión General

El nivel de vulnerabilidad determinado por métodos de carácter cualitativo y analítico es alto en el 100% de los módulos evaluados (2 módulos) destacando entre sus características negativas la antigüedad de la estructura tal como se puede observar en la fig. 15 y 16; las irregularidades estructurales como las de columna corta, la out of plane setback, el tipo de cubierta. Estado de los elementos no estructurales, la resistencia convencional del edificio y la posición y cimentación del mismo; y como punto vital el estado de conservación de la edificación.

Conclusión Específica 1:

Con el método FEMA P – 154 se obtuvo un coeficiente de vulnerabilidad de 0.7 en el nivel 1 de evaluación y de -1.5 en el nivel 2 de evaluación, el que representa una alta probabilidad de tener daño de grado 5 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 4, dentro de estos grados de daño tenemos que la edificación ante un evento telúrico de intensidad alta estaría expuesta a daños graves (estructurales y no estructurales), habrían grandes grietas en los elementos estructurales por compresión y rotura de armadura, inclinación en columnas, y posible colapso de algunas columnas o plantas, como estimación se tiene que los dos módulos sometidos a evaluación estarían con una alta vulnerabilidad.

Conclusión Específica 2:

Para Benedetti y Petrini tenemos una vulnerabilidad alta en el 100% de los objetos de análisis (dos módulos de la I.E. primero de abril 2055) teniendo una estimación del índice de vulnerabilidad de 242.50 en el pabellón A y de 252.5 en el pabellón B estando en un rango de 191.3 – 286.3 establecido por Benedetti y Petrini para una edificación con vulnerabilidad alta tal como se puede observar en las tablas 44 y 45.

Conclusión Específica 3:

Las derivadas de entre piso es un indicador importante para la determinación de la vulnerabilidad sísmica, estos fueron determinados en 2 etapas para ambos módulos, dichas etapas están comprendidas dentro de un análisis sísmica estático

y dinámico. Para el módulo A, en el eje "x" se presentó derivas inelásticas mayores al 50% de la máxima permitida (Tabla N°19) para el caso de albañilería (Tabla N° 51 y N°59), dado que no se tiene muros estructurales de albañilería en ese sentido no se considera como indicador de torsión. Para los pórticos de concreto armado las derivas no superan el 50% de la deriva máxima permitida, siendo en este caso menores al 3.5/1000 en ambos sentidos, lo cual no indica ser desfavorable. Por otro lado, las derivas de entre piso inelásticas del módulo B han presentado ser cercanas y superiores al 50% de la deriva máxima permitida (Tabla N°74 Y N°82) para concreto armado (Tabla N°19), siendo este un posible indicador de torsión en la dirección X. Es en esta etapa donde se evidencia la importancia de controlar estas derivas desde la etapa de estructuración, para poder obtener un indicador de vulnerabilidad sísmica previa desde las derivas de entre piso.

Conclusión Específica 4:

El cálculo de la vulnerabilidad sísmica de la institución educativa 2055 se llevó a cabo mediante 2 consideraciones básicas en el método analítico, la cual una de estas es el desplazamiento absoluto que sufre la edificación mediante un análisis sísmico dinámico. En este análisis se obtiene que el módulo A tiene desplazamientos mínimos como indican las tablas 63-67. Mientras tanto, el módulo B sufre un desplazamiento considerable en el eje X (Tabla 84,86) debido a la falta de rigidizadores en dicho eje, la ausencia de muros estructurales y vigas peraltadas son la consecuencia de dicho desplazamiento agresivo. Además, se aprecia que en el segundo nivel de este módulo la viga del pórtico A se encuentra pandeada como se aprecia en la figura (26), esto a consecuencia de que dicha viga tiene 30 cm menos de peralte a como indicaba el plano estructural. Es por ello, que es necesario la supervisión constante del proceso constructivo de la edificación para evitar negligencias de calidad por parte de la mano de obra.

VII. RECOMENDACIONES

La principal recomendación sería aplicar métodos cualitativos a todas las edificaciones que se sospeche que puedan tener una vulnerabilidad de alta a moderada, y si se tiene una respuesta negativa de vulnerabilidad aplicar métodos analíticos para un mayor detalle de las vulnerabilidades que pueda tener la edificación y con esto poder tomar medidas al respecto, especialmente en las zonas que son más propensas a sufrir de movimientos telúricos.

Se recomienda controlar la vulnerabilidad sísmica de una edificación desde la etapa de estructuración, es decir que el modelado de la institución debe contener elementos que rigidicen la estructura para poder minimizar las derivas de entre piso que se pueden presentar a consecuencia de un evento sísmico.

El desplazamiento que puede sufrir una edificación a causa de un evento telúrico es un factor importante para poder minimizar la vulnerabilidad sísmica, por ello es recomendable contar con un Ing. responsable de calidad durante la ejecución de la obra para cumplir con todos los parámetros indicados en los planos del proyecto y evitar negligencias constructivas, sobre todo en este tipo de edificaciones que son esenciales. De igual manera, esto también debe ser controlado por el estructural desde las derivas inelásticas.

Compartir la información de los resultados de la investigación con la comunidad Educativa en este caso del distrito de Comas, al igual que con las autoridades competentes para que se puedan tomar acciones respecto a los resultados negativos encontrados en la edificación muestra de estudio en este trabajo.

En el caso de las edificaciones que presentan una vulnerabilidad de grado alto se recomienda su demolición y posterior reconstrucción, ya que representan una peligrosidad muy alta y se estaría arriesgando la integridad física de todo individuo que transite cerca o dentro de las instalaciones en mención.

REFERENCIAS

LOPEZ, Oscar A. Indicadores de riesgo sísmico en edificios escolares de Venezuela. IMME [online]. 2009, vol.47, n.1 [Fecha de consulta: 2021-06-19], pp. 17-46.

Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376723X2009000100002&lng=es&nrm=iso.

ISSN 0376-723X.

SALAZAR Arbelaez G. Terremotos y salud: lecciones y recomendaciones. Salud Publica Mex [Internet]. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2021];60(Supl.1):S6-S15.

Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/9445>

PACORI Arizaca, Wilfredo. Vulnerabilidad sísmica en las edificaciones educativas públicas de concreto armado en la ciudad de Ayaviri, puno – 2018. Tesis (titulo). Perú: Universidad nacional del altiplano, 2001. 183 pp.

Disponible en:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12576/Pacori_Arizaca_Wilfredo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AREVALO Casas, Allan. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres. Tesis (Titulo). Perú: Universidad Peruana de ciencias aplicadas, 2020. 131 pp.

Disponible

en:

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648665/Arevalo_C_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y

FLORES Ortega, Rogelio. Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del distrito de Samegua, Región Moquegua. Revista ciencia y tecnología para el desarrollo- UJCM [En línea]. 2016, vol.2, n.3. [citado 2021-04-12], pp. 35-41.

Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/228843291.pdf>

ARTEAGA Mora, Pio. Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca- Ecuador. Tesis (Maestría). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2016. 95 pp.

Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26547>

QUIROZ Rojas, Edward. Vulnerabilidad sísmica de una edificación escolar típica modulo 780 Pre NDSR-1997 mediante módulos no lineales. Tesis (Maestría). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017. 117 pp.

Disponible en:

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8610>

ALZATE Buitrago, Alejandro. Evaluación de vulnerabilidad estructural de las edificaciones indispensables del grupo III y IV en el municipio de Viterbo, Caldas. Tesis (Título). Colombia: Universidad libre seccional Pereira, 2017. 81 pp.

Disponible en:

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17088/EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20VULNERABILIDAD.pdf?sequence=1>

CABALLERO Guerrero, Álvaro. Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad de las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica. Tesis (Maestría). Colombia: Universidad del norte de Sincelejo, 2007. 220 pp.

Disponible en:

<http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/105/92535650.pdf;jsessionid=615EB71A37F7D84CAF01BC7E4454FDA3?sequence=1>

UGEL Garrido, Ronald David. Vulnerabilidad sísmica en edificaciones porticadas compuestas de acero y hormigón armado. Tesis (Doctorado). España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2015. 232 pp.

Disponible

en:

<https://www.tesisenred.net/handle/10803/321353#page=1>

BABILON Santa Cruz, Carlos. Evaluación de vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas del distrito de Túcume aplicando los métodos italianos y colombiano. Tesis (Titulo). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 268 pp.

Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31821/Balil%C3%B3n_SCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FERREIRA, Mao y Vicente. Seismic vulnerability assessment of the old city centre of Horta, Azores: calibration and application of a seismic vulnerability index method. Bull Earthquake Eng [en línea]. December 2016, 15: 2879–2899 [Fecha consulta: 13 de abril de 2021].

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/262275051_Seismic_vulnerability_assessment_of_masonry_facade_walls_Development_application_and_validation_of_a_new_scoring_method

ISHACK, Bhattacharya y Maity. Rapid Visual Screening method for vertically irregular buildings based on Seismic Vulnerability Indicator. Elsevier [En línea]. February 2021, 54: 1-15 [Fecha consulta: 14 abril de 2021].

Disponible

en:

https://www.researchgate.net/publication/267200981_A_Study_on_Saline_Water_Intrusion_and_Fresh_Water_Recharge_relevant_to_Coastal_Environment

RAMIREZ, Belén. Seismic vulnerability assessment of traditional timber frame and masonry wall buildings. Application to the historical centre of Valparaíso, Chile. Tesis (Título). Barcelona. Universidad Politècnica de Catalunya, 2020. 290 pg.

Disponible en: <http://hdl.handle.net/10803/671491>

Applied Technology Council (ATC 21). 2002. Federal Emergency Management Agency (FEMA 154). 2da. California. 140 p.

BONETT, Ricardo. Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. (Tesis Doctoral). España, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. 2003. 474 pp.

Disponible en: www.tdx.cat/handle/10803/6230

ASTORGA, Maria. Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2012. 85pp.

Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1332>

Computers & Structures, I. (mayo de 2015). CSI Analysis Reference Manual. Berkeley, California, USA.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2003). Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Lima, Perú: El Peruano.

Ministerio de Vivienda, C. y. (20 de enero de 2008). Norma E.070 Albañilería. Norma Técnica de Albañilería. Lima, Lima, Perú: El Peruano.

Ministerio de Vivienda, C. y. (24 de enero de 2016). Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Norma Técnica de Edificación E.030. Lima, Lima, Perú: El Peruano.

GIAMPOLI, Agustin. Vulnerabilità e previsione di danno a scala territoriale secondo una metodologia macrosismica coerente con la scala EMS-98. Proceedings of the 12th conference of the italian national association of earthquake engineering— ANIDIS, 10–14 June, Pisa, Italy, 2007

Disponible en: <http://hdl.handle.net/10092/4060>

FLORES, Roberto. Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2014. 60pp.

Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5668>

GÓMEZ, Walter y LOAYZA, Antonio. Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de centros de salud del Distrito de Ayacucho. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Huancavelica. 2014.90pp.

Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/241/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

JIMÉNEZ Ramírez, Belén. Seismic Vulnerability assessment of traditional timber frame and masonry wall buildings. Application to the historical center of Valparaíso, Chile. Tesis (Doctorado). España: Universitat Politècnica de Catalunya, 2020. 290 pp.

Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/344368?show=full>

SENCICO (2009) Norma E.070 de Albañilería. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: DIGIGRAF CORP. SA. (consulta: 22 de mayo de 2021)

Disponible en: <http://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>

SENCICO (2016) Norma E.030 de Diseño Sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: DIGIGRAF CORP. SA. (consulta: 22 de mayo de 2021)

Disponible en: <http://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>

ATC-21, Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook, Applied Technology Council, CA. FEMA 154/July 1988

Meneses – Loja Jorge and Aguilar Zenón, Seismic Vulnerability of School Buildings in Lima, Peru, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 16, 2004, Paper No.1683

BANTO VALDIVIA, S. y CARDENAS CRUZ, D., 2015. Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el Método de Benedetti - Petrini en la

Instituciones Educativas del Centro Histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad.”, Tesis para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo. Trujillo: s.n., 2015

Disponible en:
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31821/Balil%C3%B3n_SCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BENEDETTI, D. y PETRINI, V., 1984. “Método del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti – Petrini.”, Roma: L’industria delle Costruzioni, 1984

ALONSO, J.L., 2014. “Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones.”, Caracas: Pag. Marketing Soluciones C.A., 2014. ISBN 978-980-7658-04-1.

Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2015) - FEMA P-154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, a Handbook. Edition 3.

Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2015) - FEMA P-155: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation. Edition 3.

TORREALVA, Daniel (2012) - Evolución de las normas sísmicas peruanas y el diseño sismo resistente. Foro: Evaluación de la vulnerabilidad y medidas de prevención ante riesgo sísmico y tsunami.

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) (2010) - Manual del verificador: Determinación de la vulnerabilidad de la vivienda para caso de sismo, Ficha de verificación – Lima, Perú.

Instituto National Institute of Building Science (NIBS); Federal Emergency Management Agency (2002) - HAZUS99-SR2 Advanced Engineering Building Module Technical and User's Manual.

Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG) 2021; Procedimientos para el cálculo de análisis sísmico estático y dinámico modal espectral. Lima.

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.

Hernández-Sampieri, Baptista (2014). Metodología de la investigación, México. Edictorial Mc Graw Hill Education, Año de edición 2014, ISBN: : 978-1-4562-2396-0, 634 p.

PERALTA. La investigación cualitativa en Ciencias Humanas y Educación. Criterios para elaborar artículos científicos. Revista, Vol 8. 2020. Universidad Agraria de la Molina. 2020. 16p.

Disponible en: <https://revistas.usat.edu.pe/index.php/educare/article/view/536/1076?download=pdf>

CHICOMA, Alcalde. Desarrollo de una aplicación móvil informativa de los sitios turísticos de la ciudad de Cajamarca, 2020. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Sistemas. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. 2020. 123 p.

Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/1912>

CHOQUEZA, Walter y MOLLUNI, Jorge. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones públicas de concreto armado en la zona urbana del distrito de Ocuwiri, provincia de Lampa, región Puno – 2017. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional del Altiplano, 2018. 204p.

Disponible en: <https://vriunap.pe/repositor/docs/d00003841-Borr.pdf>

ANEXOS

- **Anexo 1:** Matriz de operacionalización de variables.
- **Anexo 2:** Matriz de consistencia.
- **Anexo 3:** Fichas de método ATC 21 (FEMA 154) nivel 1.
- **Anexo 4:** Fichas de método ATC 21 (FEMA 154) nivel 2.
- **Anexo 5:** Excavación calicata C1.
- **Anexo 6:** Análisis Granulométrico por Tamizado “C1”.
- **Anexo 7:** Límites de Aatterberg.
- **Anexo 8:** Contenido de Humedad.
- **Anexo 9:** Perfil Estratigráfico.
- **Anexo 10:** Corte Directo.
- **Anexo 11:** Muestra de mal estado de elemento estructural modulo B.
- **Anexo 12:** Ensayo de resistencia a la compresión de testigos de concreto.
- **Anexo 13:** Certificados de calibración de equipos.
- **Anexo 14:** Panel Fotográfico.
- **Anexo 15:** Solicitud para realizar ensayos.
- **Anexo 16:** Solicitud de acceso.
- **Anexo 17:** Solicitud de planos.
- **Anexo 18:** Plano en planta – Pabellón B.
- **Anexo 19:** Plano en planta – Pabellón A.
- **Anexo 20:** Detalle de pórtico Módulo A.
- **Anexo 21:** Detalle de pórtico Módulo B.
- **Anexo 22:** Detalle de vigas.
- **Anexo 23:** Columnas Mod. A y B.
- **Anexo 24:** Validación y confiabilidad de Resultados.
- **Anexo 25:** Resultados de Turnitin (20-11-2021)

- Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables.**

TITULO: "Métodos Cualitativos vs Métodos Analíticos en la determinación de Vulnerabilidad Sísmica en Edificación tipo A. Comas-Lima-2021"					
Autor: García Villanueva Jamil Edinson- Vasquez Cieza Jhosmer Jhandery					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Variable Independiente (X1) Métodos cualitativos	Son los metodos mas adecuados para evaluaciones de edificaiones a gran escala, estos son metodos eficientes en cuestion de resultados en funcion del tiempo. En esta se añade puntos de vista subjetivos de los especialistas y el uso de datos empiricos acumulados por medio de la observacio (PERALTA 2002).	Esta variable será medida aplicando el indice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini y el ATC-21	Indice de vulnerabilidad Benedetti y Petrini	Parametros que caracterizan a las metodlogias en mencion	Ordinal
			FEMA P-154	Parametros que caracterizan a las metodlogias en mencion	Ordinal
Variable Independiente (X2) Metodos analíticos	Sirven para evaluar de manera mas profunda los resultados de los analisis planteados por los metodos cualitativos. Para realizar este metodo es necesario obtener las características y propiedades actuales de la edificacion y terreno de fundacion. (CHICOMA 2015)	Esta variable será medida realizando los analisis sismicos estatico y dinamico (Modal espectral)	Analisis sismico estatico	Desplazamiento Lateral Comportameiento estructural	Razón
			Analisis sismico dinamico modal espectral	Cortante basal de diseño Derivas inelasticas Desplazamientos relativos Desplazamientos absolutos	Razón
Variable Dependiente (Y) Vulnerabilidad Simisca	Viene a ser el grado por la que un sistema estructural es propenso a tener daños por algun movimiento sismico o fenomenos asociados a este. (LEONIDAS 2007)	Esta variable será medida de acuerdo a metodos cualitativos y cuantitativos.	Vulnerabilidad estructural	Sistema estructural Calidad de mano de obra Zonificación Irregularidades verticales Irregularidaes en planta Juntas sismicas Estado de conservación Calidad de materiales	Razón
			Vunerabilidad no estructural	Elementos no estructurales	Ordinal
			Propiedades mecanicas del suelo	Ensayo granulométrico Limite líquido Limite plástico Contenido de humedad Clasificación de suelos Corte Directo	Razón
			Propiedades mecanicas del concreto	-Diamantina	Razón

• **Anexo 2: Matriz de consistencia.**

TITULO: "Métodos Cualitativos vs Métodos Analíticos en la determinación de Vulnerabilidad Sísmica en Edificación tipo A. Comas-Lima-2021"						
Autor: García Villanueva Jamil Edinson- Vasquez cieza Jhosmer Jhanderly						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable Independiente (X1) Metodos cualitativos	Indice de vulnerabilidad Benedetti y Petrini	Parametros	Fichas de manual FEMA P-154 (2015)
¿Cómo establecer el grado de vulnerabilidad sísmica de una edificación tipo A mediante métodos cualitativos y analíticos Comas, Lima-2021?	Establecer el grado de vulnerabilidad sísmica de una edificación tipo A mediante métodos cualitativos y analíticos Comas, Lima-2021	La vulnerabilidad sísmica de la edificación tipo A en estudio es moderada, mediante métodos cualitativos y analíticos Comas, Lima-2021.		FEMA P-154	Parametros	
Problemas Específicos:	Objetivos Específicos:	Hipótesis específicas:	Variable Independiente (X2) Metodos analíticos	Analisis sísmico estático	Cortante basal Derivas elásticas	Norma E 030 Software Etabs
¿Cuál será el grado de vulnerabilidad sísmica de una edificación tipo A aplicando metodos cualitativos Comas, Lima-2021?	Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de una edificación tipo A aplicando metodos cualitativos Comas, Lima-2021	Se obtiene un grado de vulnerabilidad sísmica moderado para la edificación tipo A aplicando metodos cualitativos Comas, Lima-2021		Analisis sísmico dinámico	Cortante basal de diseño Derivas inelásticas Desplazamientos relativos Desplazamientos absolutos	Norma E 030 Software Etabs
¿Cómo será el analisis sísmico estático de una edificación tipo A Comas, Lima-2021?	Realizar el analisis sísmico estático de una edificación tipo A Comas, Lima-2021	Se obtienen los parametros que definen el comportamiento sísmico estático de una edificación tipo A Comas, Lima-2021	Variable Dependiente (Y) Vulnerabilidad Simisca	Vulnerabilidad estructural	Sistema estructural Calidad de mano de obra Zonificación Diafragmas horizontales Irregularidades verticales Irregularidades en planta Juntas sísmicas Estado de conservación Calidad de materiales	Software Etabs Ficha de manual FEMA P-154 (2015) Norma E030 Norma E070 Norma E020 Norma E060
				Vulnerabiliada no estructural	Elementos no estructurales	Fichas de manual FEMA P-154 (2015)
¿Cómo será en analisis sísmico dinámico de una edificación tipo A Comas, Lima-2021?	Realizar en analisis sísmico dinámico de una edificación tipo A Comas, Lima-2021	Se obtienen los parametros que definen el comportamiento sísmico dinámico de una edificación tipo A Comas, Lima-2021		Propiedades mecánicas del suelo	Ensayo granulométrico Limite líquido Limite plástico Contenido de humedad Clasificación de suelos Corte Directo	ASTM D-422 ASTM D-423 ASTM D-424 ASTM D-2487 ASTM D-1883 Norma E 050
			Propiedades mecánicas del concreto	-Diamantina	NTP. 339.034	

• **Anexo 3: Fichas de método ATC 21 (FEMA 154) nivel 1.**

Nivel 1: Sismicidad Alta

Tabla. Formato de encuesta para una zona de sismicidad alta, nivel 1.

Adaptado de FEMA P-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook) - Enero - 2015																													
AUTORES: Vasquez Cieza Jhosmer Jhanderly - García Villanueva Jamil																		NIVEL 1											
CARTILLA DE SISMISIDAD ALTA																													
FOTOGRAFIA	Dirección:																												
	Uso:																												
	Latitud:									Longitud:																			
	Verificadores:									Fecha:																			
	Número de pisos:									Año de construcción:																			
	Área:									Año código:																			
	Ocupación										Tipo de suelo																		
	Asamblea			Comercial			Servicio de emergencias				A		B		C		D		E		F		No se conoce						
Industrial			Oficina			Colegio: Estatal				Roca Dura		Roca		Suelo denso		Suelo rígido		Suelo suave		Suelo pobre		Si no se sabe asumir suelo D							
Utilidad			Almacén			Residencial, #unidades																							
Irregularidades					Vertical					Planta					Peligro de caídas exteriores														
										A					B					C					D				
										Chimeneas sin refuerzo					Parapetos					Revestimietn o pesado					Otro				
Comentarios																													
IMÁGENES - DIBUJOS																													
Puntajes básicos, modificadores y puntaje final "S"																													
Tipo de edificación																													
Puntaje de inicio																													
Irregularidad vertical severa, Vlf																													
Irregularidad vertical moderada, Vlf																													
Irregularidad de planta																													
Pre - código																													
Post - benchmark																													
Tipo de suelo A o B																													
Tipo de suelo E (1-3 pisos)																													
Tipo de suelo E (>3 pisos)																													
Puntaje mínimo, Smin																													
Puntaje final nivel 1, Sif>=5mn																													
Grado de Verificación										Otros Peligros																			
Exterior: <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo										¿Hay otros peligros que requieran de una evaluación mas detallada?																			
Interior: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entero										Golpeteo (menos si el valor de Sif>2)																			
Dibujo hecho: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No										Peligro de caída de construcciones vecinas mas altasDaño significativo del sistema estructural																			
Fuente de tipo de suelo:										Peligros geológicos o tipo de suelo F																			
Fuente de peligro geológico:										Otros																			
Persona de contacto: Vasquez Cieza Jhosmer - García Villanueva Jamil																													
										Evaluación Detallada																			
										SI NO																			
										S=																			

Este documento es una adaptación traducida por los autores de la versión original del FEMA P-154, para su uso sin fines de lucro.

Fuente: Elaboración propia.

- Anexo 4: Fichas de método ATC 21 (FEMA 154) nivel 2.**

Nivel 2: Sismicidad alta

Tabla. Formato de encuesta para una zona de sismicidad alta, nivel 2.

Adaptado de FEMA P-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook) - Enero - 2015			
CARTILLA DE SISMISIDAD ALTA - PABELLON A			NIVEL 2
Puntaje Final nivel 1:	1=		(No considerar Smin.
Nivel 1 modificaciones de irregularidad:	Irregularidad vertical, VI1=	Irregularidad en planta, PI1=	
Puntaje ajustado:	S'=(S1-VI1-PI1)=		
Nota	Si las afirmaciones son correctas, encerrar en un círculo los modificadores de "SI"		Si
			Subtotal
Irregularidad vertical, VI2	Lugar inclinado	Solo W1: Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.	
		Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de ujn lado del edificio al otro.	
	Piso débil (marcar el máximo)	Solo W1 (casa sobre un garage): Hay un garage abierto sin marcos resistentes a momentos, hay menos de 2.5m de muros con la misma línea.	
		Solo WA1 (Abierto en frente): Hay aberturas para estacionamiento de más de 50% de la longitud de la construcción.	
		La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso es menor al 50% de un piso superior o la altura de cualquier piso es mayor a 2 veces la altura del piso superior.	
	Setback	La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso está entre 50% y 75% de un piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2 veces la altura del piso superior.	
		Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están fuera de los pisos inferiores, causando voladizos.	
	Columna corta	Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están dentro de los pisos inferiores.	
Hay una compensación in-plane de los elementos laterales que son más grandes que la longitud de los elementos.			
Niveles divididos	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de las columnas a lo largo de la línea de las columnas tienen alturas menores que el 50% de la altura nominal del mismo piso.		
	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Hay muros que acortan las columnas.		
Otras irregularidades	El diafragma de la construcción no está alineado con los demás.		
	Hay otra irregularidad severa observable.		
Irregularidad en planta, PI2	Otras irregularidades	Hay otra irregularidad moderada observable.	
	Irregularidad torsional: Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en cualquiera de las 2 direcciones.	Sistemas no paralelos: Hay lados de la construcción que no son ortogonales.	
		Esquina entrante: Hay esquinas entrantes que son mayores al 25% de la longitud en cualquiera de las 2 direcciones.	
		Diafragmas abiertos: Hay una apertura en el diafragma que son mayores al 50% del paño total.	
		C1, C2 (out-of-plane offset): Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas.	
Otras irregularidades: Hay otra irregularidad en planta observable.			
Redundancia	La construcción tiene al menos 2 vanos en cada dirección.		
Golpeteo	La construcción está separada de una construcción adyacente en menos de 1% de la altura de la construcción menos alta.	Los pisos no están alineados verticalmente dentro de los 60cm.	
		Una construcción es más alta, 2 o más pisos que el otro.	
		La construcción está al final de los bloques.	
Construcción S2	Arriostres visibles.		
Construcción C1	Placas planas sirven como vigas.		
URM	Muros en forma de cono están presentes.		
MH	Hay un sistema de unión estable entre la construcción y el suelo.		
Retroalimentación	Refuerzo sísmico visible.		
Puntaje Final Nivel 2: SI2=S'+VI2+PI2+M>=Smin:			

Este documento es una adaptación traducida por los autores de la versión original del FEMA P-154, para su uso sin fines de lucro.

Fuente: Elaboración propia.

- **Anexo 5:** Excavación calicata C1.

Los resultados son correspondientes a la muestra obtenida de la calicata "C1".



Figura: Excavación de calicata C1.

Fuente: Elaboración propia.

• **Anexo 6:** Análisis Granulométrico por Tamizado “C1”.

REGISTRO		CV-OFT-CAL-ITR-013	
CONTROL DE CALIDAD		REVISION: 01	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)			
SERVICIO:	CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO - COLEGIO 1RO ABRIL 2055	CALICATA/MUESTRA	C-1
SOLICITANTE:	JAMIL GARCIA - JHOSMER VASQUEZ	FECHA:	29/09/2021
UBICACIÓN / PROGRESIVA:	COMAS	REALIZADO POR:	N. PEREZ
Peso Total Inicial 1600.0 gr. Peso de la fracción fina 1200.0 gr. Peso de la fracción fina lavada 805.2 gr.		Peso de Bolonería: 0.0 gr. Peso de Grava: 570.0 gr. Peso de Arena+finos: 1030.0 gr.	
Norma ASTM D 422		Norma ASTM D 2487	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		CLASIFICACIÓN (S.U.C.S.)	SM
MALLA (pulg.)	MALLA (mm)	PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO
5"	125.100		
4"	101.600		
3"	75.000		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.000		
1/2"	12.500	143.0	8.94
3/8"	9.500	170.0	10.63
1/4"	6.350		
Nº 004	4.750	257.0	16.06
Nº 010	2.000	235.5	12.63
Nº 020	0.840		
Nº 040	0.425	288.2	15.46
Nº 060	0.250		
Nº 100	0.150		
Nº 200	0.075	281.5	15.10
Fondo		395	21.18
		% QUE PASA	EETT Gradación
			ARENA LIMOSA
		Norma AASHTO M-145	
		CLASIFICACION (AASHTO)	
		A-1-b	
		Excelente a Bueno	
		% BOLONERÍA	0.00
		%GRAVA	35.63
		D ₁₂ (mm)	66.07
		D ₃₀ (mm)	22.01
		D ₆₀ (mm)	12.93
		Cu	0.20
		Cc	0.57
% GRAVA + BOLONERÍA	35.63	Gruesa	0.00
		Fina	35.63
% ARENA	43.20	Gruesa	12.63
		Media	15.46
		Fina	15.10
% FINOS	21.18		
OBSERVACIONES: CALICATA #1 MUESTRA #1 PROFUNDIDAD: 0.70m - 1.50m			

CURVA GRANULOMÉTRICA

Limo y Arcilla	Arena		Grava	
	Fina	Media	Fina	Gruesa
	0.075 Nº 200	0.425 Nº 40	2.00 Nº 10	4.75 Nº 4
			19.0 3/4"	75.0 3"
				125 5"
				203


NESTOR PEREZ DAVILA
JEFE DE LABORATORIO
SUELOS-CONCRETO-ASfalto

ING. HUGO E. GARCIA CALVO
Reg. CIP Nº 179214
INGENIERO CIVIL

Figura: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado – Calicata C1.

Fuente: Elaboración propia.

• Anexo 7: Límites de Atterberg.

 <p>TEC&LAB LOGISTICA SOLUCIONES TÉCNICAS EN ENSAYOS DE MATERIALES Cno. Nestor Pérez Davila RUC: 10408934813</p>	REGISTRO	CV-OFT-CAL-ITR-016
	CONTROL DE CALIDAD	
	LÍMITES DE ATTERBERG MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90	
SERVICIO:	CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO - COLEGIO 1RO ABRIL 2055	COD. MUESTRA: C - 1
SOLICITANTE:	JAMIL GARCIA - JHOSMER VASQUEZ	FECHA: 30/09/2021
UBICACIÓN / PROGRESIVA:	COMAS	TIPO DE MUESTRA: SUELO

LÍMITE LÍQUIDO				
Tarro (Recipiente)	Nº	-	-	-
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g			
Peso de Tarro + Suelo Seco	g			
Peso de Agua	g			
Peso del Tarro	g			
Peso del Suelo Seco	g			
Contenido de Humedad	%			
Número de Golpes				

LÍMITE PLÁSTICO				
Tarro (Recipiente)	Nº	-	-	-
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	g			
Peso de Tarro + Suelo Seco	g			
Peso de Agua	g			
Peso del Tarro	g			
Peso del Suelo Seco	g			
Contenido de Humedad	%			

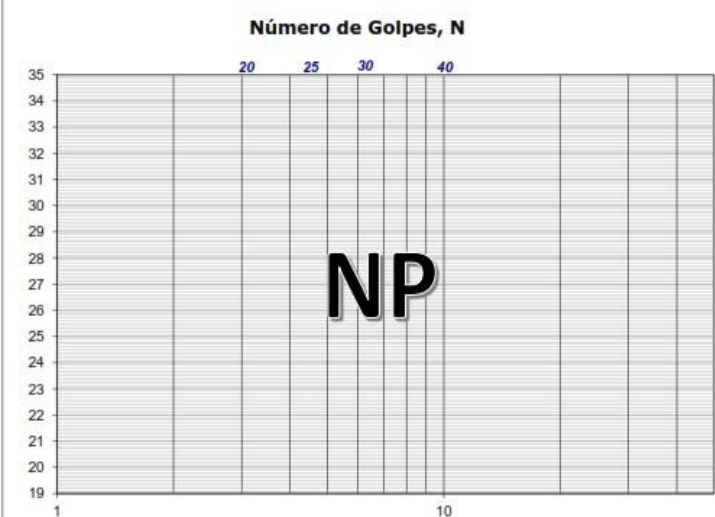
EETT Tierra Armada		ACEPTACIÓN
Límite Líquido:	N/N	N/N
Índice de Plasticidad:	< 4	PASA

Descripción del Material:
ARENA LIMOSA

TEMPERATURA DE SECADO	
Preparación de Muestra:	EN SECO
Temperatura de Secado:	110°C
Agua Utilizada:	AGUA POTABLE
Muestra retenida en Nº 40:	SI

N	K
20	0.973
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

Número de Golpes, N




NP


Ecuación de cálculo:
 $LL^N = W^n (N/25)^{0.121} = k * W^n$
 Donde:
 LLⁿ = Un punto de límite líquido, %
 N = Número de golpes
 Wⁿ = Contenido de humedad, %
 k = Factor para límite líquido

RESULTADOS OBTENIDOS		
LÍMITES		ÍNDICE PLÁSTICO
LÍQUIDO	PLÁSTICO	
NP	NP	NP

OBSERVACIONES: CALICATA #1 MUESTRA #1
 PROFUNDIDAD: 0.70m - 1.50m



NESTOR PEREZ DAVILA
JEFE DE LABORATORIO
SUELOS-CONCRETO-ASfalto




ING. HUGO E. GARCIA CALVO
Reg. CIP Nº 179214
INGENIERO CIVIL

Figura: Resultados de Límites de Atterberg.

Fuente: Elaboración propia.

• Anexo 8: Contenido de Humedad.

 <p>TEC&LAB LOGISTICA SOLUCIONES TÉCNICAS EN ENSAYOS DE MATERIALES Dn: NESTOR PÉREZ DAVILA RUC: 10408934813</p>	REGISTRO	CV-OFT-CAL-ITR-014
	CONTROL DE CALIDAD	
	HUMEDAD DE SUELO Y ROCAS EN EL LABORATORIO (ASTM D 2216)	
SERVICIO: CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO - COLEGIO 1RO ABRIL 2055		COD. MUESTRA: C - 1
SOLICITANTE: JAMIL GARCIA - JHOSMER VASQUEZ		FECHA: 29/09/2021
UBICACIÓN / PROGRESIVA: COMAS		TIPO DE MUESTRA: SUELO

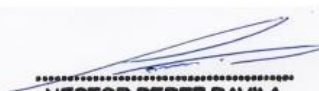
Condiciones de Secado: Horno Eléctrico digital con Termostato	Clasificación de Suelos - ASTM D 2487
Temperatura de Secado: 110 °C	SM
Fórmula de Cálculo: $w = [(M_{cms} - M_{c ds}) / (M_{c ds} - M_c)] \times 100$	Descripción de material:
	ARENA LIMOSA

Condición de la muestra	Humedad Global		
Nº de Prueba	1	2	
Recipiente	-	-	
Peso: Recipiente + Suelo húmedo, M_{cms}	1022.0	/	
Peso: Recipiente + Suelo seco (horno), $M_{c ds}$	965.0	/	
Peso del recipiente, M_c	0.0	/	
Peso del agua, M_w	57.0	/	
Peso del suelo seco en horno, M_s	965.0	/	
Humedad o contenido de agua, w	5.9	/	
Promedio de humedad			


Condición de la muestra		
Nº de Prueba		
Recipiente		
Peso: Recipiente + Suelo húmedo, M_{cms}		
Peso: Recipiente + Suelo seco (horno), $M_{c ds}$		
Peso del recipiente, M_c		
Peso del agua, M_w		
Peso del suelo seco en horno, M_s		
Humedad o contenido de agua, w		
Promedio de humedad		

Condición de la muestra		
Nº de Prueba		
Recipiente		
Peso: Recipiente + Suelo húmedo, M_{cms}		
Peso: Recipiente + Suelo seco (horno), $M_{c ds}$		
Peso del recipiente, M_c		
Peso del agua, M_w		
Peso del suelo seco en horno, M_s		
Humedad o contenido de agua, w		
Promedio de humedad		

OBSERVACIONES : CALICATA #1 MUESTRA #1
 PROFUNDIDAD: 0.70m - 1.50m



NESTOR PEREZ DAVILA
JEFE DE LABORATORIO
SUELOS-CONCRETO-ASfalto



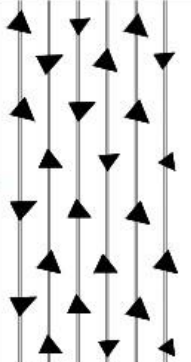




ING. INGO E. GARCIA CALVO
Reg. CIP N° 179214
INGENIERO CIVIL

Figura: Resultados de humedad de suelo y rocas en el laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.

• Anexo 9: Perfil Estratigráfico.

 REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO													
SERVICIO : CAPACIDAD PORTANTE - COLEGIO 1RO ABRIL 2055 UBICACIÓN : COMAS CALICATA : C - 1 MUESTRA : M - 1							TESISTA : JAMIL GARCIA / JHOSMER VASQUEZ REALIZADO POR : J. LLONTOP REVISADO POR : N. PEREZ FECHA : 28/09/2021						
DATOS DE LA MUESTRA													
PROF. (m.)	ESTRATO		SIMBOLOGIA	CARACTERISTICAS FISICAS DE LA MUESTRA	CLASIF.		GRANULOMETRIA			CONSTANTES FISICAS			W. NAT.
	CAPA	ESPESOR (cm)			AASHTO	SUCS	>2	2" - N° 4	N°4 - N° 200	L.L.	L.P.	IP	
0.00				RELLENO NO CONTROLADO, MATERIAL ARENA GRAVA, DE COMPACIDAD MEDIA, DE NULA PLASTICIDAD	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.05													
0.10													
0.15													
0.20													
0.25													
0.30													
0.35													
0.40													
0.45													
0.50		0.00 - 0.70											
0.55				ARENA LIMOSA CON GRAVA, DE COLOR BEIGE, DE MEDIANA COMPACIDAD, DE NULA PLASTICIDAD	A-1-b	SM	35.63	78.82	NP	NP	NP	5.9	
0.60													
0.65													
0.70													
0.75													
0.80													
0.85													
0.90													
0.95													
1.00													
1.05		0.70 - 1.50											
1.10				ARENA MAL GRADUADA CON GRAVA, DE COLOR GRIS, DE MEDIANA COMPACIDAD, DE NULA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.15													
1.20													
1.25													
1.30													
1.35													
1.40													
1.45													
1.50													
1.55													
1.60		0.150 - 1.70											
1.65													
1.70													


NESTOR PEREZ DAVILA
 JEFE DE LABORATORIO
 SUELOS-CONCRETO-ASfalto



ING. HUGO E. GARCIA CALVO
 Reg. CIP N° 179214
 INGENIERO CIVIL

Figura: Resultados de Perfil estratigráfico de C1.

Fuente: Elaboración propia.

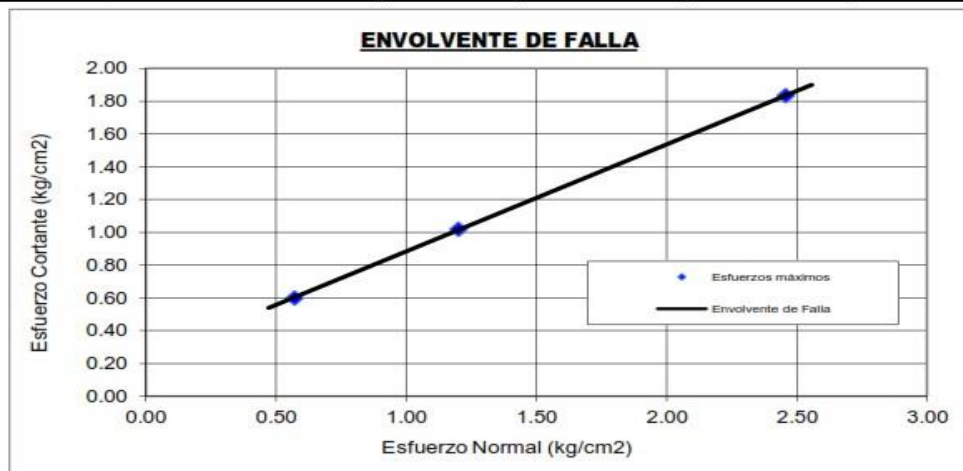
• Anexo 10: Corte Directo.

 <p>TEC&LAB LOGISTICA SOLUCIONES TÉCNICAS EN ENSAYOS DE MATERIALES De: Nestor Pérez Dávila RUC: 10408934813</p>	<ul style="list-style-type: none"> - CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS - SERVICIO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES - VENTA DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE MATERIALES Y EQUIPOS NO DESTRUCTIVOS (NDT) - ELABORACION DE EXPEDIENTES TECNICOS Y PROYECTOS EN GENERAL - ESTUDIO DE SUELOS Y SERVICIOS GENERALES - ARQUITECTURA, DISEÑO DE INTERIORES Y URBANISMO
---	---

CORTE DIRECTO RESIDUAL

(ASTM D-3080)

Contenido de Humedad		Muestra N°	C - 1 M - 1	
		Procedencia	Material propio de Obra	
Ensayo N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad Final	7.90	7.88	7.33	
Características de la muestra	Diámetro	5.00	Area	19.635
APLICACIONES DE CARGA				
Velocidad de Carga (mm/min)	1.000	1.000	1.000	
Peso de la semi caja superior (kg)	1.408	1.408	1.408	
Peso del Pistón de Carga (kg)	0.222	0.222	0.222	
Carga Normal	11.220	23.566	48,258	
Esfuerzo Normal	0.571	1.200	2.458	
Esfuerzo Tangencial	0.601	1.019	1.833	



Cohesión (kg/cm²) = Ang.F. ϕ = °

Observaciones:

Muestra Remoldeada


NESTOR PEREZ DAVILA
 JEFE DE LABORATORIO
 SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

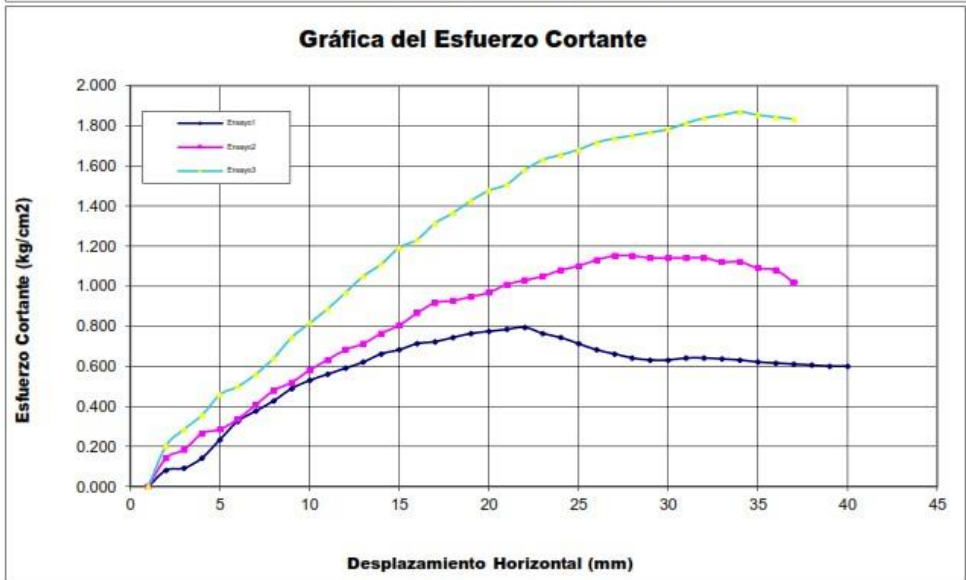

ING. HUGO E. GARCIA CALVO
 Reg. CIP N° 179214
 INGENIERO CIVIL

Figura: Resultados de corte directo residual.

Fuente: Elaboración propia.

	<ul style="list-style-type: none"> - CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS - SERVICIO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES - VENTA DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE MATERIALES Y EQUIPOS NO DESTRUCTIVOS (NDT) - ELABORACION DE EXPEDIENTES TECNICOS Y PROYECTOS EN GENERAL - ESTUDIO DE SUELOS Y SERVICIOS GENERALES - ARQUITECTURA, DISEÑO DE INTERIORES Y URBANISMO
<p align="center">TEC&LAB LOGISTICA SOLUCIONES TÉCNICAS EN ENSAYOS DE MATERIALES De: Nestor Pérez Dávila RUC: 10408934813</p>	

Muestra N°	C - 1 M - 1
Procedencia	Material propio de Obra



NESTOR PEREZ DAVILA
 JEFE DE LABORATORIO
 SUELOS-CONCRETO-ASFALTO

ING. HUGO E. GARCIA CALVO
 Reg. CIP N° 179214
 INGENIERO CIVIL

Figura: Gráfica de deformaciones y esfuerzo cortante.

Fuente: Elaboración propia.



TEC&LAB LOGISTICA
SOLUCIONES TÉCNICAS EN ENSAYOS DE MATERIALES
De: Nestor Pérez Dávila
RUC: 10408934813

- CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS
- SERVICIO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
- VENTA DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE MATERIALES Y EQUIPOS NO DESTRUCTIVOS (NDT)
- ELABORACION DE EXPEDIENTES TECNICOS Y PROYECTOS EN GENERAL
- ESTUDIO DE SUELOS Y SERVICIOS GENERALES
- ARQUITECTURA, DISEÑO DE INTERIORES Y URBANISMO

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO
METODO DE TERZAGHI**

Datos:

Profundidad de desplante para cimiento cuadrado y circular, Df,(mts):	1.50
Profundidad de desplante para cimiento continuo, Df,(mts):	1.50
Peso Volumétrico del suelo; Gm (Ton/m3):	1.950
Cohesión del suelo, c; (Ton/m2):	0.03
Angulo de fricción interna del suelo, Fi (grados):	33.10
Ancho o Radio del cimiento cuadrado y circular; B ó R (mts):	1.20
Ancho o Radio del cimiento continuo; B ó R (mts):	1.20
Tipo de suelo: 1-Arcilloso firme / 2-Arcilloso blando / 3-Arenoso	3
Factor de seguridad, F.S.: (3.5 / 3.0 / 2.5)	3.0

Cálculos y Resultados:

Factores dependientes del ángulo de fricción:

TERZAGHI < [] >

Factor de cohesión, Nc =	48.09
Factor de sobrecarga, Nq =	32.23
Factor de piso, Ny =	31.94

a) Para cimiento continuo:

Capacidad de carga última, qc:
 $qc = c \cdot Nc \cdot Sc + q \cdot Nq \cdot Sq + 0.5 \cdot B \cdot Ny \cdot Sy$
 Capacidad de carga admisible; qa:
 $qa = qc / FS$
 $qc, (Kg/cm^2) = 13.31$
 $qa, (Kg/cm^2) = 4.44$


NESTOR PEREZ DAVILA
 JEFE DE LABORATORIO
 SUELOS-CONCRETO-ASfalto

b) Para cimiento cuadrado:

Capacidad de carga última, qc:
 $qc = c \cdot Nc \cdot Sc + q \cdot Nq \cdot Sq + 0.5 \cdot B \cdot Ny \cdot Sy$
 Capacidad de carga admisible; qa:
 $qa = qc / FS$
 $qc, (Kg/cm^2) = 13.36$
 $qa, (Kg/cm^2) = 4.45$


ING. HUGO E. GARCIA CALVO
 Reg. CIP N° 179214
 INGENIERO CIVIL

Figura: Resultados de capacidad portante del suelo.
Fuente: Elaboración propia.

- **Anexo 11:** Muestra de mal estado de elemento estructural modulo B.

Como se puede observar en la tabla T los resultados de los testigos de diamantina son relativamente adecuados, considerando la antigüedad de la edificación y ante la evidente falta de verificación técnica.

Un punto importante mencionar es que una de las muestras tal como se muestra en la **figura "T"** de una columna (C-1 PB) no se pudo ensayar debido a la baja consistencia de la muestra, lo que muestra una mezcla poco homogénea y deficiente de buenas propiedades mecánicas del concreto.



Figura T: Muestra de mal estado de elemento estructural modulo B.

Fuente: Elaboración propia.

- **Anexo 12:** Ensayo de resistencia a la compresión de testigos de concreto.

	<ul style="list-style-type: none"> - CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS - SERVICIO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES - VENTA DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE MATERIALES Y EQUIPOS NO DESTRUCTIVOS (NDT) - ELABORACION DE EXPEDIENTES TECNICOS Y PROYECTOS EN GENERAL - ESTUDIO DE SUELOS Y SERVICIOS GENERALES - ARQUITECTURA, DISEÑO DE INTERIORES Y URBANISMO
	<p>TEC&LAB LOGISTICA SOLUCIONES TÉCNICAS EN ENSAYOS DE MATERIALES De: Nestor Pérez Dávila RUC: 10408934813</p>

CONTROL DE RESISTENCIA LA COMPRESION DE TESTIGOS DE CONCRETO ASTM C-39	
SERVICIO :	EXTRACCION DE DIAMANTINAS EN VIGAS Y COLUMNA DEL COLEGIO 1RO ABRIL 2055
UBICACIÓN :	DISTRITO DE COMAS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA
SOLICITANTE :	JAMIL GARCIA / JHOSMER VASQUEZ
CERTIFICADO N° - 5/10/2021	

FECHA DE EMISION	5/10/2021
-------------------------	-----------

DATOS DEL HORMIGONADO			RESISTENCIA DISEÑO kg/cm ²	DATOS DEL ENSAYO			RESULTADOS OBTENIDOS				
ELEMENTO	FECHA DE DIAMANTINA	CÓDIGO PROBETAS		FECHA DE ENSAYO	EDAD dias	PROMEDIO DIAMETRO	CARGA Kn	AREA cm ²	RESISTENCIA kg/cm ²	PORCENTAJE OBTENIDO	TIPO DE FALLA
COLUMNAS Y VIGA	28/09/2021	V-1 PA	210	5/10/2021	7	5.08	18.3	8.17	228.4	109%	B
		C-1 PB				5.08	12.5	8.17	156.0	74%	B
		V-1 PB				5.08	15.6	8.17	194.7	93%	B



NESTOR PEREZ DAVILA
JEFE DE LABORATORIO
SUELOS-CONCRETO-ASfalto

ING. HUGO E. GARCIA CALVO
 Reg. CIP N° 179214
INGENIERO CIVIL

- NOTAS :**
1. El muestreo, elaboración de los testigos e identificación, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente por su personal.
 2. El curado de los testigos ha sido efectuado en conformidad con la **Norma ASTM C511-13**, manteniendo las condiciones de curado estandarizadas establecidas por la **Norma ASTM C31 / C31M-15** hasta el momento de su ensayo.
 3. Los ensayos se realizaron en una prensa automatizada marca TECNICAS N° Serie 002 de 100000 Kgf de capacidad con certificado de calibración MT - LF - 237 - 2021, con certificado trazabilidad LEDI-PUCP INF-LE-012-20A; en conformidad con la **Norma ASTM C39 / C39M-15**.
 4. Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron pads de neopreno en conformidad con la **Norma ASTM C1231 / C1231M-14**.
 5. El curado inicial, curado final y edad de ensayo cumplieron las tolerancias en tiempo definidas en los acápite 10.1.2 y 10.1.3.1 de **ASTM C31 / C31M-15** y el acápite 7.3 de **ASTM C39 / C39M-15**.

Figura: Resultados de rotura de testigos de concreto.

Fuente: Elaboración propia

- **Anexo 13:** Certificados de calibración de equipos.

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 237 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	200609	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	TEC&LAB LOGISTICA	
3. Dirección	Avenida Los Héroes Nro. 1132 San Juan de Miraflores - Lima - LIMA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	100000 kgf	
Marca	TÉCNICAS	
Modelo	TCP-341-A	
Número de Serie	002	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIWEIGH	
Modelo	X8	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	10 kgf	
5. Fecha de Calibración	2021-07-04	

Fecha de Emisión

2021-07-04

Jefe del Laboratorio de Metrología



Firmado digitalmente por

Eleazar Cesar Chavez Raraz

Fecha: 2021.07.04 15:35:47

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 237 - 2021*Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,6 °C	22,7 °C
Humedad Relativa	62 % HR	62 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-012-20A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 237 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	10000	9891	9991	9971	9951
20	20000	20011	19976	20041	20009
30	30000	30162	29982	30172	30105
40	40000	40244	39988	40219	40150
50	50000	50237	50206	50247	50230
60	60000	60325	60275	60300	60300
70	70000	70434	70444	70454	70444
80	80000	80599	80599	80469	80556
90	90000	90755	90585	90715	90685
100	100000	100761	100627	100712	100700
Retorno a Cero		0	0	0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
10000	0,49	1,01	---	0,10	0,74
20000	-0,05	0,33	---	0,05	0,74
30000	-0,35	0,63	REYNA	0,03	0,74
40000	-0,37	0,64	---	0,03	0,74
50000	-0,46	0,08	---	0,02	0,74
60000	-0,50	0,08	---	0,02	0,74
70000	-0,63	0,03	---	0,01	0,74
80000	-0,69	0,16	---	0,01	0,74
90000	-0,76	0,19	---	0,01	0,74
100000	-0,70	0,13	---	0,01	0,74

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LF-0050-2021

O.T. : 0324-0526

Fecha de emisión : 2021-07-19

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : TEC&LAB LOGISTICA

Dirección : Avenida Los Héroes 1132 San Juan de Miraflores - Lima

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : EQUIPO DE CORTE DIRECTO

Marca : ORION
Modelo : No indica
Serie : No indica
Alcance : 500 kgf
Resolución : 0,001 kgf
Procedencia : Perú
Identificación : No indica
Ubicación : Laboratorio de suelos concreto y asfalto
Fecha de Calibración : 2021-07-19

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones del solicitante.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 " Procedimiento interno de Calibración de Prensas, Celdas y Anillos de Carga".

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	26 °C	26 °C
HUMEDAD RELATIVA	55,0%	55,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.
El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Lic. Nicolas Ramos Paucar

Gerente Técnico.

CFP :0316



TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Manómetro Digital 700 bar TEST & CONTROL	CELDA ANYLOAD	LM-0033-2020

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (kgf)	Indicación del Patrón (kgf)	Error (kgf)	Incertidumbre (kgf)
10,00	9,58	-0,42	0,01
50,00	49,80	-0,20	0,05
100,00	100,41	0,41	0,10
150,00	150,81	0,81	0,15
200,00	201,04	1,04	0,20
250,00	251,41	1,41	0,25
300,00	351,80	51,80	0,30
350,00	352,10	2,10	0,35
400,00	402,80	2,80	0,40
500,00	503,40	3,40	0,50

OBSERVACIONES

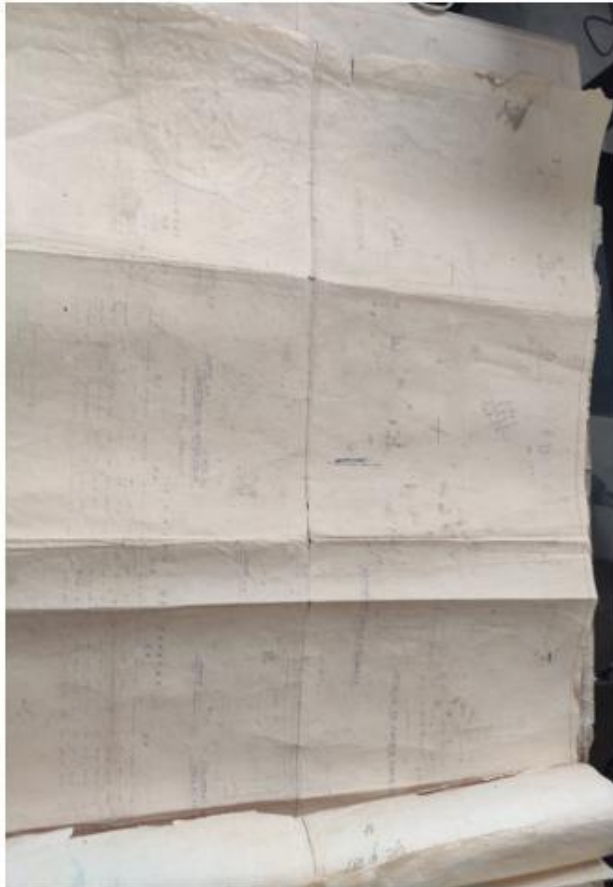
Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

- Anexo 14: Panel Fotográfico.





- **Anexo 15:** Solicitud para realizar ensayos.

Solicito: Acceso a la I.E 2055 para ensayos técnicos.

Señor

Director de la Institución educativa Primero de abril 2055

Yo, García Villanueva Jamil Identificado con DNI N° 76776716 Cursante de 9no ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad cesar vallejo, registrado con el Código de alumno N° 7001130746

Por medio de la presente, me dirijo a usted con la finalidad de solicitar su autorización para la realización de ensayos técnicos al interior del centro educativo 2055 para la aplicación práctica de mi proyecto de investigación titulado:

"METODOS CUALITATIVOS VS METODOS ANALITICOS EN LA DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA EN UNA EDIFICACION TIPO A, COMAS-LIMA-2021"

Dichos ensayos está comprendido en 2 etapas:

ENSAYO DE DIAMANTINA:

Este ensayo consiste en extraer una muestra de concreto de los elementos estructurales con la finalidad de ensayarlos y verificar la resistencia a compresión que tiene actualmente.

ENSAYO DE MECANICA DE SUELOS:

Para la realización de este ensayo será necesario realizar un hueco de 1.5m de profundidad en el terreno para poder estudiar las condiciones y propiedades del mismo.

Lima, 25 de setiembre del 2021.


Jamil García Villanueva

Nombres y Apellidos del solicitante

Firma


Nombre y Apellidos del director
Firma

- **Anexo 16:** Solicitud de acceso.

Solicito: Acceso a la I.E primero de abril 2055

Señor

Director de la Institución educativa Primero de abril 2055

Yo, García Villanueva Jamil Identificado con DNI N° 76776716 Cursante de 9no ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad cesar vallejo, registrado con el Código de alumno N° 7001130746

Por medio de la presente, me dirijo a usted con la finalidad de solicitar el acceso al centro educativo Primero de abril 2055 para la aplicación práctica de mi proyecto de investigación titulado:

“METODOS CUALITATIVOS VS METODOS ANALITICOS EN LA DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA EN UNA EDIFICACION TIPO A, COMAS-LIMA-2021”

Dicho proyecto de investigación se llevará a cabo durante el mes de septiembre a diciembre del año en curso, durante este tiempo se estima 5 visitas técnicas al lugar de estudio, por lo que se le solicita el préstamo de sus instalaciones.

Sin otra particular, agradezco su gentil atención al presente y le reitero mis cordiales saludos.

Lima, 25 de setiembre del 2021.


Jamil García Villanueva

Nombres y Apellidos del solicitante

Firma


MINISTERIO DE EDUCACIÓN
INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIMERO DE ABRIL 2055

Nombre y Apellidos del director

Firma

- **Anexo 17:** Solicitud de planos.

Solicito: Planos de la Institución
Educativa Primero de abril 2055

Señor

Director de la Institución educativa Primero de abril 2055

Yo, García Villanueva Jamil Identificado con DNI N° 76776716 Cursante de 9no ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad cesar vallejo, registrado con el Código de alumno N° 7001130746

Por medio de la presente, me dirijo a usted con la finalidad de solicitar los planos de arquitectura y estructura de la I.E Primero de abril 2055 para la aplicación práctica de mi proyecto de investigación titulado:

“METODOS CUALITATIVOS VS METODOS ANALITICOS EN LA DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA EN UNA EDIFICACION TIPO A, COMAS-LIMA-2021”

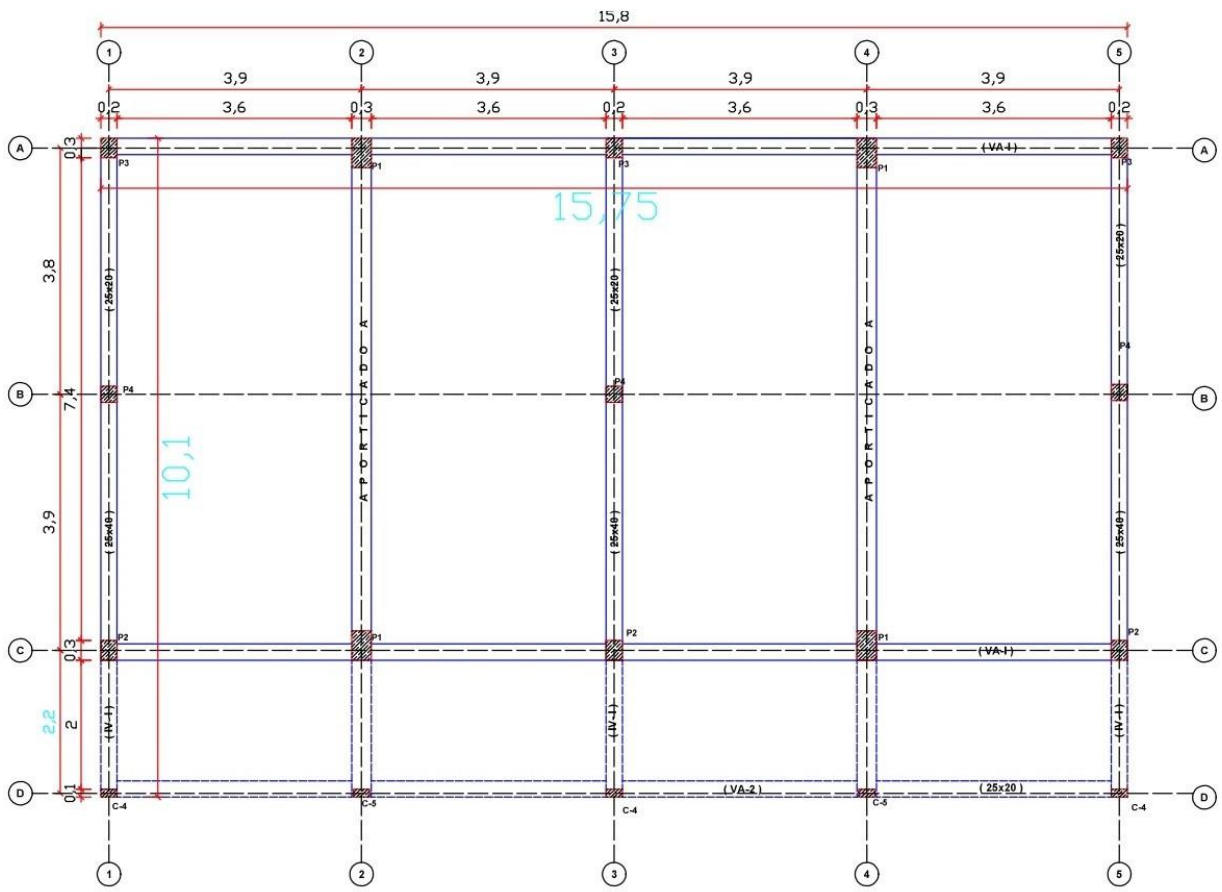
Dicho proyecto de investigación se llevará a cabo durante el mes de septiembre a diciembre del año en curso, durante este tiempo se estima 5 visitas técnicas al lugar de estudio, por lo que se le solicita el préstamo de lo sustentado para una semana por visita.

Lima, 25 de setiembre del 2021.

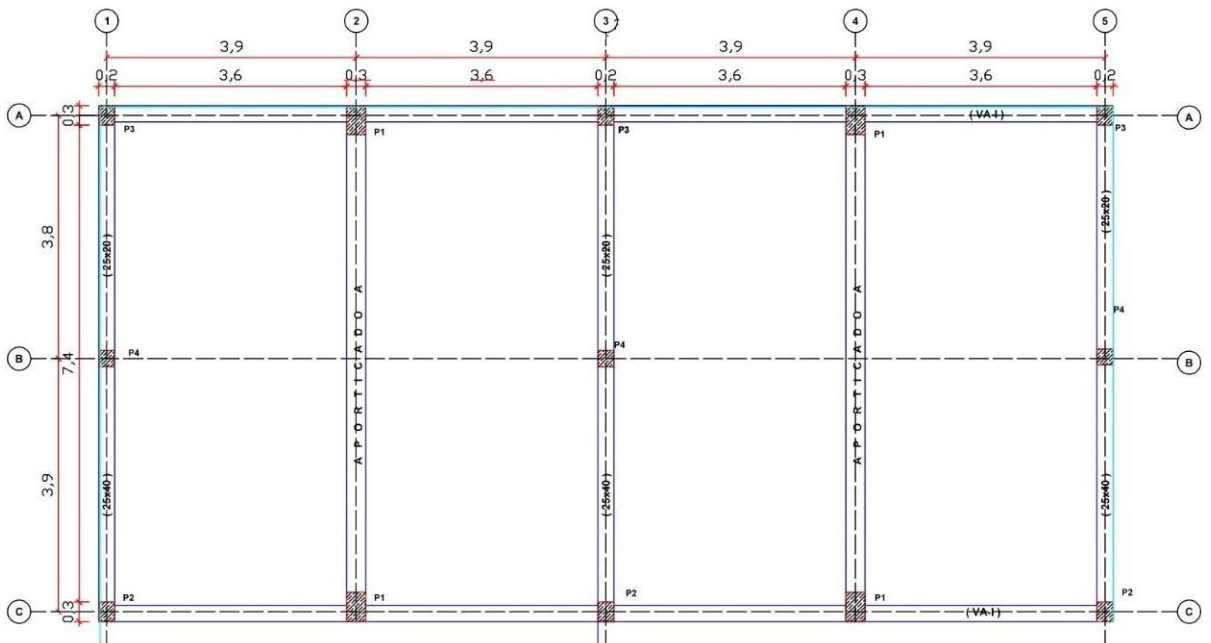

Jamil García Villanueva
Nombres y Apellidos del solicitante
Firma


Nombre y Apellidos del director
Firma

- **Anexo 18: Plano en planta – Pabellón B.**

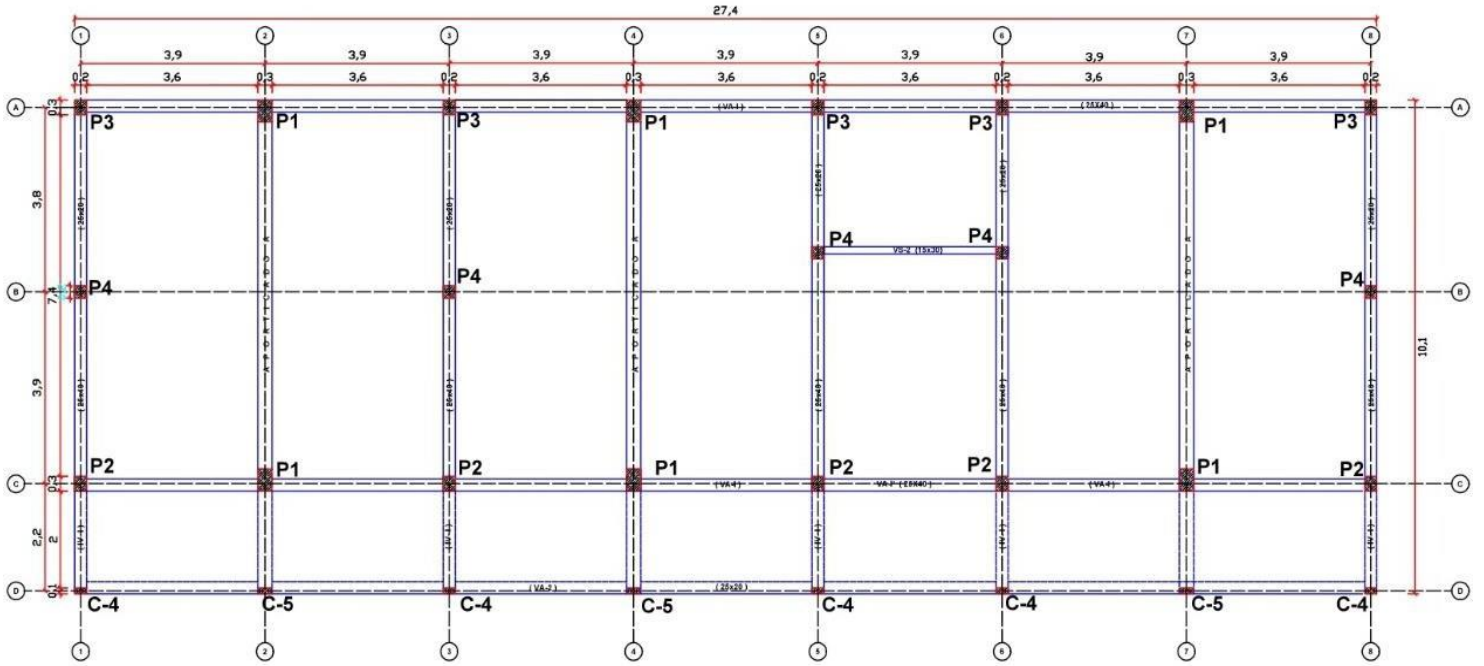


NIVEL 1 PABELLON B

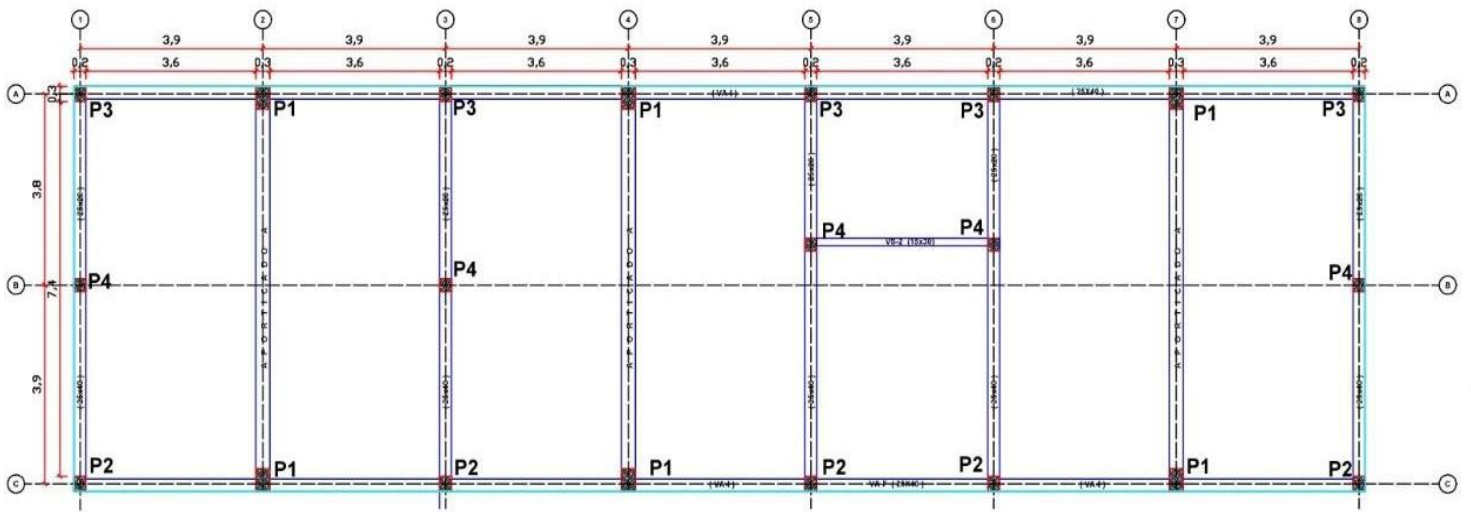


NIVEL 2 PABELLON B

- Anexo 19: Plano en planta – Pabellón A.

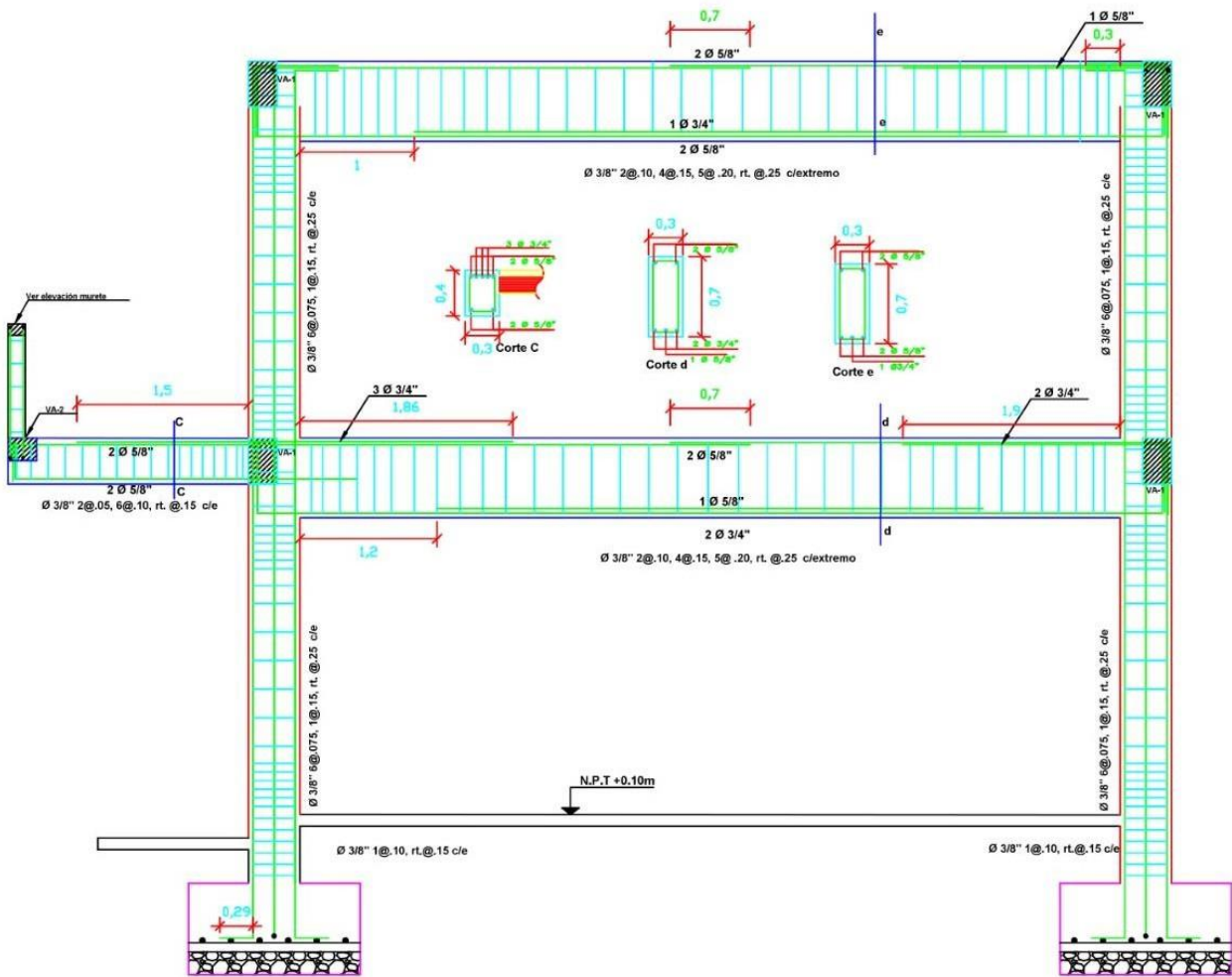


NIVEL 1 PABELLON A



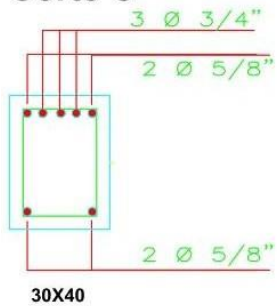
NIVEL 2 PABELLON A

- Anexo 20: Detalle de pórtico Módulo A.

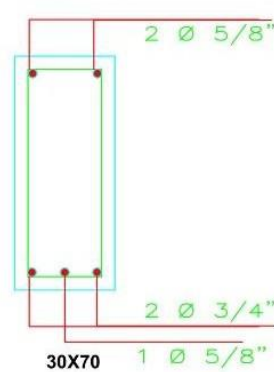


PORTICO A-MOD A

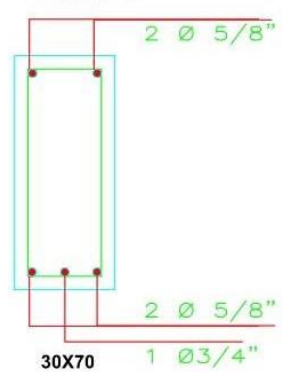
Corte C



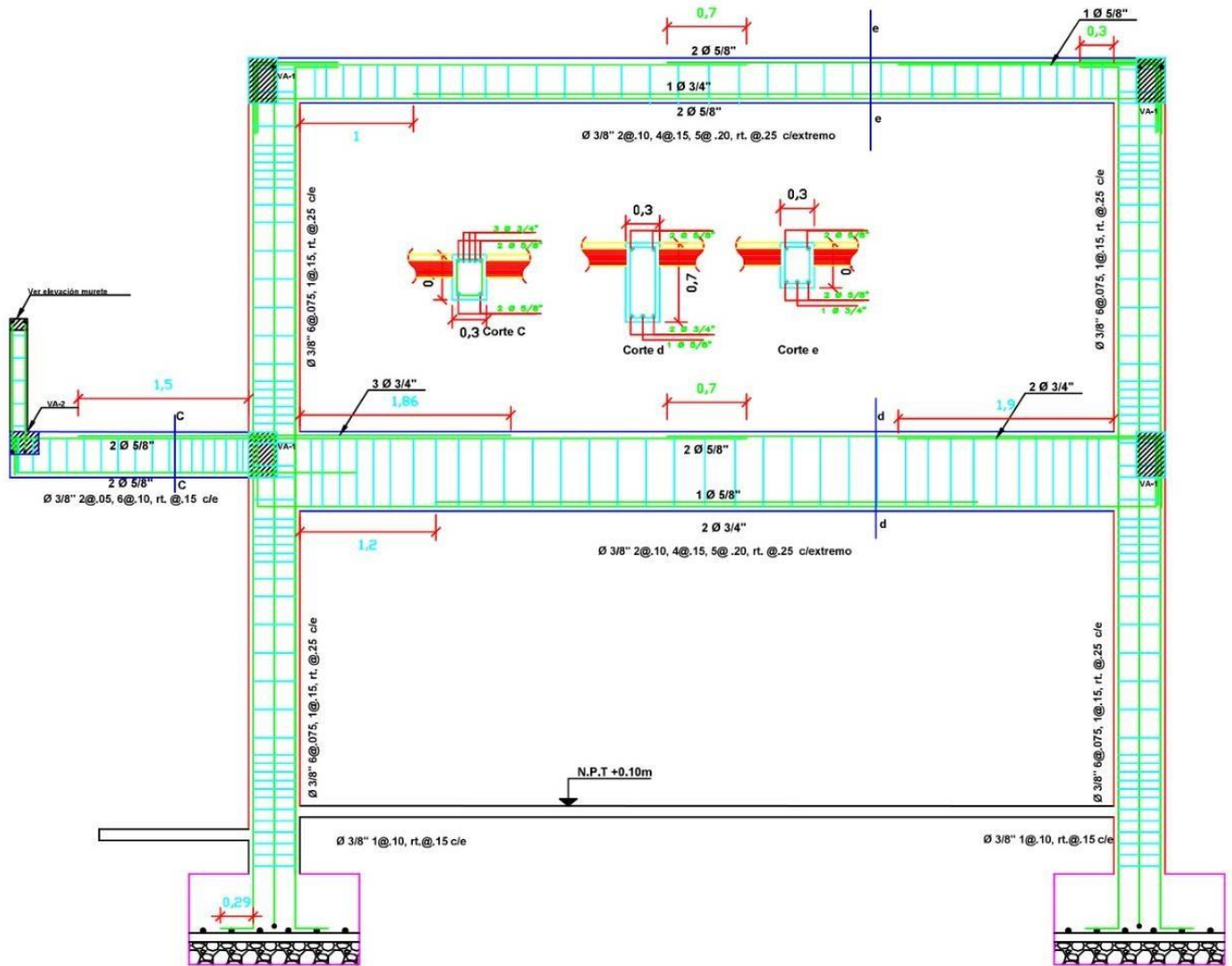
Corte d



Corte e

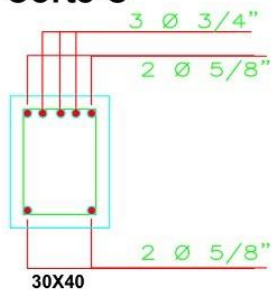


- Anexo 21: Detalle de pórtico Módulo B.

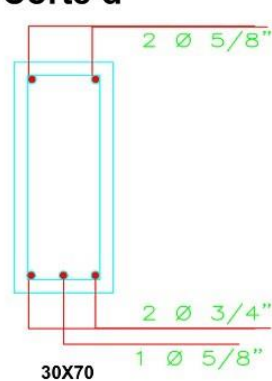


PORTICO A-MOD B

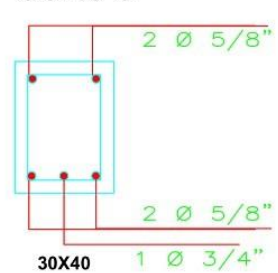
Corte C



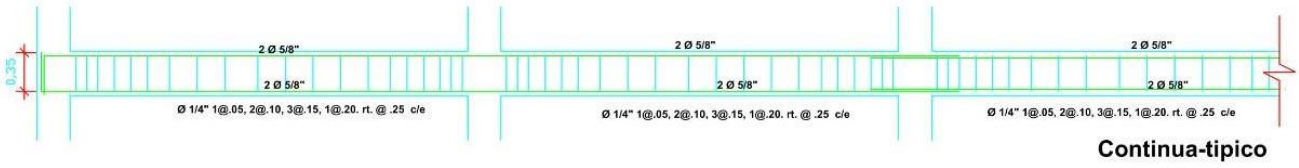
Corte d



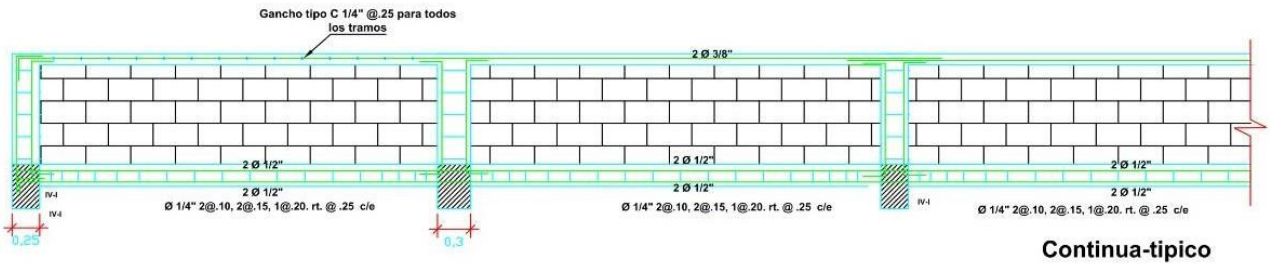
Corte e



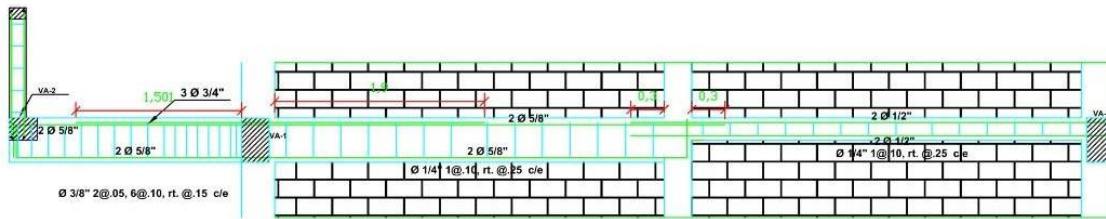
- **Anexo 22: Detalle de vigas.**



VIGA. VA-1 (25X40)



VIGA. VA-2 (25X20)



VIGA. IV-1 (25X40) (25X20)

- **Anexo 23: Columnas Mod. A y B.**

CUADRO DE COLUMNAS MODULO A Y B			
COLUMNA P-1	COLUMNA P-2	COLUMNA P-3	COLUMNA P-4
3/8" 6@.075, 1@.15, rt. @.25 c/e	3/8" 1@.05, 5@.10, 1@.15 rt. @.25 c/e	1/4" 1@.05, 5@.10, 1@.15 rt. @.25 c/e	1/4" 1@.05, 5@.10, 1@.15 rt. @.25 c/e

- **Anexo 24:** Validación y confiabilidad de Resultados.

FICHA DE VALIDACIÓN DE RESULTADOS		
PROYECTO: "Métodos cualitativos vs métodos analíticos en la determinación de la vulnerabilidad sísmica en una edificación tipo A. Comas-Lima-2021"		
Autores.		
<ul style="list-style-type: none"> - García Villanueva Jamil Edinson - Vásquez Cieza Jhosmer Jhanderly 		
EXPERTO 01		
APELLIDOS Y NOMBRES	Y Guillermo Díaz	PUNTAJE VALIDEZ / CONFIABILIDAD: 0 - 1
PROFESIÓN	Ingeniero civil	
REGISTRO CIP	109678	
EMAIL	gmodiaz@gmail.com	Validez:0.8 Confiabilidad:0.8
CELULAR	936800440	
FIRMA Y SELLO	 GUILLERMO JOSÉ DÍAZ ALIAGA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 109678	
Promedio General		
EXPERTO 2		
APELLIDOS Y NOMBRES	Y Pinto Barrantes, Raúl Antonio	PUNTAJE VALIDEZ / CONFIABILIDAD: 0 - 1
PROFESIÓN	Ingeniero civil	
REGISTRO CIP	51304	
EMAIL	raulpinto@cip.org.pe	Validez = 0.85 Confiabil. = 0.85
CELULAR	995143312	
FIRMA Y SELLO	 RAÚL ANTONIO PINTO BARRANTES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 51304	
Promedio General		
EXPERTO 3		
APELLIDOS Y NOMBRES	Araujo Mego Helder	PUNTAJE VALIDEZ / CONFIABILIDAD: 0 - 1
PROFESIÓN	Ingeniero Civil	
REGISTRO CIP	248054	
EMAIL	helderaraujomego@gmail.com	0.9/0.9
CELULAR	945 573 683	
FIRMA Y SELLO	 HELDER ARAUJOMEGO INGENIERO CIVIL CIP. N° 248054	
Promedio General		0.85
Índice de validez obtenido		Validez y Confiabilidad alta

- **Anexo 25: Resultados de Turnitin (20-11-2021)**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"Métodos cualitativos vs métodos analíticos en la determinación de la vulnerabilidad sísmica en una edificación tipo A. Comas-Lima-2021"

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

García Villanueva, Jamil Edinson (0000-0002-749A9-0233)

Vásquez Cieza, Jhosmer Jhanderly (0000-0003-3195-5355)

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes Raúl Antonio (0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

Resumen de coincidencias		
13 %		
Se están viendo fuentes estándar		
Ver fuentes en inglés (Beta)		
Coincidencias		
1	hdl.handle.net Fuente de internet	2 %
2	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	2 %
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de internet	2 %
4	repositorio.unj.edu.pe Fuente de internet	1 %
5	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	1 %
6	repositorio.urp.edu.pe Fuente de internet	1 %
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de internet	1 %
8	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	<1 %
9	www.idoccity.com Fuente de internet	<1 %
10	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	<1 %
11	repositorio.uancu.edu.pe Fuente de internet	<1 %
12	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de internet	<1 %
13	repositorio.uss.edu.pe Fuente de internet	<1 %
14	www.sfidshare.net Fuente de internet	<1 %
15	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	<1 %
16	doi.pub Fuente de internet	<1 %
17	moam.info Fuente de internet	<1 %
18	repositorio.upade.edu.pe Fuente de internet	<1 %
19	repositorio.usa.edu.co Fuente de internet	<1 %
20	sylvester.bh.rwth-aach... Fuente de internet	<1 %
21	Mikel Orcazan, Eneka ... Publicación	<1 %
22	repositorioacademico... Fuente de internet	<1 %
23	www.autoribacino.m... Fuente de internet	<1 %
24	Entregado a Universidad... Trabajo del estudiante	<1 %
25	archive.org Fuente de internet	<1 %
26	sfidshare.net Fuente de internet	<1 %
27	Entregado a unhuencia... Trabajo del estudiante	<1 %
28	repositorio.ufscar.br Fuente de internet	<1 %
29	repositorio.igp.gob.pe Fuente de internet	<1 %
30	repositorio.unpgr.edu.pe Fuente de internet	<1 %
31	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de internet	<1 %