

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución
Educativa No 20475 – LOS PELONES, DEL DISTRITO Y
PROVINCIA DE BARRANCA DEL DEPARTAMENTO DE LIMA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**Bach. Hidalgo Zuloaga, Eugenio Jesús
Bach. Silvestre Gómez, Richard Jesús**

Asesor:

Ing. Pichilingue Mugruza, Hugo César

Huacho – Perú

2019

JURADOS Y ASESOR

Presidente del Jurado

Ing. Barrenechea Alvarado, Julio César
CIP N° 98989

Secretario del Jurado

Ing. Martínez Chafalote, Ulises Robert
CIP N° 158626

Vocal del Jurado

Ing. Pozo Gallardo, Emerson David
CIP N° 186386

Asesor

Ing. Pichilingue Mugruza, Hugo César
CIP N° 56822

DEDICATORIA:

A Dios, por proteger a nuestras familias y a nosotros, por darnos fuerzas en esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres, que por su amor, trabajo y sacrificio hicieron posible nuestra formación personal y profesional.

A nuestros hermanos, por su apoyo constante en este camino llamado VIDA.

Los autores

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis fue realizado con mucho esmero y dedicación. Agradecemos a Dios por brindarnos fuerzas y valor para culminar esta etapa de nuestras vidas, de la misma manera agradecemos con mucho cariño a nuestros padres por todo su apoyo moral e incondicional.

Los autores

INDICE

Dedicatoria

Agradecimiento

Índice

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE CUADROS	9
INDICE DE GRÁFICOS	10
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	11
1.2 Formulación del problema.....	13
1.2.1 Problema general.....	13
1.2.1 Problemas específicos.....	13
1.3 Objetivos de la Investigación.....	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación	14
1.4.1 Justificación	14
1.4.2 Importancia.....	14
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	15
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	15
2.2 Bases Teóricas	18
2.2.1 Sismología Básica	18
2.2.1.1 Sismo.....	18
2.2.1.2 Naturaleza del movimiento sísmico	19
2.2.1.3 Tipos de Sacudidas	21
2.2.1.4 Tipos de Sismos por su origen.....	21
2.2.1.5 Tectónica de Placas.....	22
2.2.1.6 Clasificación de los sismos según su zona de generación	26
2.2.1.7 Escalas de medición de un Sismo	27
2.2.2 Concepción Estructural Sismorresistente	32

2.2.2.1 Estructuras Regulares.....	32
2.2.2.2 Estructuras Irregulares.....	33
2.2.2.3 Criterios para el diseño de Edificaciones Sismorresistentes.....	36
2.2.3 Vulnerabilidad Sísmica.....	43
2.2.3.1 Generalidades sobre Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico	43
2.2.3.2 Necesidad de Evaluación.....	45
2.2.3.3 Análisis de Vulnerabilidad	45
2.2.3.3.1 Vulnerabilidad Funcional	45
2.2.3.3.2 Vulnerabilidad No Estructural	46
2.2.3.3.3 Vulnerabilidad Estructural.....	46
2.2.3.4 Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad estructural sísmica 47	
2.2.3.4.1 Métodos Analíticos	47
2.2.3.4.2 Métodos Cualitativos	50
2.2.3.5 Elección de Metodología más adecuada	52
2.2.4 Método Italiano del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini (1982) 53	
2.2.4.1 Método del índice de vulnerabilidad para estructuras de albañilería no reforzada.....	53
2.2.4.2 Método del índice de vulnerabilidad para estructuras de concreto armado 68	
2.2.5 Sistemas Estructurales de la Infraestructura educativa peruana	81
2.2.5.1 Edificio 780 post NDSR-1997	81
2.2.5.2 Edificio 780 pre NDSR-1997.....	82
2.2.5.3 Edificio Gran Unidad Escolar	82
2.2.5.4 Edificio Adobe	83
2.3 Definiciones Conceptuales.....	83
2.4 Formulación de la Hipótesis	84
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	85
3.1 Diseño Metodológico.....	85
3.2 Población y Muestra.....	85
3.3 Operacionalización de Variables e Indicadores	85
3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	87
3.4.1 Técnicas a emplear	87

3.4.2	Descripción de los Instrumentos.....	88
3.5	Técnicas para el procesamiento de la información	88
CAPITULO IV: RESULTADOS		89
4.1	Resultados	89
4.1.1	Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del bloque A:.....	90
4.1.2	Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del bloque B:.....	105
4.1.3	Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del bloque C:	117
4.2	Discusión:.....	132
4.3	Presentación de Cuadros y Gráficos:.....	156
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		159
5.1	Conclusiones:.....	159
5.2	Recomendaciones:.....	161
CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN		165
6.1	Fuentes Bibliográficas	165
6.2	Fuentes hemerográficas.....	170
6.3	Fuentes electrónicas	171
CAPITULO VII: ANEXOS		172
ANEXO 1 – MATRIZ DE CONSISTENCIA		1733
ANEXO 2 – PROPUESTA DE REFORZAMIENTO.....		175
ANEXO 3 – COPIA DE PLANOS DE LA I.E. N° 20475 – LOS PELONES		202

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evalúa la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones del distrito y provincia de Barranca, del departamento de Lima, utilizando el método del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini (En sus variaciones para sistemas estructurales de albañilería y concreto armado); se escogió este método por su gran éxito de aplicación en ciudades del país de Italia y el resto de países del mundo (Incluido parte del Perú), además de ser un método sencillo y adaptable al Reglamento Nacional de Edificaciones.

El índice de vulnerabilidad es un valor numérico que determina si la estructura tiene una vulnerabilidad baja, media baja, media alta o alta, siendo éste último el caso más crítico que pueda tener una edificación. Este valor se determina mediante el análisis de 11 parámetros propuestos por dicha metodología, por cada parámetro se asigna un valor numérico para luego hacer una suma ponderada que viene a ser el índice de vulnerabilidad (los factores de ponderación son propuestos por dicha metodología).

Las edificaciones que conforman la I.E. N° 20475 fueron desarrolladas antes de la Norma de Diseño Sismorresistente del año 1997, además el sistema estructural de cada pabellón o bloque varía según la dirección de análisis, siendo en algunos casos de albañilería confinada y en otros de pórticos de concreto armado.

Una vez hecha la evaluación de todas las estructuras se obtuvo resultados que van desde VULNERABILIDAD BAJA hasta VULNERABILIDAD MEDIA ALTA, siendo necesario en todos los casos un reforzamiento estructural, teniendo en consideración que el problema principal de las estructuras es su configuración en planta y su falta de rigidez en los sistemas resistentes de pórticos de concreto armado.

Finalmente, se propone un método de reforzamiento de los pabellones que conforman aulas y oficinas administrativas, teniendo en consideración que estas propuestas deben ser tomadas como una alternativa preliminar a una investigación más profunda, pues no se cuentan con datos exactos de cada estructura, como son la resistencia de los elementos estructurales, la cantidad de acero en los elementos de concreto armado, la característica de cimentación entre otros.

Palabras claves: Vulnerabilidad sísmica y reforzamiento de estructuras.

SUMMARY

In the present research work the Seismic Vulnerability of the Educational Institution N ° 20475 - Los Pelones of the district and the province of Barranca, of the department of Lima, is evaluated, using the Vulnerability Index method of Benedetti and Petrini (In its variations for structural systems of masonry and reinforced concrete); this method was chosen because of its great success of application in cities of the country of Italy and the rest of the countries of the world (including part of Peru).

The vulnerability index is a numerical value that determines if the structure has a low vulnerability, low means, high or high means, being the last most critical that a building can have. This value was determined through the analysis of 11 parameters proposed by this methodology, for each parameter a numerical value is assigned to then make a sum that becomes the vulnerability index (the weighting factors are proposed by said methodology).

The buildings that make up the I.E. No. 20475 were developed before the Seismic Design Standard of 1997, in addition to the structural system of each pavilion or multiple block according to the direction of analysis, being in some cases of confined masonry and in others of reinforced concrete porticos.

Once the evaluation of all the structures was carried out, results ranging from LOW VULNERABILITY to HIGH MEDIUM VULNERABILITY were obtained, being necessary in all cases a problem of structural reform, taking into account that the main problem of the structures is their plant and their lack of rigidity in the resistant systems of reinforced concrete frames.

Finally, a method of reinforcement of the pavilions that make up the offices and administrative offices is proposed, taking into account that these properties should be taken as a preliminary alternative to a deeper investigation, since data are not available. of each structure, such as the resistance of the structural elements, the foundation characteristic among others.

Keywords: Seismic vulnerability and reinforcement of structures.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de Vulnerabilidad Sísmica, que representa la magnitud de perjuicio que puede sufrir una edificación durante un determinado movimiento sísmico, pudiendo clasificar a la estructura en “más vulnerables” o “menos vulnerables”.

La I.E. N° 20475 – Los Pelones se encuentra ubicada en el distrito y provincia de Barranca del departamento de Lima, zona considerada de alto peligro sísmico por la norma técnica peruana E.030; sus pabellones fueron construidos aproximadamente en el año 1992 (según los planos a los que se tuvo acceso), época en la que no se contaban con criterios sismo resistentes para el diseño y construcción de edificios, por lo que es necesario evaluar las estructuras que conforman dicha institución educativa y determinar el grado de daño que puedan sufrir.

Esta investigación tiene por interés emitir un juicio con fundamento, respecto a la situación actual de la I.E. Los Pelones, en lo que respecta su vulnerabilidad ante un evento sísmico, para que sirva como base para un estudio profundo de un eventual reforzamiento de sus pabellones; sin embargo, en esta investigación también se plantean propuestas de reforzamiento teniendo como punto de partida la geometría de las estructuras.

Para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la I.E. N° 20475 – Los Pelones, se escogió el método italiano del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, siendo una investigación del tipo Descriptivo no Experimental, pues se basa en la descripción de las condiciones estructurales de las edificaciones, el trabajo consistió en una evaluación en campo según los parámetros propuestos por dicha metodología, para luego ser procesadas en gabinete.

La Investigación tiene la siguiente estructura:

En el capítulo I, trata sobre el planteamiento del problema, se formula, se plantean objetivos para la investigación y se presenta la justificación e importancia del desarrollo de la investigación.

En el capítulo II, comprende el marco teórico, indicándose antecedentes de la investigación (Nacionales e Internacionales), luego se desarrolla temas de sismología básica, concepciones de estructuras sismorresistentes, vulnerabilidad sísmica, descripción del método del Índice de Vulnerabilidad y un breve resumen de los sistemas estructurales empleados en la edificación de escuelas en el país.

En el capítulo III, se realiza la Metodología, en el que se describe el diseño metodológico empleado, la población y muestra, variables e indicadores, y técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV, se realiza la aplicación de la metodología estudiada hasta el momento para determinar la vulnerabilidad sísmica de I.E. N° 20475, se encuentran los resultados y se ponen a discusión con la valuación de la vulnerabilidad sísmica de unos de los pabellones mediante la aplicación del software Etabs 2016.

En el capítulo V, se emiten conclusión y recomendaciones de toda la investigación.

En el capítulo VI, se indican las referencias bibliográficas que sirvieron de apoyo para la realización del marco teórico y el resto de la investigación.

El capítulo VII, se presentan los anexos que son: la Matriz de Consistencia, propuesta de reforzamiento y copia de los planos de los que se obtuvo acceso.

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Escala de Mercalli Modificada.....	29
Tabla N° 2 : Escala numérica del índice de vulnerabilidad de los edificios de albañilería (Benedetti y Petrini, 1984).	54
Tabla N° 3: Factores de Zona	58
Tabla N° 4: Categoría De Las Edificaciones Y Factor “U”.....	59
Tabla N° 5: Valores de CT por tipo de Edificación.	61
Tabla N° 6: Escala numérica del índice de vulnerabilidad de los edificios de concreto armado (Benedetti y Petrini, 1984).....	68
Tabla N° 7 : Operacionalización de variables e indicadores	86
Tabla N° 8: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “A” en la dirección del eje “X”:	99
Tabla N° 9: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “A” en la dirección del eje “Y”:	104
Tabla N° 10: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “B” en la dirección del eje “X”:.....	112
Tabla N° 11 : Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “B” en la dirección del eje “Y”:.....	117
Tabla N° 12: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “C” en la dirección del eje “X”:.....	125
Tabla N° 13: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “C” en la dirección del eje “Y”:.....	131
Tabla N° 14: Control de agrietamiento en muros para $a=0.10g$	146
Tabla N° 15: Control de agrietamiento en muros para $a=0.25g$	154
Tabla N° 16: Costo referencial de propuesta de reforzamiento bloque A ..	161
Tabla N° 17: Costo referencial de propuesta de reforzamiento bloque B ...	161
Tabla N° 18: Costo referencial de reconstrucción del bloque C.....	15463

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Hipocentro y Epicentro de un sismo	21
Figura N° 2: Divergencia: Las placas se mueven en dirección opuesta y perpendicular a la frontera. Fuente (Google, s.f.)	23
Figura N° 3 : Convergencia: Una de las placas penetra por debajo de la otra	24
Figura N° 4: Transformante: Desplazamientos laterales de placas	24
Figura N° 5: Falla transformante de San Andrés	25
Figura N° 6: Falla reversible, la roca de un lado	26
Figura N° 7: Falla reversible, la roca de un lado de la	26
Figura N° 8: Imagen típica de un sismograma	30
Figura N° 9: Falla por columna corta.....	36
Figura N° 10: Piso blando en el primer piso.....	37
Figura N° 11: Plantas y formas simétricas	38
Figura N° 12: Ejemplo de redundancia estructural.....	39
Figura N°13: Modelo estructural con muros de albañilería en	39
Figura N° 14: Relación largo ancho para asegurar el comportamiento de....	40
Figura N° 15 : Presencia de rótulas	41
Figura N° 16 Choque de estructuras por dejar.....	42
Figura N° 17 : Ejemplo de proceso constructivo	42
Figura N° 18 : Microzonificación Sísmica.....	44
Figura N° 19: Ubicación Geográfica del Departamento de Lima en la microzonificación sísmica del Perú	58
Figura N° 20: Configuración en Planta.....	64
Figura N° 21: Organización del Sistema Resistente.	70
Figura N° 22: Organización del Sistema Resistente- I.	70
Figura N° 23 : Organización del Sistema Resistente- JI.	71
Figura N° 24: Vacíos recomendados para losas aligeradas.	74
Figura N° 25 : Parámetro evaluador de la configuración en planta según el método del índice de vulnerabilidad en los edificios de hormigón armado (GNDDT 1986)	75
Figura N° 26: Distintos casos de variación de la rigidez lateral de un edificio con sus alturas (Barbat, 1998)	76
Figura N° 27: Conexión Viga- Columna segura 1.	77

Figura N° 28: Conexión Viga- Columna segura 2	78
Figura N° 29: Mecanismo de falla de la columna corta.	79
Figura N° 30: Vista en planta del sistema estructural del edificio 780 pre NDSR 1997.....	82
Figura N° 31: Edificio Gran Unidad Escolar	83
Figura N° 32 : Fachada de la I.E. N° 20475.....	89
Figura N° 33: Esquematación de la I.E. N° 20475.....	89
Figura N° 34: Bloque A según plano de Estructura INFES 1993.....	90
Figura N° 35: Bloque A según realidad física	91
Figura N°36: Viga Peraltada que une el bloque A con la Escalera	92
Figura N° 37: Vista Frontal del Bloque A.....	92
Figura N° 38: Bloque A - Ventanas que abarcan más del 60% del paño de un muro.....	93
Figura N° 39: Bloque A – Acero visible al lado de las escaleras.....	93
Figura N° 40: Bloque A – Conexión Viga Columna.....	96
Figura N° 41: Bloque A – Presencia de Columnas Cortas.....	97
Figura N° 42: Bloque A – Presencia de columnas de confinamiento de parapetos	97
Figura N° 43: Bloque A – Vista Interior de aulas.....	98
Figura N° 44 : Bloque A – Voladizo.....	99
Figura N° 45: Bloque A – Vista frontal.....	100
Figura N° 46: Esquema del primer (izquierda) y segundo (derecha) piso del bloque B.....	105
Figura N° 47: Vista Frontal del bloque B	105
Figura N° 48: Vista Posterior del bloque B.....	106
Figura N° 49: Bloque B – Conexión Viga Columna.....	109
Figura N° 50: Bloque B – Separación de alfeizar de ventanas de pórticos principales.....	110
Figura N° 51: Bloque B – Confinamiento en tabiquería.....	110
Figura N° 52: Bloque B – Vistas del Segundo Piso.....	111
Figura N° 53: Bloque B – Vista lateral.....	111
Figura N° 54: Bloque B – Confinamiento de muros	113
Figura N° 55: Bloque B – Albañilería.....	113
Figura N° 56: Vista Frontal del Bloque C	119

Figura N° 57: Bloque “C” Vista lateral.	120
Figura N° 58: Estructura metálica en el tercer piso.	124
Figura N° 59 Afloramiento de humedad en los sobrecimientos.	124
Figura N° 60: Fisuras en muros.	124
Figura N° 61: Resanes en los techos.....	125
Figura N° 62: Bloque C – Vista lateral.....	126
Figura N° 63: Bloque C – Conexión Viga Columna.....	129
Figura N° 64: Bloque C – Presencia de Columnas Cortas.....	130
Figura N° 65: Bloque C– Presencia de fisuras y Grietas en la viga parte interna.....	130
Figura N° 66: Bloque C– Presencia de fisuras y Grietas en la viga parte interna.....	131
Figura N° 67 Planta Bloque A – Piso 1	134
Figura N° 68: Planta Bloque A – Piso 2	134
Figura N° 69: Elevación Bloque A - Eje 1.....	135
Figura N° 70: Elevación Bloque A - Eje 2.....	135
Figura N° 71: Elevación Bloque A - Eje 3.....	136
Figura N° 72: Elevación Bloque A - Eje 4.....	136
Figura N° 73: Elevación Bloque A - Eje 5.....	137
Figura N° 74: Modelado Final del Bloque A en ETABS 2016.....	137

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1 : SISTEMA ESTRUCTURAL DE LOS PABELLONES DE LA I.E. N° 20475	156
CUADRO N° 2: CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES DE LA I.E. N° 20475, SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA SISTEMAS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO.....	156
CUADRO N° 3: CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES DE LA I.E. N° 20475, SEGÚN EL MÉTODO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA SISTEMAS ESTRUCTURALES DE ALBAÑILERÍA NO REFORZADA.	157
CUADRO N° 4: VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA I.E. N° 20475.....	157

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA SISTEMAS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO DE LA I.E. N° 20475.....	158
GRÁFICO N° 2: ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA SISTEMAS ESTRUCTURALES DE ALBAÑILERÍA DE LA I.E. N° 20475.....	158

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En América Latina gran parte de la actividad sísmica ocurre por la colisión entre la placa de Nazca y la del Pacífico, En nuestro país el Instituto Geofísico del Perú (IGP) es el encargado de monitorear este tipo de actividad, determinar la magnitud y epicentro del sismo una vez ocurrido; y si bien es cierto que se manejan datos probabilísticos que puedan prever la periodicidad de sismos según su magnitud, no se puede determinar con certeza la ocurrencia de éste.

El Perú como es conocido está expuesto a un Peligro sísmico permanente, que trae consigo pérdidas de vidas humanas, materiales y económicas. Por ello es necesario tomar medidas que puedan reducir los efectos negativos de un evento telúrico, como efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de una estructura ante una actividad sísmica, para de esta manera poder planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo.

El Peligro Sísmico representa la probabilidad de ocurrencia dentro de un periodo específico de tiempo y dentro de un área dada, un movimiento sísmico con una intensidad determinada. Los estudios de Peligro Sísmico tienen como objetivo estimar el movimiento del terreno en un lugar determinado, o proporcionar una evaluación del tamaño del sismo en la zona en estudio. En el Perú está determinada en la Norma Técnica E-030, donde divide al país en 4 zonas, desde la Zona 1 que indica menor Peligro Sísmico y la Zona 4 la de mayor.

A partir de experiencias de terremotos vividos en todo el mundo hemos observado que las estructuras experimentan un grado de deterioro diferente, unas resultan más dañadas incluso llegan a colapsar y otras sólo sufren daños menores a pesar que se encuentran en una misma Zona de Peligro, a este fenómeno se le conoce como VULNERABILIDAD SÍSMICA.

Se denomina Vulnerabilidad al grado de daño que sufre una estructura debida a un evento sísmico de determinadas características. Estas estructuras pueden calificar en “más vulnerables” o “menos vulnerables”.

Se debe de tener en cuenta que la Vulnerabilidad Sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca de cada estructura, y además, es independiente del Peligro Sísmico. En otras palabras, una estructura puede ser Vulnerable, pero no estar en Riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado Peligro Sísmico.

El riesgo sísmico calibra la probabilidad de que se produzca un sismo, el número de víctimas que ocasionaría y cómo afectaría al tipo de construcciones

existentes en la zona. Así, una zona de fallas despoblada tendría una peligrosidad sísmica muy alta pero un riesgo sísmico muy bajo.

La Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones, se encuentra ubicada en el Distrito de Barranca, provincia de Barranca del departamento de Lima, por lo que según la Norma E-030, estaría dentro de la Zonificación 4, de alta peligrosidad sísmica, por tanto, es fundamental evaluar los daños que puedan ocurrir en dicho establecimiento.

Se tomó como base para el presente estudio dicha escuela, por tener la mayor cantidad de población (entre alumnos, profesores y personal administrativo) al nivel primario en comparación con los demás colegios que existen en el distrito, teniendo en cuenta además que este establecimiento debería servir de refugio después de ocurrido un desastre, es fundamental que la Vulnerabilidad Sísmica de dicha Edificación sea baja, para de esta manera reducir el Riesgo Sísmico de la Edificación y evitar pérdidas de vidas humanas.

En una entrevista realizada al sismólogo Julio Kuroiwa, sostuvo que el terremoto ocurrido en Ecuador (16 de abril del 2016) fue la ruptura de una zona de silencio sísmico ya que en esa Región no se daba un sismo de gran magnitud desde 1979, e indicó que la única zona donde falta liberar energía en Sudamérica es la zona ubicada entre Barranca y Cañete, en la región Lima, donde el último terremoto se dio en 1974, por lo que un sismo aquí sería de mayor intensidad que el de Ecuador.

Eran las 9:21 horas de la mañana del 3 de octubre de 1974, cuando un sismo de magnitud 8 en la escala de Richter, sacudió Lima y toda la costa hacia el Sur, hasta la ciudad de Pisco, teniendo una duración de 90 segundos; para fortuna de los estudiantes este fue un día no laborable para ellos, pues coincidió con el sexto aniversario del gobierno de la revolución Peruana (Golpe de Estado del general Juan Velasco Alvarado), sin embargo esta situación no fue impedimento para que se produjera el gran desastre ya conocido, 91 muertos y más de 2400 heridos, además el Comité Nacional de Defensa Civil del Perú y las compañías de Seguros calcularon las pérdidas materiales en 2,700 millones de soles y más de 300,000 damnificados.

Luego de los estudios a realizarse, se espera emitir juicios valorativos en función del peligro que puedan o no representar las edificaciones de dicho establecimiento, para todas las personas en este lugar.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el nivel de Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima?

1.2.1 Problemas específicos

- ¿Cuáles son los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, según el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini de las edificaciones evaluadas en la Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima?
- ¿Cómo influye la configuración estructural de una edificación en su evaluación de vulnerabilidad sísmica?
- ¿Qué parámetros intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, según el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar el nivel de Vulnerabilidad Sísmica de la I.E. N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los resultados de la Vulnerabilidad Sísmica aplicando el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini de las edificaciones evaluadas en la I.E. N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima.
- Determinar la influencia de la configuración estructural de una edificación en su evaluación de la vulnerabilidad sísmica.
- Identificar los parámetros que intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, según el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini.

1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

1.4.1 Justificación

La Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones, se encuentra ubicada en una zona de alta peligrosidad sísmica, por lo cual se hace necesario evaluar sus instalaciones para determinar el grado de vulnerabilidad ante un evento sísmico determinado.

Este trabajo pretende evaluar las edificaciones con mayor concurrencia de alumnos y docentes en el interior de la Institución Educativa N° 20475, utilizando la metodología del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini.

1.4.2 Importancia

Evaluar el comportamiento sísmico de una edificación es punto de partida para una investigación más profunda de evaluación y reforzamiento estructural.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 INTERNACIONALES

(Bustamante Vergara , Castro Navarro , & Marquez Zabala, 2007) En la tesis “*Estudio de vulnerabilidad sísmica en las instituciones educativas de la zona rural norte del municipio de Sincelejo*” de Colombia.

En ella se buscó determinar la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de las escuelas rurales en Sincelejo, utilizando tres metodologías, entre ellas del índice de vulnerabilidad, donde el 12% de las edificaciones se encontraban en malas condiciones (alta vulnerabilidad) para resistir un evento sísmico, el 71% en condiciones regulares y sólo el 17% en buenas condiciones.

Dicha investigación nos aporta con las siguientes conclusiones:

- Las escuelas rurales de la zona Noroccidental de Sincelejo presentan una vulnerabilidad por origen debido a que la mayoría de las edificaciones se construyeron con técnicas que no consideraban la sismo resistencia para su estructuración.
- La causa más común de la vulnerabilidad sísmica, es la falta de confinamiento en muros.
- El método del Índice de Vulnerabilidad generó resultados más diversificados que los resultados obtenidos mediante las otras metodologías, por lo cual indica que es el más completo y adecuado para las edificaciones de albañilería de la Zona Rural del Municipio de Sincelejo **(Bustamante Vergara , Castro Navarro , & Marquez Zabala, 2007, pág. 130).**

(Martínez Cuevas, 2014) En la tesis “*Evaluación De La Vulnerabilidad Sísmica Urbana Basada En Tipologías Constructivas Y Disposición Urbana De La Edificación. Aplicación En La Ciudad De Lorca, Región De Murcia*”. España.

El presente trabajo desarrolla una metodología empírica para identificar y caracterizar los parámetros urbanísticos que determinan una respuesta sísmica irregular de las edificaciones, graduar su relación con el daño tras un terremoto y poder así disminuir la vulnerabilidad sísmica de las ciudades. La metodología desarrollada en esta tesis doctoral se aplica en la ciudad de Lorca, Región de Murcia. Se realiza un trabajo de campo donde

se clasifican los edificios según su tipología estructural y sus parámetros urbanísticos (**Martínez Cuevas, 2014, pág. RESUMEN**).

(Barrera Ramos & Nieves Corredor, 2015) En la tesis “*Determinación de la Vulnerabilidad en las Casas Coloniales ubicadas en el Barrio de San Diego de la Ciudad de Cartagena*”. Colombia.

Este estudio tuvo por objetivo determinar qué tan vulnerables son las casas coloniales de barrio San Diego a partir de un método cualitativo denominado índice de vulnerabilidad, justificado por la importancia como icono histórico al hacer parte del centro de la ciudad de Cartagena, el cual es considerado patrimonio de la humanidad.

Para la recopilación de la información primaria se tomaron 5 muestras específicas del sector escogidas por los integrantes del proyecto en donde se incluyeron casas de 1 y 2 pisos. Se obtuvo como resultado un índice de vulnerabilidad de 40.33%, lo cual llevó a catalogar al barrio con alta vulnerabilidad, y además, se determinó que es necesario realizar una investigación cuantitativa con el objetivo de evaluar con más detalle las edificaciones que allí se encuentran.

También se determinó cuáles son los parámetros influyentes para que estas viviendas sean más susceptibles, entre los que se encuentran la ausencia de diafragmas horizontales, el estado patológico, separación de muros estructurales y calidad y organización del sistema resistente. A partir de lo anterior se generaron recomendaciones que ayudan a reducir las condiciones de vulnerabilidad de las viviendas del barrio San Diego. **(Barrera Ramos & Nieves Corredor, 2015, pág. 13)**

(Alvayay Barrientos, 2013) En la tesis “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del casco urbano de la ciudad de Valdivia, empleando índices de vulnerabilidad*”. Chile.

En este trabajo se presentó los resultados del estudio sobre la vulnerabilidad sísmica de las estructuras pertenecientes al casco urbano de Valdivia. Para la realización de este proyecto, se estudiaron diferentes metodologías, se propusieron y adecuaron las que se adaptaron mejor a la realidad de la ciudad de Valdivia (Chile). La investigación está dirigida a todas las estructuras que no se encuentren dentro del grupo de líneas vitales o estructuras esenciales y que a la vez son construidas con los materiales de hormigón armado, albañilería confinada y madera. La metodología aplicada es una adaptación de la propuesta por el grupo “Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti – Italia” para las estructuras

chilenas de albañilería confinada y hormigón armado. **(Alvayay Barrientos, 2013, pág. Resumen)**

2.1.2 NACIONALES

(Abanto Valdivia & Cardenas Cruz, 2015) En la tesis “*Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de benedetti – petrini en las instituciones educativas del centro histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad*”

Este trabajo tuvo como objetivo determinar la Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones de las Instituciones Educativas Públicas del Centro Histórico de Trujillo, provincia Trujillo, región La Libertad, con la finalidad de fomentar acciones de mitigación ante un evento sísmico, de manera que no ponga en peligro la vida de los estudiantes ni del personal que allí labora, de conformidad al RNE (NTE-E30).

De esta manera se presenta una metodología que valora el nivel de daño que pueden alcanzar ante un eventual sismo, las edificaciones de las instituciones educativas, correspondientes a un tipo de sistema estructural. El modelo a emplear es de Benedetti y Petrini (Italia) estima un índice de vulnerabilidad calculado en función de las características de la estructura que más influyen en su comportamiento sísmico, y lo relaciona con un índice de daño, que a su vez depende de la acción del movimiento sísmico. Los resultados obtenidos son estructuras con vulnerabilidad media baja. **(Abanto Valdivia & Cardenas Cruz, 2015, pág. XIX).**

(Marín Marín, 2014) En la tesis “*Determinación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la I.E. estatal Ramón Castilla y Marquesado del distrito de Jaén – Cajamarca*”.

Este trabajo buscó determinar la vulnerabilidad sísmica de dichos pabellones, con el fin de plantear medidas que permitan mejorar su comportamiento estructural, mitigando los daños que se podrían producir después de un sismo severo. Para ello se aplicó el modelo italiano de Benedetti y Petrini, el cual estima un índice de vulnerabilidad en función de las características de la estructura que más influyen en su comportamiento sísmico de donde se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Los pabellones 1 y 2 de la Institución Educativa Estatal Ramón Castilla y Marquesado, tienen vulnerabilidad sísmica alta y media respectivamente; a causa de su comportamiento sísmico inadecuado,

elevada rigidez de la columna corta, inestabilidad de sus tabiques y su regular a mal estado de conservación.

- Las características geométricas, constructivas y estructurales que más influyeron en la vulnerabilidad sísmica de los pabellones evaluados fueron: desplazamientos relativos de entrepiso, falla de columna corta, calidad del tipo de mampostería, calidad de líneas resistentes y uso de la normativa antisísmica. (**Marín Marín, 2014, pág. 72**).

(Gómez Prado & Loaysa Yañez, 2014) En la tesis “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de centros de salud del distrito de Ayacucho*”

Este trabajo buscó hacer una evaluación de los Centros de Salud del Distrito de Ayacucho (3 establecimientos) aplicando la metodología del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini. Para recopilar información de los centros de Salud del distrito de Ayacucho se inspeccionó cada uno de ellos y se utilizó una ficha de inspección tipo encuesta, llegando a la conclusión que dos de los tres establecimientos de salud analizados tienen una vulnerabilidad baja y el tercero una vulnerabilidad media.

(Nuñez Vega & Gastelo Castañeda, 2015) En la tesis 22“*Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Chiclayo, zona oeste (av. Eufemio Lora y Lora av. José Leonardo Ortiz, prolong. Bolognesi, vía de Evitamiento, Panamericana Norte y av. Augusto B. Leguía). aplicando los índices de Benedetti y Petrini*”

Este trabajo de investigación trata sobre los aspectos fundamentales de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones, donde mediante la aplicación del método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en los lugares indicados en esta tesis se obtienen resultados de vulnerabilidad baja, media y alta.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Sismología Básica

2.2.1.1 Sismo

El sismo es un fenómeno de sacudida brusca y pasajera de la corteza terrestre producida por disturbios tectónicos o volcánicos, mientras que la ciencia que se encarga del estudio de los sismos, sus fuentes y de cómo se propagan las ondas sísmicas a través de la Tierra recibe el nombre de sismología. (Wikipedia, Terremoto, 2015)

- **Origen:**

El origen de la gran mayoría de los terremotos se encuentra en la liberación de energía producto de la actividad volcánica o a la tectónica de placas.

Los terremotos tectónicos se suelen producir en zonas donde la concentración de fuerzas generadas por los límites de las placas tectónicas da lugar a movimientos de reajuste en el interior y en la superficie de la Tierra, es por ello que los sismos de origen tectónico están íntimamente asociados con la formación de fallas geológicas.

Suelen producirse al final de un ciclo denominado ciclo sísmico, que es el periodo de tiempo durante el cual se acumula deformación en el interior de la Tierra que más tarde se liberará repentinamente. Dicha liberación se corresponde con el terremoto, tras el cual, la deformación comienza a acumularse nuevamente.

A pesar de que la tectónica de placas y la actividad volcánica son la principal causa por la que se producen los terremotos, existen otros muchos factores que pueden dar lugar a temblores de tierra: desprendimientos de rocas en las laderas de las montañas, hundimiento de cavernas, variaciones bruscas en la presión atmosférica por ciclones e incluso actividad humana.

Estos mecanismos generan eventos de baja magnitud que generalmente caen en el rango de microsismos, temblores que solo pueden ser detectados por sismógrafos. (*Vida Alternativa, 2015*)

2.2.1.2 Naturaleza del movimiento sísmico

El movimiento sísmico obedece a las mismas leyes del movimiento físico de los cuerpos y es el resultado de las vibraciones y ondulaciones de los estratos terrestres; tanto las unas como las otras producen sacudidas que se designan con el nombre de ondas sísmicas.

Cuando en un punto del interior de la corteza terrestre se produce un choque resulta un movimiento vibratorio que se propaga en todos los sentidos por las ondas sísmicas. Las vibraciones son longitudinales y transversales; las primeras se propagan en el interior de la tierra y llegan débiles a grandes distancias y fuertes a pequeñas distancias. (*Monografias.com, s.f.*)

En resumen el punto de origen de un terremoto se denomina foco o hipocentro, mientras que el epicentro es el punto en la superficie terrestre que se encuentra directamente sobre el hipocentro.

- **Hipocentro o Foco:**

Es el punto en la profundidad de la Tierra desde donde se libera la energía en un terremoto. Cuando ocurre en la corteza de ella (hasta 70 km de profundidad) se denomina superficial. Si ocurre entre los 70 y los 300 km se denomina intermedio y si es de mayor profundidad: profundo (recordemos que el centro de la Tierra se ubica a unos 6.370 km de profundidad). El punto donde se origina el terremoto en el interior de nuestro planeta es denominado hipocentro. El hipocentro se localiza frecuentemente entre 15 y 45 Km de la superficie. (*Monografias.com, s.f.*)

- **Epicentro:**

Es el punto de la superficie de la Tierra directamente sobre el hipocentro. Es, desde luego, la localización de la superficie terrestre donde la intensidad del terremoto es mayor. El punto situado en el interior de la corteza donde se produce el choque y de donde se propagan las ondas sísmicas se llama hipocentro o centro sísmico; el punto situado sobre la superficie terrestre en dirección vertical al centro se llama epicentro. La zona que lo rodea y donde los efectos de la sacudida han sido percibidos se llama zona epicentral. Las vibraciones longitudinales y transversales que llegan a esta zona originan ondas superficiales que irradiando del epicentro se propagan paralelamente a la superficie de la tierra, de la misma manera que las ondas del mar. (*Monografias.com, s.f.*)

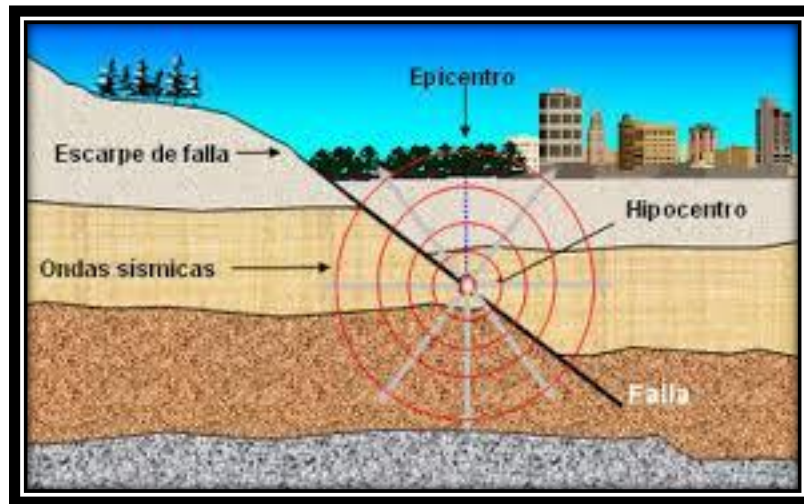


Figura N° 1: Hipocentro y Epicentro de un sismo

Fuente: (EPOEM N°118, 2016)

2.2.1.3 Tipos de Sacudidas

- **Sacudidas Verticales**: Los movimientos se transmiten de abajo arriba, es decir el lugar de la tierra sacudido se encuentra sobre la vertical sísmica, el epicentro. Los efectos de estas sacudidas son extraordinarios.
- **Sacudidas Horizontales**: Son muy comunes y el movimiento sísmico tiene una dirección determinada. Los edificios derrumbados indican esa dirección.
- **Sacudidas Ondulatorias**: La superficie del suelo se mueve de la misma manera que un mar agitado.

Es muy difícil que un terremoto se manifieste por un solo tipo de sacudida sísmica; por lo general se combinan los diversos tipos. Un terremoto no es un hecho aislado, sino que es el resultado de una serie de sacudidas variables que decrecen en intensidad y frecuencia. (*Monografias.com, s.f.*)

2.2.1.4 Tipos de Sismos por su origen

- **Volcánicos**: Directamente relacionados con las erupciones volcánicas. Son de poca intensidad y dejan de percibirse a cierta distancia del volcán.
- **Tectónicos**: Originados por ajustes en la litosfera. El hipocentro suele encontrarse localizado a 10 ó 25 kilómetros de profundidad, aunque algunos casos se llegan a detectar profundidades de hasta 70 kilómetros.

- **Batisismos:** Su origen no está del todo claro, caracterizándose porque el hipocentro se encuentra localizado a enormes profundidades (300 a 700 kilómetros), fuera ya de los límites de la litosfera. *(Vida Alternativa, 2015)*

2.2.1.5 Tectónica de Placas

La corteza de la Tierra está conformada por una docena de placas de aproximadamente 70 km de grosor, cada una con diferentes características físicas y químicas. Estas placas ("tectónicas") se están acomodando en un proceso que lleva millones de años y han ido dando la forma que hoy conocemos a la superficie de nuestro planeta, originando los continentes y los relieves geográficos en un proceso que está lejos de completarse. Habitualmente estos movimientos son lentos e imperceptibles, pero en algunos casos estas placas chocan entre sí como gigantescos témpanos de tierra sobre un océano de magma presente en las profundidades de la Tierra, impidiendo su desplazamiento. Entonces una placa comienza a desplazarse sobre o bajo la otra originando lentos cambios en la topografía. Pero si el desplazamiento es dificultado, comienza a acumularse una energía de tensión que en algún momento se liberará y una de las placas se moverá bruscamente contra la otra rompiéndola y liberándose entonces una cantidad variable de energía que origina el Terremoto. *(Cuando la tierra se mueve, 2009)*

El término "placa tectónica" hace referencia a las estructuras por la cual está conformado nuestro planeta. En términos geológicos, una placa es una plancha rígida de roca sólida que conforma la superficie de la Tierra (litósfera), flotando sobre la roca ígnea y fundida que conforma el centro del planeta (astenósfera). La litósfera tiene un grosor que varía entre los 15 y los 200 km., siendo más gruesa en los continentes que en el fondo marino. *(Terremotos y otros desastres naturales, s.f.)*

Tipo de Interacción entre placas

Podríamos resumir el fenómeno diciendo que estas placas están en contacto entre sí, como enormes témpanos que se juntan o separan, provocándose los cambios geológicos (y los sismos) en las fronteras de las placas. La explicación de por qué se mueven es aún poco clara, pero podía explicarse por el fenómeno de convección, que se refiere a la influencia que la temperatura en el magma del núcleo de

la tierra ejerce sobre los distintos minerales, haciendo flotar a los más calientes y hundiéndose los más fríos, de manera similar a como hierve el agua en una olla. El calor provendría del decantamiento radiactivo de isótopos como el uranio, torio y potasio (fenómeno que libera energía) así como del calor residual aún presente desde la formación de la Tierra. **(Terremotos y otros desastres naturales, s.f.)**

Actividad Sísmica en los bordes o fronteras de las placas.

El movimiento relativo de las placas se manifiesta, sobre todo, en los bordes de las placas y en ellos se produce una zona relativamente estrecha de deformación donde se concentra la actividad sísmica (el 90% de los terremotos que ocurren a nivel global son tectónicos) Los bordes de la placa revelan el tipo de movimiento que se produce entre las placas, y consecuentemente, condiciona el tipo de actividad sísmica que se origina en ellos. Son fundamentalmente de 3 tipos:

- **Zonas de expansión o divergentes:**

Cuando las placas se separan (generalmente en zonas de corteza oceánica). Dan lugar a nueva corteza y producen terremotos superficiales. Un ejemplo es el dorsal centro atlántico. La sismicidad asociada evidencia los procesos termales y mecánicos que controlan la evolución de la corteza oceánica. En las zonas de dorsal existen valles axiales paralelos a la dorsal, donde se forma nueva corteza, esta se va enfriando paulatinamente al moverse alejándose de la dorsal, siendo este el proceso tectónico primario que se produce en la corteza oceánica.

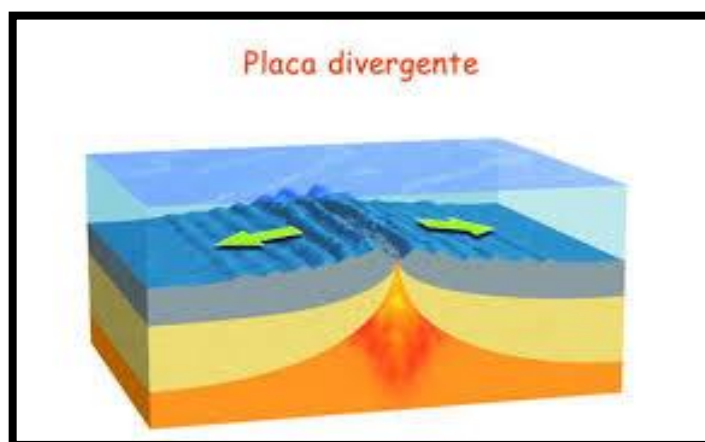
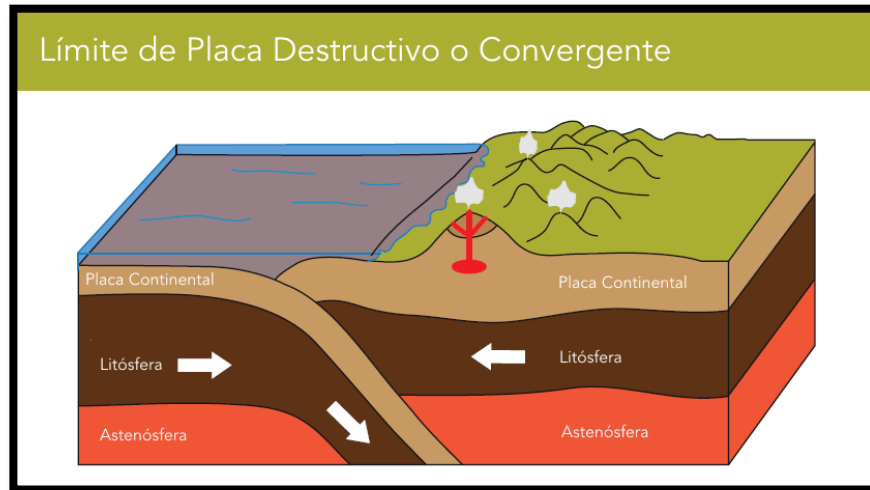


Figura N° 2: Divergencia: Las placas se desplazan en dirección opuesta y perpendicular a la frontera.

Fuente: (MIS CURIOSIDADES, 2017)

- **Zonas convergentes o destructivas:**

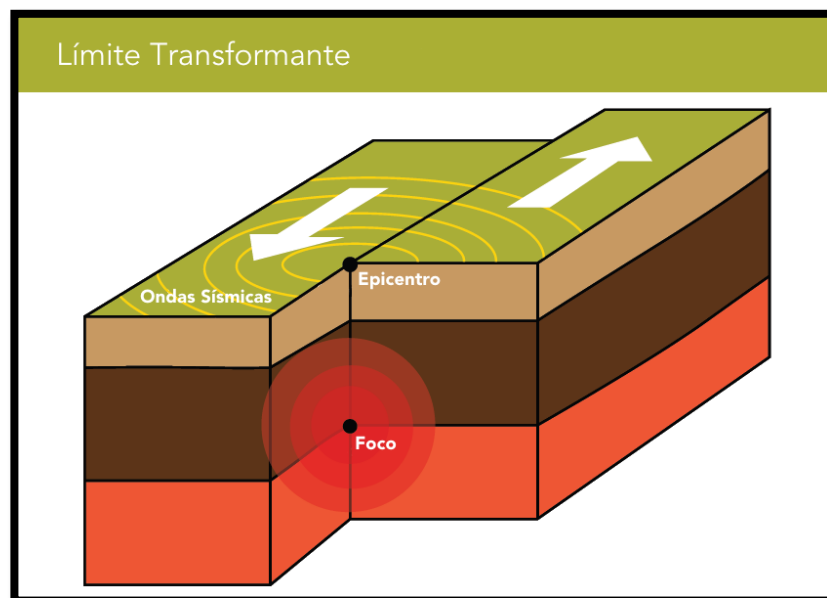
Se dan en placas que han colisionado y por lo general ocurre que la placa de mayor densidad se introduce por debajo de la otra.



*Figura N° 3 : Convergencia: Una de las placas penetra por debajo de la otra
Fuente: (Galapagos Conservation Trust)*

- **Zonas transcurrentes o transformantes:**

En este tipo de zonas las placas se desplazan lateralmente entre sí.



*Figura N° 4: Transformante: Desplazamientos laterales de placas
Fuente: (Galapagos Conservation Trust)*

Fallas Geológicas:

En geología, una falla es una fractura, generalmente plana, en el terreno a lo largo de la cual se han deslizado los dos bloques el uno respecto al otro.

Las fallas se producen por esfuerzos tectónicos, incluida la gravedad y empujes horizontales, actuantes en la corteza. La zona de ruptura tiene una superficie ampliamente bien definida denominada plano de falla, aunque puede hablarse de banda de falla cuando la fractura y la deformación asociada tienen una cierta anchura. *(Wikipedia, s.f.)*

Existen principalmente tres tipos de fallas que pueden ocurrir ya sea en la superficie de la Tierra o dentro de los océanos.

- ✓ **Falla por deslizamiento**, que corresponde a un desplazamiento horizontal relativo por los dos lados de la falla que normalmente suele tener un plano de falla vertical. *(Mena Hernandez, 2002, pág. 11)*

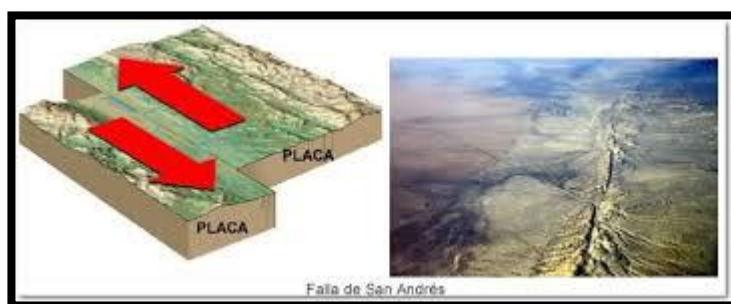


Figura N° 5: Falla transformante de San Andrés

Fuente: (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

- ✓ **Falla reversible o por compresión**, en la cual las fuerzas por compresión causan una falla por cortante formando que la parte superior continúe elevándose. *(Mena Hernandez, 2002, pág. 11)*

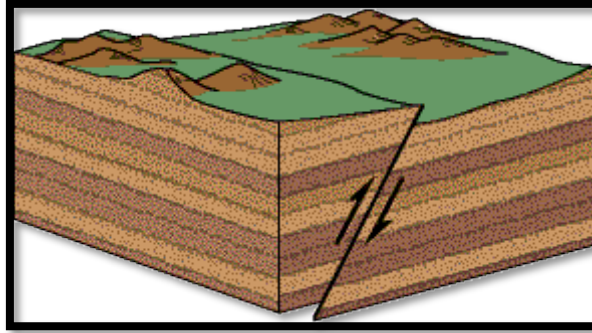


Figura N° 6: Falla reversible, la roca de un lado asciende respecto a la roca del otro lado
Fuente: (Composi, 2017)

- ✓ **Falla normal o por extensión**, esta falla es inversa de la anterior, las deformaciones por extensión jalan los bloques superiores hacia abajo del plano de falla inclinado. **(Mena Hernandez, 2002, pág. 11)**

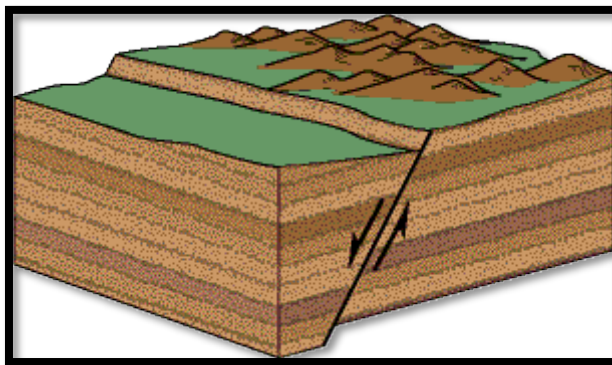


Figura N° 7: Falla reversible, la roca de un lado de la falla normal se hunden respecto a las rocas
Fuente: (Composi, 2017)

2.2.1.6 Clasificación de los sismos según su zona de generación

Los sismos se pueden caracterizar como un proceso de ruptura y deformación elástica del material de la litósfera, y bajo esas condiciones todos los sismos son iguales, sin embargo, se ha visto que, dependiendo del tipo de falla o mecanismo causal, así como del medio de propagación, los sismos pueden tener consecuencias diferentes en la superficie. Es por eso que se pueden clasificar a los sismos según su zona de generación, y su profundidad. **(Zúñiga Dávila , 2011)**

De acuerdo a lo anterior incluye la clasificación siguiente:

- a) **Sismos de subducción someros.** Aquellos que se generan en las fronteras de este tipo y que ocurren a profundidades que no exceden los 40 Km.
- b) **Sismos de subducción profundos.** Aquellos que ocurren debido a la interacción de subducción y en la zona de fricción (interplaca), pero a profundidades mayores a los 40 Km.
- c) **Sismos intraplaca de profundidad intermedia.** Sismos que se presentan en la placa subducida, pero no ocasionados por la fricción entre placas sino por fractura de la placa que ha penetrado.
- d) **Sismos de zonas de acreción.** Sismos que se presentan en este tipo de fronteras, por lo general con profundidades que no exceden los 20 Km por lo común.
- e) **Sismos de falla de transurrencia.** Los que presentan estos tipos de fronteras, cuyas profundidades no exceden los 30 Km por lo común.
- f) **Sismos corticales intracontinentales.** Sismos que se presentan en fallas no directamente relacionadas con los procesos de interacción entre las placas, sino al interior de una placa. Sus profundidades no exceden el grosor de la placa.

Adicionalmente, se pueden considerar los sismos volcánicos, los cuales tienen una clasificación propia. Entre estos, los llamados sismos vulcano – tectónico serían equivalentes a los sismos corticales. Cabe resaltar que los mayores sismos son, por lo general, del tipo A. Sin embargo, los sismos de tipo B, C, E o F pueden llegar a tener consecuencias graves. *(Zúñiga Dávila , 2011, pág. 7).*

2.2.1.7 Escalas de medición de un Sismo

a) Escala Sismológica de Mercalli (Intensidad = efecto):

La escala sismológica de Mercalli es una escala de doce grados desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras. Así, la intensidad de un terremoto no está totalmente determinada por su

magnitud, sino que se basa en sus consecuencias, empíricamente observadas. **(Wikipedia, Escala sismológica de Mercalli)**

La intensidad es la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de la zona afectada. La medición se realiza de acuerdo a la sensibilidad del movimiento, en el caso de sismos menores, y, en el caso de sismos mayores, observando los efectos o daños producidos en las construcciones, objetos, terrenos y el impacto que provoca en las personas. El valor de la intensidad de un sismo en un cierto lugar se determina de acuerdo a una escala previamente establecida. **(Rodríguez R)**

Actualmente se conoce a esta escala como Escala Sismológica de Mercalli Modificada.

Tabla N° 1: Escala de Mercalli Modificada

GRADO	DESCRIPCIÓN (1 Gal = 1 cm/seg²)
I - Muy débil.	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0,5 Gal.
II - Débil.	Perceptible solo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0,5 y 2,5 Gal.
III - Leve.	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo perciben como un terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2,5 y 6,0 Gal.
IV - Moderado.	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6,0 y 10 Gal.
V - Poco fuerte.	Sacudida sentida casi por todo el país o zona y algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen los relojes de péndulo. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
VI - Fuerte.	Sacudida sentida por todo el país o zona. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
VII - Muy fuerte.	Ponerse de pie es difícil. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables en estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
VIII - Destructivo.	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles derrumbes. Fuertes daños en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
IX - Muy destructivo.	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.
X - Desastrosos.	Algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases. Vías ferroviarias dobladas. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
XI - Muy desastroso.	Pocas estructuras de mampostería, si las hubiera, permanecen en pie. Puentes destruidos. Vías ferroviarias curvadas en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
XII - Catastrófico.	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados. Imposibilidad de mantenerse en pie.

Fuente: (Wikipedia, Escala sismológica de Mercalli)

b) Escala Sismológica de Richter (Magnitud = Causa):

La escala sismológica de Richter, también conocida como escala de magnitud local (ML), es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar la energía que libera un terremoto, denominada así en honor del sismólogo estadounidense Charles Francis Richter.

La sismología mundial usa esta escala para determinar las fuerzas de sismos de una magnitud entre 2,0 y 6,9 y de 0 a 400 kilómetros de profundidad. **(Wikipedia, Escala sismológica de Richter)**

Según la teoría anterior la fórmula es la siguiente:

$$M = \text{Log } A + 3 \text{ Log } (8\Delta t) - 2.92 = \text{Log}_{10}\left(\frac{A \cdot \Delta t^3}{1.62}\right)$$

Donde:

A = Amplitud de las ondas en milímetros, tomada directamente en el sismograma.

Δt = Tiempo en Segundos desde el inicio de las ondas P al de las ondas S.

M = Magnitud arbitraria pero constante a terremotos que liberan la misma cantidad de energía.

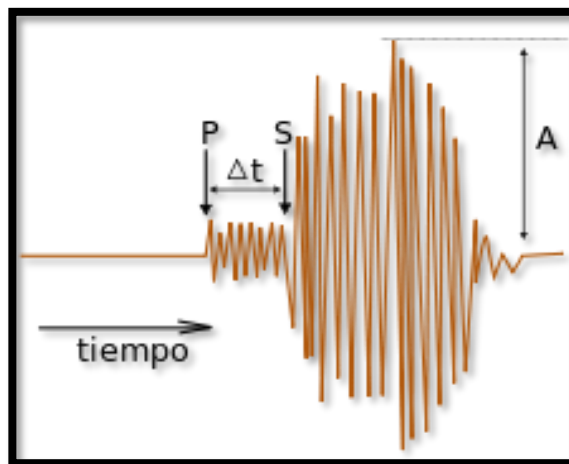


Figura N° 8: Imagen típica de un sismograma.
Fuente: **(Wikipedia, Escala sismológica de Richter)**

La magnitud Richter se calcula mediante una expresión matemática, cuyos datos se obtienen del análisis de los registros instrumentales. Debido a su carácter logarítmico, cuando la amplitud del movimiento o energía liberada por el sismo varía por un factor de 10, la magnitud cambia en una unidad. Así, un sismo de magnitud 7 será diez veces más fuerte que un evento de magnitud 6, y cien veces más fuerte que uno de magnitud 5. **(Marcano)**

c) Escala Sismológica de Magnitud Momento (Magnitud = Causa):

La escala sismológica de magnitud de momento (M_w) es una escala logarítmica usada para medir y comparar terremotos. Está basada en la medición de la energía total que se libera en un sismo. Fue introducida en 1979 por Thomas C. Hanks y Hiroo Kanamori como la sucesora de la escala sismológica de Richter.

Una ventaja de la escala de magnitud de momento es que no se satura cerca de valores altos. Es decir, a diferencia de otras escalas, esta no tiene un valor por encima del cual todos los terremotos más grandes reflejen magnitudes muy similares.

Por estas razones, la escala de magnitud de momento es la más usada por sismólogos para medir y comparar terremotos de grandes proporciones.

La magnitud de momento sísmico (M_w) resume en un único número la cantidad de energía liberada por el terremoto (llamada momento sísmico, M_0). La "w" en el subíndice del símbolo « M_w ».

M_w coincide con las estimaciones obtenidas mediante otras escalas, como por ejemplo la escala sismológica de Richter. Es decir, M_w permite entender la cantidad de energía liberada por el terremoto (M_0) en términos del resto de las escalas sísmicas. Es por esto que se usa M_w en vez de M_0 como parámetro de la escala.

Los períodos de oscilación de las ondas sísmicas grandes son proporcionales al momento sísmico (M_0). Es por esto que se suele medir la magnitud de momento M_w a través de los períodos de oscilación por medio de sismógrafos. **(Wikipedia, Escala sismológica de magnitud de momento)**

La relación entre M_w y M_0 está dada por una fórmula desarrollada por Hiroo Kanamori en el Instituto de Sismología de California, la cual es la siguiente:

$$M_w = \frac{2}{3} \left(\text{Log}_{10} \frac{M_0}{N.m} - 9.1 \right) = \frac{2}{3} \left(\text{Log}_{10} \left(\frac{M_0}{\text{dina.cm}} \right) - 16.1 \right)$$

Obsérvese que la magnitud de momento sísmico (M_w) se obtiene a partir de una función logarítmica con argumento adimensional y por tanto, es una variable adimensional. En cambio, el momento sísmico (M_0), al ser una variable que mide energía (fuerza x desplazamiento), tiene como unidad derivada la **N x m** o **dina x cm**. Más concretamente, el momento sísmico (M_0) es una cantidad que combina el área de ruptura y la compensación de la falla con una medida de la resistencia de las rocas mediante la siguiente ecuación:

$$M_0 = nAu$$

Donde:

n = Módulo de deformación de las rocas involucradas en el terremoto. Usualmente es de 30 gigas pascales.

A = Es el área de ruptura a lo largo de la falla geológica donde ocurrió el terremoto.

u = Es el desplazamiento promedio de A . (**Wikipedia, Escala sísmológica de magnitud de momento**)

2.2.2 Concepción Estructural Sismorresistente

2.2.2.1 Estructuras Regulares

Las estructuras regulares no tienen discontinuidad físicas significativas en su configuración vertical, en planta o en su sistema resistente a fuerzas laterales; estas están formadas por marcos planos con o sin contra-venteo vertical, con o sin muros estructurales, paralelos o casi paralelos, ligados entre sí en todos sus entresijos a través de sistemas de piso con resistencia y rigidez suficiente para hacer que todos los marcos y muros trabajen en conjunto para soportar las fuerzas laterales debido al sismo o viento, para proporcionar a la estructura, la rigidez suficiente y evitar así el pandeo, en conjunto bajo cargas verticales; como también todos los

marcos deben ser simétricos y todas las columnas de un entrepiso deberán tener la misma altura aunque haya entrepiso con diferente altura. **(UNEFA, 2016)**

Cabe recalcar que la actual norma de Diseño Sismorresistente E.030, para el caso específico de colegios construidos en la Zona 4 de clasificación de Peligro Sísmico indicada en la misma norma EXIGE QUE LA ESTRUCTURA SEA REGULAR.

2.2.2.2 Estructuras Irregulares

Se definen como aquellas estructuras que presentan una o más características indicadas en la Norma de Diseño Sismorresistente E.030, pudiendo ser irregularidades en planta y altura:

➤ Irregularidades estructurales en altura

a) Irregularidades de Rigidez – Piso Blando

Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. **(RNE - E. 030, 2016)**

b) 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. **(RNE - E. 030, 2016)**

c) Irregularidad Extrema de Rigidez

Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. **(RNE - E. 030, 2016)**

d) Irregularidad Extrema de Resistencia

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. **(RNE - E. 030, 2016)**

e) Irregularidad de Masa o Peso

Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos. **(RNE - E. 030, 2016)**

f) 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. **(RNE - E. 030, 2016)**

g) 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. **(RNE - E. 030, 2016)**

h) Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes

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. **(RNE - E. 030, 2016)**

➤ Irregularidades estructurales en planta

a) Irregularidad torsional

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{max}), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). 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. **(RNE - E. 030, 2016)**

b) Irregularidad torsional extrema

Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}). 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. **(RNE - E. 030, 2016)**

c) 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. **(RNE - E. 030, 2016)**

d) 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. **(RNE - E. 030, 2016)**

e) 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. **(RNE - E. 030, 2016)**

2.2.2.3 Criterios para el diseño de Edificaciones Sismorresistentes

Para el diseño Sismorresistente de edificaciones es necesario tener en cuenta ciertos parámetros básicos para el buen desempeño de la estructura, descritos a continuación:

➤ **Evitar efecto de columna corta**

Podemos llamar columna corta a aquella que por su tamaño relativo a las demás del sistema al que pertenece o relativo a su diseño, en el cual fue diseñada con una longitud, pero ya construida trabajará como más corta, por lo cual tendrá mayor rigidez relativa que la que fue diseñada, podrá demandar mayores fuerzas, pero sin poder responder satisfactoriamente, por no haber sido diseñadas para esas demandas. **(Cabrerá, 2014)**

Usualmente el efecto de columna corta se caracteriza porque la columna no está cautiva por los tabiques de relleno en toda su altura, para permitir una ventana en la parte alta del tabique. Dicha columna tiende a fallar en forma frágil al ser sometida a esfuerzos cortantes excesivos que se generan por estar impedida su deformación hasta la altura de los tabiques **(Enciclopedia de tareas, 2014)**; por lo general para evitar este efecto se opta por aislar el alfeizar mediante juntas sísmicas.



Figura N° 9: Falla por columna corta
Fuente: (Google, El terremoto, 2001)

➤ **Evitar estructuras con piso blando o entrepiso débil**

Varios tipos de esquemas arquitectónicos y estructurales conducen a la formación de los llamados "Pisos blandos" o "Entrepisos débiles", es decir, pisos que son más vulnerables al daño sísmico que los restantes, debido a que tienen menor rigidez, menor resistencia o ambas cosas. **(Ortega Villaizan, 2014)**

Según **(Torres, 2012)**, La característica esencial de un piso blando o débil consiste en una discontinuidad de la rigidez o resistencia, la cual ocurre en las conexiones del segundo piso.

Dentro de las causas principales que generan los pisos blandos en las estructuras podemos citar:

- Una estructura más alta en el primer piso respecto a los superiores, provocando menos rigidez y más deflexión en el primer piso
- Un cambio abrupto de la rigidez en un piso con respecto a otro.
- El uso de muro de corte con una discontinuidad, en la cual las fuerzas cortantes son resistidas por muros que no llegan hasta la fundación.
- Discontinuidad en la trayectoria de las cargas, creada por un cambio vertical u horizontal en la estructura.



Figura N° 10: Piso blando en el primer piso
Fuente: Internet

➤ **Minimizar efectos de torsión en planta y proyectar estructuras de formas simétricas.**

La torsión ha sido la causa de importantes daños y, en algunos casos, colapso de edificaciones sometidas a fuertes movimientos sísmicos. Se presenta por la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez. Cuando en una configuración, el centro de masa coincide con el centro de rigidez, se dice que existe simetría estructural. A medida que el edificio sea más simétrico, se reducirá su tendencia a sufrir concentraciones de esfuerzos y torsión, y su comportamiento ante cargas sísmicas será menos difícil de analizar y más predecible. **(Blanco, 2012, pág. 78)**

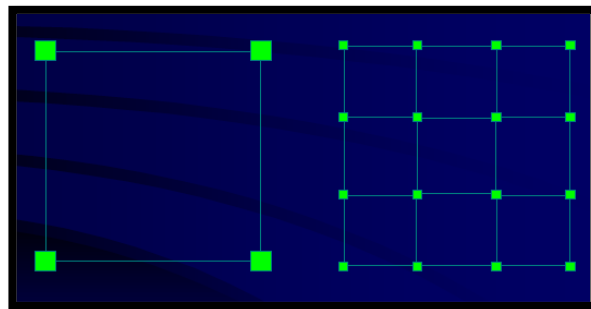


Figura N° 11: *Plantas y formas simétricas*
Fuente: Internet

➤ **Redundancia estructural**

El concepto de redundancia de una estructura está relacionado con el hecho de distribuir apropiadamente las cargas a las que está sujeta, de manera que la resistencia de la estructura no dependa totalmente de unos pocos elementos que, al fallar, pueden causar el colapso de la edificación. Una edificación con un aceptable grado de redundancia, es aquella que cuenta con varios elementos estructurales capaces de distribuirse las cargas y de evitar el colapso. Las cargas deben ser llevadas hasta el suelo de la manera más sencilla posible, evitando caminos inconclusos debido a la falta de columnas. **(Jimenez, Velazquez , Ovalles, & Gonzalez, 2015)**

El diseño estructural Sismorresistente contempla la posibilidad de daño de los elementos estructurales para los sismos más severos. Desde este punto de vista, el diseño de la estructura debe buscar que la resistencia a las fuerzas sísmicas dependa de un número importante de elementos, puesto que cuando se cuenta con un número reducido de elementos (poca redundancia) la falla de alguno de ellos puede tener como consecuencia el colapso parcial o total durante el sismo. En este sentido, debe buscarse que la resistencia

a las fuerzas sísmicas se distribuya entre el mayor número de elementos estructurales posibles. **(Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, 2000, pág. 39)**

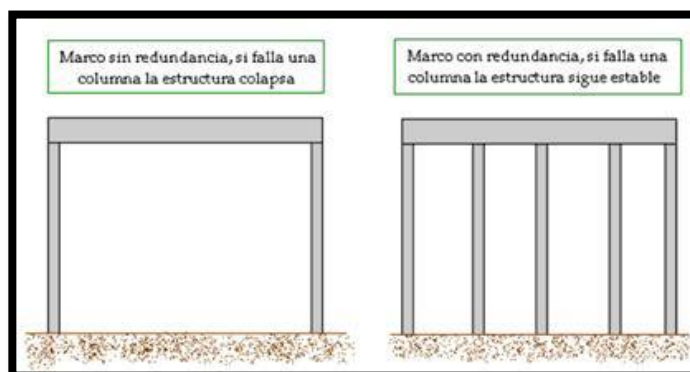


Figura N° 12: Ejemplo de redundancia estructural
Fuente: (Instituto de Investigaciones en Ingeniería, 2009)

➤ **Suficiente rigidez lateral en ambas direcciones.**

La excesiva flexibilidad o insuficiencia de rigidez lateral de la edificación ante cargas sísmicas puede definirse como la susceptibilidad a sufrir grandes deformaciones laterales entre los diferentes pisos, conocidas como derivas. **(Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, 2000, pág. 40).**

Es por ello que es fundamental considerar suficientes elementos verticales (placas, muros, columnas) en ambas direcciones del análisis que puedan aportar suficiente rigidez lateral a la estructura y aseguren un buen desempeño sísmico.

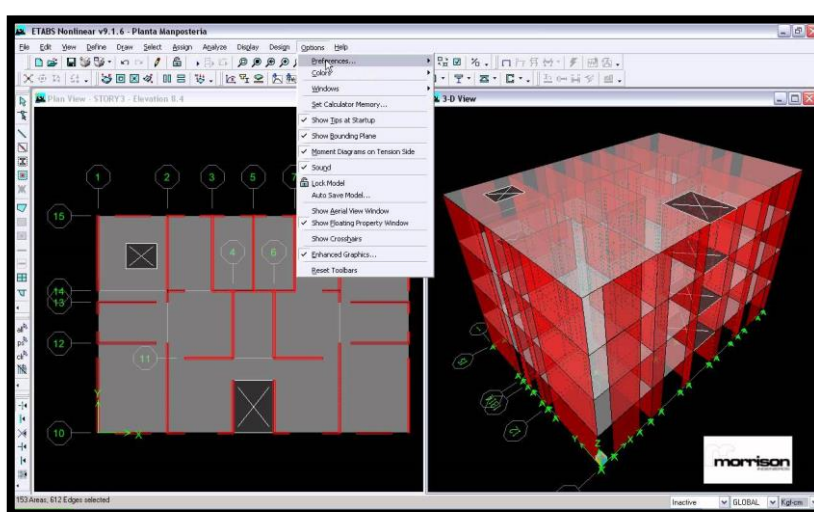


Figura N°13: Modelo estructural con muros de albañilería en ambas direcciones que aportan rigidez lateral.
Fuente: (Morrison Ingenieros, 2012)

➤ **Asegurar el comportamiento de “diafragma rígido”.**

Una configuración estructural adecuada se logra, entre otras consideraciones, conectando las líneas resistentes con diafragmas rígidos, para lograr deformaciones uniformes. Es importante resaltar que considerar rígidos los diafragmas representa una hipótesis de cálculo. **(Blanco, 2012, pág. 77)**

Según este autor el comportamiento flexible del diafragma se debe a las siguientes razones:

- Material inadecuado o espesor insuficiente.
- Si la relación entre el largo y el ancho del diafragma es mayor a 3.
- Si el diafragma representa aberturas para iluminación, ventilación, entre otras, cuya área sea mayor que el 20% del área total, se pueden presentar dentro de él zonas flexibles que afectan la conexión rígida entre elementos verticales. Una forma de solucionar este problema es colocar adecuadamente elementos rigidizadores en las aberturas.

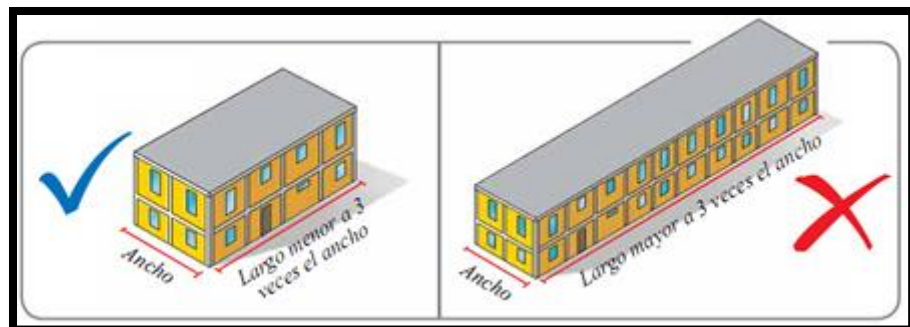


Figura N° 14: Relación largo ancho para asegurar el comportamiento de diafragma rígido.

Fuente: Internet

➤ **Asegurar el mecanismo columna fuerte – viga débil**

Las columnas dentro de una estructura tienen la vital importancia de ser los elementos que transmiten las cargas a las cimentaciones y mantienen en pie a la estructura, razón por la cual cualquier daño en este tipo de elementos puede provocar una redistribución de cargas entre los elementos de la estructura y traer consigo el colapso parcial o total de una edificación. **(Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, 2000, pág. 37).**

Por lo anterior, el diseño sísmico de pórticos (estructuras formadas preferentemente por vigas y columnas) busca que el daño producido por sismos severos se produzca en vigas y no en columnas, debido al mayor riesgo de colapso del edificio por el daño en columnas, es decir, se espera que se formen las rótulas plásticas en vigas antes que en columnas. (*Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, 2000, pág. 38*).

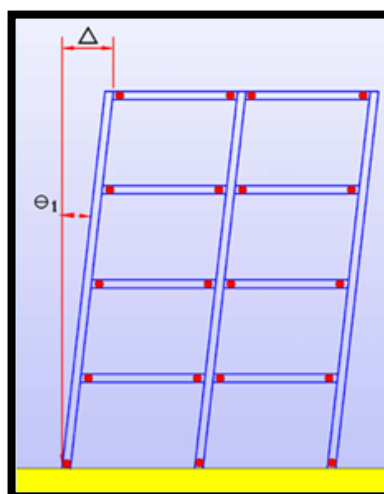


Figura N° 15 : Presencia de rótulas plásticas en vigas y no en columnas
Fuente: Internet

➤ Separación entre edificaciones

El impacto que ocurre entre edificios debido a la proximidad existente y su manera diferente de vibrar ante el sismo es otra causa de daño e inclusive de colapso. El choque resulta más dañino cuando la altura de los entrepisos no coincide en ambas estructuras. Para evitar este fenómeno se busca respetar una distancia prudencial (Junta de Separación Sísmica), dada por la actual Norma E-030 (*Ortega Villaizan, 2014*)

Esta norma indica lo siguiente: “Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima s para evitar el contacto durante un movimiento sísmico. Esta distancia no será menor a los $\frac{2}{3}$ de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que $s = 0.006 h \geq 0.03$ m, donde h es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar s ”

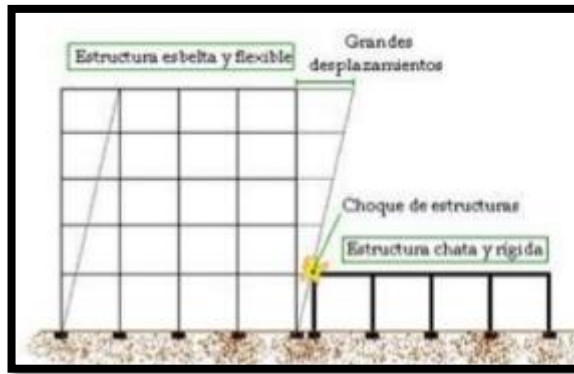


Figura N° 16 Choque de estructuras por dejar insuficiente espacio para la junta sísmica
Fuente: (Instituto de Investigaciones en Ingeniería , 2009)

➤ **Calidad de los materiales y procesos constructivos**

Es necesario tener en cuenta que con solo cumplir con las normas Sismorresistentes vigentes en el diseño de una estructura, no es suficiente para garantizar el buen desempeño de las obras de Ingeniería, es fundamental garantizar la calidad de los materiales utilizados en obra y el adecuado proceso constructivo.

Se han encontrado casos de obras muy cercanas en las cuales solo una de ellas falla. Si el diseño y el suelo son idénticos, la falla y en algunos casos el colapso, puede atribuirse a materiales que no cumplan las especificaciones y/o procesos constructivos deficientes.

(Blanco, 2012, pág. 82)



Figura N° 17 : Ejemplo de proceso constructivo deficiente: Viga vaciada en dos partes
Fuente: (Ingenieros.com, s.f.)

2.2.3 Vulnerabilidad Sísmica

2.2.3.1 Generalidades sobre Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico

➤ Peligro Sísmico:

El peligro sísmico representa la probabilidad de ocurrencia dentro de un período específico de tiempo y dentro de un área dada, un movimiento sísmico con una intensidad determinada. Los estudios de peligro sísmico tienen como objetivo estimar el movimiento del terreno en un lugar determinado, o proporcionar una evaluación del tamaño del sismo en la zona en estudio.

El peligro sísmico describe los efectos provocados por movimientos sísmicos en el suelo de dicha zona. Tales como la aceleración, velocidad, desplazamiento del terreno o intensidad macrosísmica de la zona. Para evaluar éstos efectos es necesario analizar los fenómenos que ocurren a partir de la emisión de las ondas sísmicas ocurridas en el foco mismo hasta que estas ondas sísmicas llegan a la zona de estudio. **(Oviedo Sarmiento, 2004)**

En el Perú, el Peligro Sísmico está definido en la Norma Técnica Peruana E.030 (Diseño Sismorresistente), donde se establece la zonificación del territorio nacional en 4 zonas sísmicas, desde la zona 1 que representa menos peligro sísmico hasta la zona 4 que representa el mayor peligro sísmico.

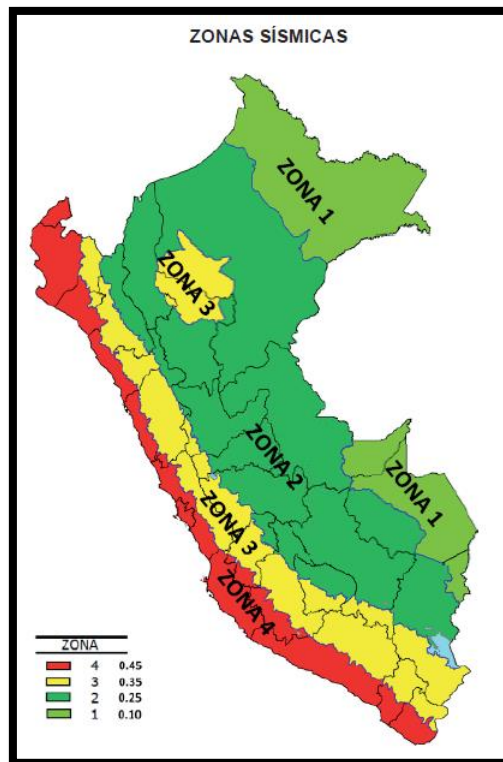


Figura N° 18 : Microzonificación Sísmica

Fuente: (RNE - E. 030, 2016)

➤ Vulnerabilidad Sísmica

Se denomina vulnerabilidad al grado de daño que sufre una estructura debida a un evento sísmico de determinadas características. Estas estructuras se pueden calificar en “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante un evento sísmico.

Se debe de tener en cuenta que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca de cada estructura, y, además, es independiente de la peligrosidad. **(Oviedo Sarmiento, 2004)**

➤ Riesgo Sísmico

El riesgo sísmico es la consecuencia de la combinación del peligro y la vulnerabilidad ($\text{Riesgo} = \text{Peligro} + \text{Vulnerabilidad}$), por ende, sabiendo que el Peligro es un fenómeno natural que no puede ser eliminado o reducido, debido a que predecir un sismo es muy difícil, el Riesgo se incrementará o reducirá sólo con el factor de Vulnerabilidad. **(Oviedo Sarmiento, 2004)**

2.2.3.2 Necesidad de Evaluación

Con el fin de obtener estimaciones aceptables del riesgo sísmico es necesario evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras. Esta condición es propia de cada edificación y su evaluación es un proceso complejo y laborioso.

La definición de la vulnerabilidad sísmica lleva implícitos términos genéricos como son la afectación y el daño, los cuales conviene sean acotados con el fin de garantizar una clara interpretación. La afectación, se refiere al nivel de perturbación funcional que puede sufrir una instalación y está directamente relacionada con la llamada vulnerabilidad Funcional. El daño se refiere al deterioro físico que pueden sufrir los diversos elementos de una edificación. Al nivel de deterioro que puedan sufrir estos elementos se conoce como grado de daño (Yepez, 1996). Desde el punto de vista cualitativo, el daño sísmico puede ser de dos tipos; el daño estructural y el daño no estructural, dependiendo si el elemento en cuestión forma parte o no del sistema resistente de la edificación. Estos daños están relacionados con la llamada Vulnerabilidad Estructural y Vulnerabilidad No Estructural.

Dependiendo de las características de uso de una edificación, cada uno de los tipos de vulnerabilidad mencionados tendrá una importancia relativa. Así, por ejemplo, para edificaciones convencionales donde la filosofía de diseño sísmico tiene como objetivo fundamental, prevenir la pérdida de vidas humanas asociada al colapso de las edificaciones (Que es el caso de la I.E. N° 20475 - Los Pelones), la evaluación de la vulnerabilidad estructural se considera determinante y gobierna la toma de decisiones. En este caso, la evaluación de la vulnerabilidad no estructural es menos relevante y es prácticamente intrascendente la evaluación de la vulnerabilidad funcional. (*Salvador Safina, 2002, pág. 39*)

2.2.3.3 Análisis de Vulnerabilidad

2.2.3.3.1 Vulnerabilidad Funcional

Este caso específico de vulnerabilidad es importante en Hospitales o similares, pues en situaciones de emergencia o crisis sísmicas, este tipo de edificaciones se caracterizan por presentar un incremento abrupto en la demanda de sus servicios, mientras que la capacidad de prestar dicho servicios puede haber decrecido como consecuencia del impacto del sismo, creando una situación crítica

caracterizada por un incremento brusco del riesgo asociado que puede inclusive llegar a un colapso funcional.

De hecho, la naturaleza de este tipo de edificaciones exige que, ante una crisis sísmica, sus instalaciones o dependencias deben mantenerse en funcionamiento para atender las consecuencias inherentes al evento y la situación de emergencia planteada. Ello implica un incremento abrupto de la demanda de sus servicios respecto a los niveles de demanda existente en condiciones ordinarias, que debe estar en capacidad de atender independientemente de los daños físicos (Estructurales y No Estructurales) de los cuales puede ser objeto la edificación y que redundaran en una disminución de su capacidad operativa y funcional. Esta incapacidad de respuesta funcional sobreviene inmediatamente con la ocurrencia del evento sísmico y generalmente tiende a reducirse con el tiempo una vez superada la situación de crisis sísmica. (**Salvador Safina, 2002, pág. 39 y 40**)

2.2.3.3.2 Vulnerabilidad No Estructural

La vulnerabilidad no estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes no estructurales de sufrir daño debido a un sismo, lo que se ha llamado daño sísmico no estructural (Cardona, 1999). El mismo comprende el deterioro físico de aquellos elementos o componentes que no forman parte integrante del sistema resistente o estructura de la edificación y que pueden clasificarse en componentes arquitectónicos (Tabiquerías, puertas, ventanas, etc.) y componentes electromecánicos (ductos, canalizaciones, equipos, etc.) que cumplen funciones importantes dentro de las instalaciones de la edificación. (**Salvador Safina, 2002, pág. 42**)

2.2.3.3.3 Vulnerabilidad Estructural

La vulnerabilidad estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos o componentes estructurales de sufrir daño debido a un sismo, lo que se ha llamado daño sísmico estructural. El mismo comprende el deterioro físico de aquellos elementos o componentes que forman parte integrante del sistema resistente o estructura de la edificación y es el que tradicionalmente ha merecido la atención prioritaria de los investigadores.

El nivel de daño estructural que sufrirá una edificación depende tanto del comportamiento global como local de la estructura. Está

relacionado con la calidad de los materiales empleados, las características de los elementos estructurales, su configuración, esquema resistente y obviamente, con las cargas actuantes. La naturaleza y grado de daño estructural pueden ser descritos en términos cualitativos o cuantitativos, y constituye un aspecto de primordial importancia para verificar el nivel de deterioro de una edificación, así como su situación relativa con respecto al colapso estructural, que representa una situación límite donde se compromete la estabilidad del sistema.

Desde el punto de vista cualitativo, normalmente se establecen diferentes niveles o descripciones de daño, cuya localización se fundamenta en la observación e identificación de deterioros característicos de los diversos elementos estructurales verificados después de la ocurrencia de un sismo.

El desarrollo de modelos de daño ha permitido evaluar el daño estructural desde un punto de vista cuantitativo, utilizando parámetros que representan la respuesta estructural tales como, distorsiones de piso, deformaciones de los elementos, demanda de ductilidad, energía disipada, etc. (**Salvador Safina, 2002, pág. 43**)

2.2.3.4 Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad estructural sísmica

Los métodos para el estudio de vulnerabilidad en edificios existentes se dividen en 2 grandes grupos, los métodos “exactos” o Analítico y los métodos “aproximados”, Cualitativos.

2.2.3.4.1 Métodos Analíticos

La evaluación de la vulnerabilidad de edificios existentes por medio de métodos analíticos está fundamentada en los mismos principios utilizados para el diseño de construcciones Sismorresistentes., es decir, se considera como una evaluación por medio de un método analítico a la arrojada por un modelo previamente calibrado, el cual tiene en cuenta un Análisis Dinámico Inelástico que permite conocer el proceso de plastificación paso a paso y el posterior colapso de la estructura, conocidos los ciclos de histéresis de sus componentes.

Cabe anotar, que estos métodos no son del todo analíticos, ya que la fase de calibración del modelo requiere de muchos ensayos de laboratorio, los cuales permiten conocer el estado de los materiales y predecir, con un poco más de exactitud, su respuesta ante sollicitaciones sísmicas.

Es por esto que la aplicabilidad de estos métodos es discutible por varias razones:

- La alta complejidad del modelo que sólo justifica su utilización en casos muy especiales, o para estructuras que después de ser evaluadas con un método cualitativo hayan mostrado tener serias falacias ante una sollicitación sísmica.
- La necesidad de realizar el análisis utilizando varios tipos de registros de sismos, para cubrir las diferentes posibilidades de acción sobre la estructura. **(INDECI, 2006)**

Entre los métodos más usados en el medio, están el método NSR-98, el método FEMA 178, el método ATC-14 y el método FEMA-273, las cuales se describen en forma muy breve a continuación:

a) Método NSR-98

Para llevar a cabo una evaluación de Vulnerabilidad empleando este método, se debe realizar un análisis dinámico de la estructura, que permita estudiar su comportamiento y saber si cumple los requisitos exigidos por la norma sísmica vigente. Con los resultados obtenidos de este análisis y las capacidades actuales calculadas en los elementos, se calculan los índices de sobre-esfuerzo y los índices de flexibilidad de los pisos, cuyos valores inversos definirán el grado de vulnerabilidad de la estructura.

Se puede decir que el objetivo de este método es hallar los puntos débiles y posibles zonas de las estructuras que pueden causar pérdidas de vidas ante los eventos sísmicos. **(Caballero Guerrero, 2007, pág. 46)**

b) Método FEMA 178

El Building Safety Council de EE. UU desarrollo este método, el cual es empleado para realizar la evaluación y el diagnóstico sísmico de cualquier edificación existente. Las guías y procedimientos del FEMA-178 son utilizados únicamente para evaluar la capacidad de la edificación en cuanto si es peligrosa para ser ocupada o no, y evalúa el uso de la estructura después del terremoto.

La metodología del FEMA-178 plantea una serie de interrogantes para el sistema estructural, pórticos resistentes a momentos, diafragmas, conexiones y amenazas geológicas, entre otros, los cuales están diseñados para describir defectos, puntos débiles o

zonas vulnerables de la edificación. El análisis realizado por medio de este método se debe llevar a cabo mediante procedimientos simples y en caso de resultar que la edificación es cuestionable, se deberá realizar una investigación más detallada como la del NSR-98 o la del FEMA-273. **(Caballero Guerrero, 2007, pág. 46 y 47)**

c) Método ATC-14

Hace énfasis en la determinación de los "puntos débiles del edificio" con base en la observación de daños en edificios similares, producidos por eventos sísmicos anteriores. Para determinar la vulnerabilidad de una edificación, se deben calcular los esfuerzos cortantes actuantes y los desplazamientos relativos del entrepiso. Con las fuerzas cortantes en los entrepisos se calcula el esfuerzo promedio "Vav" de los elementos resistentes verticales del edificio, el cual se compara con el esfuerzo estimado del material mediante la relación $Vav/4.26$; si esta relación es menor que uno, indica que la estructura presenta problemas de corte y que requiere de un análisis estructural más detallado. **(Caballero Guerrero, 2007, pág. 47)**

d) Método FEMA-273

Está diseñado para identificar los elementos estructurales que podrían tener un mal comportamiento frente a la ocurrencia de un evento sísmico, porque tienen poca capacidad o resistencia. Además, define diferentes técnicas y criterios de diseño que permiten alcanzar diferentes niveles de desempeño sísmico de la edificación. Dentro de los niveles de desempeño sísmico se encuentran, el nivel de ocupación inmediata, el nivel operacional, nivel de protección de la vida y el nivel de prevención de colapso y su escogencia del comportamiento que se espere de la edificación durante y después de un sismo.

El procedimiento del FEMA-273 permite hacer una simplificación o una rehabilitación sistemática. La rehabilitación simplificada es usada para edificaciones bajas, de configuración geométrica sencilla y generalmente en zonas de amenaza sísmica baja e intermedia. La rehabilitación sistemática, se basa en el comportamiento no lineal de la respuesta de la estructura y revisa cada elemento estructural, para verificar la interacción aceptable de los desplazamientos esperados y de las fuerzas internas en los elementos estructurales. **(Caballero Guerrero, 2007, pág. 47 y 48)**

2.2.3.4.2 Métodos Cualitativos

Para realizar el estudio de vulnerabilidad de un conjunto de edificios, se han desarrollado múltiples métodos cualitativos que permiten hacer la evaluación de forma rápida y sencilla. Estos métodos son usados para obtener un estimativo de la vulnerabilidad de las edificaciones, lo que permite conocer el comportamiento de una zona urbana ante la ocurrencia de algunos fenómenos naturales, proporcionando con esto una herramienta muy importante para los planes de prevención y mitigación de desastres.

a) Método ATC-21

Conocido también como el método de revisión por filtro de peligros sísmicos potenciales en edificaciones existentes. Es un método muy sencillo que se basa en darle una calificación inicial a la edificación, a la cual se le suman o restan puntos a medida que avanza la revisión y se filtran las características estructurales de la misma. Esta calificación inicial depende del tipo de estructura y del sistema de resistencia sísmica que tenga el edificio.

Los parámetros que este método tienen en cuenta para sumar o restar al puntaje inicial son la altura del edificio, las irregularidades geométricas, la flexibilidad de los pisos y la existencia de torsión en planta, la calificación obtenida al final de la revisión varía entre 0 y 6, siendo 2 la calificación sugerida como límite para definir la seguridad de la edificación. El resultado de la evaluación por este método puede ser considerado como una evaluación preliminar y de obtener que un edificio sea inseguro, deberá ser evaluado utilizando los procedimientos del NSR-98 o del FEMA-273. **(Caballero Guerrero, 2007, pág. 49)**

b) Método NAVFAC

Determina el índice de daños que un sismo determinado puede causar en una estructura, evaluando la capacidad de la misma por medio del coeficiente de corte basal resistente (C_b), el desplazamiento al tope de la estructura (S) y el periodo fundamental (T). Si el índice de daño global (I_g) es mayor que el 60% se debe proceder a realizar una evaluación más detallada de la estructura. **(Caballero Guerrero, 2007, pág. 49).**

c) Métodos Japoneses

Entre los métodos japoneses, se encuentran el Método de Hirosawa, el cual es el método utilizado oficialmente en el Japón por el ministerio de construcción, en la evaluación de la seguridad sísmica de edificios de concreto armado. El método recomienda tres niveles de evaluación, que van de lo simple a lo detallado, y se basa en análisis del comportamiento sísmico de cada piso del edificio en las direcciones principales de la planta.

El método fue propuesto originalmente para ser utilizado en edificios de concreto armado de altura media existentes o dañados, del orden de seis a ocho pisos estructurados con muros o pórticos. En estudios más recientes el método se ha aplicado en edificios de concreto armado y albañilería. (***Caballero Guerrero, 2007, pág. 49***)

d) Método del ISTC

Determina la vulnerabilidad de un grupo de edificios cuyas estructuras está soportada por muros de mampostería de tipologías y características constructivas similares, evaluando la capacidad resistente del edificio por medio de dos parámetros, I1 e I2, que representan los dos posibles modos de rotura en los muros. Con estos índices se calcula el índice I3, que es utilizado para determinar, en conjunto con los otros dos, la Vulnerabilidad de edificio sobre la base de función de Vulnerabilidad Propuesta por el ISTC. (***Caballero Guerrero, 2007, pág. 50***)

e) Método de la AIS

Determina la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo de viviendas de mampostería, evaluando aspectos geométricos. Constructivos y estructurales.

Dentro de los aspectos que se evalúan están, la irregularidad en planta y en altura, la cantidad de muros, la calidad de las juntas de pega en mortero y de los materiales, las vigas de amarre, los muros confinados y reforzados, cimentación, suelos, entrono, entre otros. Cada uno de ellos se califica mediante visualización y la comparación con patrones generales. Esta calificación se realiza en tres niveles: Vulnerabilidad baja, Vulnerabilidad media y Vulnerabilidad alta.

Finalmente, después de que se haya obtenido y calificado toda la información requerida, se hace una calificación global de la Vulnerabilidad Estructural por efecto de sismo de la vivienda, con base en las deficiencias que presenta cualquiera los aspectos estudiados. **(Caballero Guerrero, 2007, pág. 51 y 52)**

f) Método Italiano de Benedetti y Petrini – Índice de vulnerabilidad

El método del índice de Vulnerabilidad, identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto. El método califica diversos aspectos de los edificios tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología. Esta es una ventaja sobre los métodos que clasifican las construcciones por tipologías, material, año de construcción como son el ATC-13 y las escalas de EMS-98, MSK, entre otros.

Esta metodología considera aspectos como el tipo de suelo sobre el cual están los cimientos y la inclinación que estas presentan, así como la configuración en planta y elevación, el sistema de organización resistente para ver el grado de organización de los elementos, la tipología estructural, resistencia de la edificación ante cargas sísmicas, el sistema de losa y como está unido al sistema resistente, la ubicación de elementos no estructurales, entre otros.

La importancia de este método, es que se puede aplicar para edificios de albañilería y para edificios de concreto armado, el cual son los dos tipos de edificaciones que más encontramos en nuestro medio (Perú). En cada una de los dos tipos de estructuras, se evalúan once parámetros, y a cada uno se le da una importancia. Al final la sumatoria de los once parámetros multiplicados por sus coeficientes, da el índice de Vulnerabilidad de la estructura, en la que a medida que va subiendo, ese valor, la edificación es más vulnerable. **(Caballero Guerrero, 2007, pág. 51)**

2.2.3.5 Elección de Metodología más adecuada

La metodología seleccionada para evaluar la vulnerabilidad estructural sísmica de la Institución Educativa “Los Pelones” N° 20475, es el método italiano de Benedetti y Petrini (1984), Índice de Vulnerabilidad, por las siguientes razones:

- ✓ Los métodos cuantitativos son modelos de mayor complejidad y que necesitan de ensayos y estudios de laboratorio, lo que involucra un gran costo económico.
- ✓ El método del índice de vulnerabilidad es aplicable a estructuras de concreto armado y de albañilería de mediana y baja altura.
- ✓ El método del índice de vulnerabilidad se viene utilizando con gran éxito desde el año 1982, además es de aplicación rápida y sencilla.
- ✓ Los parámetros establecidos en el método italiano son bastantes claros y adaptables al Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ✓ El método de índice de vulnerabilidad identifica los parámetros más importantes que controlan el daño causados por los terremotos en los edificios.
- ✓ El método de índice de vulnerabilidad está fundamentado en datos reales, con experiencia en diferentes ciudades de Italia y el resto del mundo.
- ✓ El método del índice de vulnerabilidad se aplica en estudios a nivel urbano.

2.2.4 Método Italiano del Índice de Vulnerabilidad de Benedetti y Petrini (1982)

2.2.4.1 Método del índice de vulnerabilidad para estructuras de albañilería no reforzada.

De acuerdo con la escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini, el índice de vulnerabilidad se obtiene mediante una suma ponderada de los valores numéricos que expresan la “calidad sísmica” de cada uno de los parámetros estructurales y no estructurales que, se considera, juegan un papel importante en el comportamiento sísmico de las estructuras de albañilería. **(Olarte, Obregoso, & Julca, 2015)**

En total son 11 parámetros, a quienes se les atribuye durante las investigaciones de campo una de las cuatro clases A, B, C o D,

siguiendo una serie de instrucciones detalladas con el propósito de minimizar las diferencias de apreciación entre los observadores. A cada una de estas clases le corresponde un valor numérico K_i que varía entre 0 y 45, por otra parte, cada parámetro es afectado por un coeficiente de peso W_i que varía entre 0.25 y 1.50. **(Moreno Rodriguez , 2010)**

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} (K_i \times W_i)$$

A continuación, se muestra los parámetros a tomar en cuenta en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica:

Tabla N° 2 : Escala numérica del índice de vulnerabilidad de los edificios de albañilería (Benedetti y Petrini, 1984).

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

Fuente: (Castro P., 2011)

Una vez obtenido el resultado determinaremos el grado de vulnerabilidad de la estructura, teniendo en consideración que a medida que el valor es mayor, más vulnerable es la estructura.

- **Calificación entre 0 – 70 Vulnerabilidad baja**, Son edificaciones donde se espera que puedan ocurrir daños moderados o leves, el sistema estructural de la edificación conserva gran parte de su resistencia y puede seguir siendo utilizado sin mayor temor a peligro. **(Castro P., 2011)**
- **Calificación entre 71 – 141 Vulnerabilidad media baja**, Son edificaciones donde pueden ocurrir daños importantes que, aunque no colapsen las estructuras, es peligrosa su utilización a menos que

sean rehabilitadas, porque puedan producir accidentes debido a caídas de bloques de albañilería o de concreto. (**Castro P., 2011**)

- **Calificación entre 142 – 211 Vulnerabilidad media alta**, Son edificaciones con mayor probabilidad de falla total o que presentan daños muy severos en su estructuración, además de ocasionar heridos graves y peligro de muerte a sus ocupantes. (**Castro P., 2011**)
- **Calificaciones mayores a 211 Vulnerabilidad alta**, son estructuras muy vulnerables y de falla inminente.

Descripción de los parámetros para determinar el índice de vulnerabilidad:

1. Organización del sistema resistente:

Este parámetro evalúa la organización de los elementos estructurales verticales (muros de albañilería), teniendo en especial consideración la eficiencia de las conexiones entre muros y el comportamiento tipo “Cajón” de la estructura.

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** Edificio que presenta en todas las plantas, vigas y columnas de amarre como lo recomiendan la Norma Peruana de Estructuras, Diseño Sismorresistente, E-030. (**Castro P., 2011, pág. 70**)
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** Edificio que presenta en todos los pisos una combinación de muros confinados (mediante vigas de amarre) y paredes ortogonales bien ligadas. (**Castro P., 2011, pág. 70**)
- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** Edificio que, por no presentar vigas de amarre en todas las plantas. Está constituido únicamente por paredes ortogonales bien ligadas. (**Castro P., 2011, pág. 70**)
- **Vulnerabilidad Alta (D):** Edificios con paredes ortogonales no ligadas. (**Castro P., 2011, pág. 70**)

2. Calidad del sistema resistente:

Este parámetro evalúa el tipo de unidad de albañilería utilizado, la forma y homogeneidad del elemento, y otras características que puedan influenciar en la resistencia del muro, como son el espesor de juntas y verticalidad del muro.

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características: **(Castro P., 2011, pág. 71)**
 - a) Mampostería en ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes por toda la extensión del muro.
 - b) Presencia de verticalidad entre las unidades de albañilería.
 - c) Mortero de buena calidad con espesor de la mayoría de las pegas entre 1.0 a 1.5 cm.
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A. **(Castro P., 2011, pág. 71)**
- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A. **(Castro P., 2011, pág. 71)**
- **Vulnerabilidad Alta (D):** El sistema resistente del edificio no presenta ninguna de las características de la clase A. **(Castro P., 2011, pág. 71)**

3. Resistencia convencional:

El tercer parámetro evalúa el comportamiento de la estructura ante solicitaciones de cargas horizontales. Para ello se efectúa algunas operaciones, en la que se tienen en cuenta la resistencia de los muros y se determina la relación entre el cortante resistente V_r y el cortante actuante V_s .

$$\alpha = \frac{V_r}{V_s}$$

El cortante actuante o cortante basal V_s se calculará de acuerdo a lo estipulado en la norma E- 030 Diseño Sismorresistente.

- **Determinación del cortante resistente (Vr):** Se determinará con la siguiente relación.

$$V_r = \sum_{i=1}^n t$$

Dónde:

t = esfuerzo de corte aportados por los muros de albañilería confinada.

$$t = v \cdot L \cdot e$$

Donde:

v = 3.7 Kg/cm², resistencia a fuerza cortante promedio (E-070)

L = Longitud de muro de albañilería confinada.

e = espesor del muro de albañilería.

- **Determinación del cortante actuante - Basal (Vs):** Se determinará siguiendo los pasos estipulados en la norma Sismorresistente E-030 que se detallan a continuación.

Se evaluará la cortante basal de acuerdo a la siguiente expresión:

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

Dónde:

V = Fuerza cortante en la Base de la estructura.

Z = Factor de zona.

U = Factor de uso o importancia.

C = Coeficiente de Ampliación sísmica.

S = Factor de suelo

R = Coeficiente de reducción sísmica.

P = Peso de la estructura.

Definimos cada uno de los parámetros que intervienen en el cálculo de la **Vs**:

- a) Factor de zona (Z):** El territorio peruano de acuerdo a este parámetro se encuentra dividido en cuatro zonas las cuales poseen características generales de movimiento sísmico.

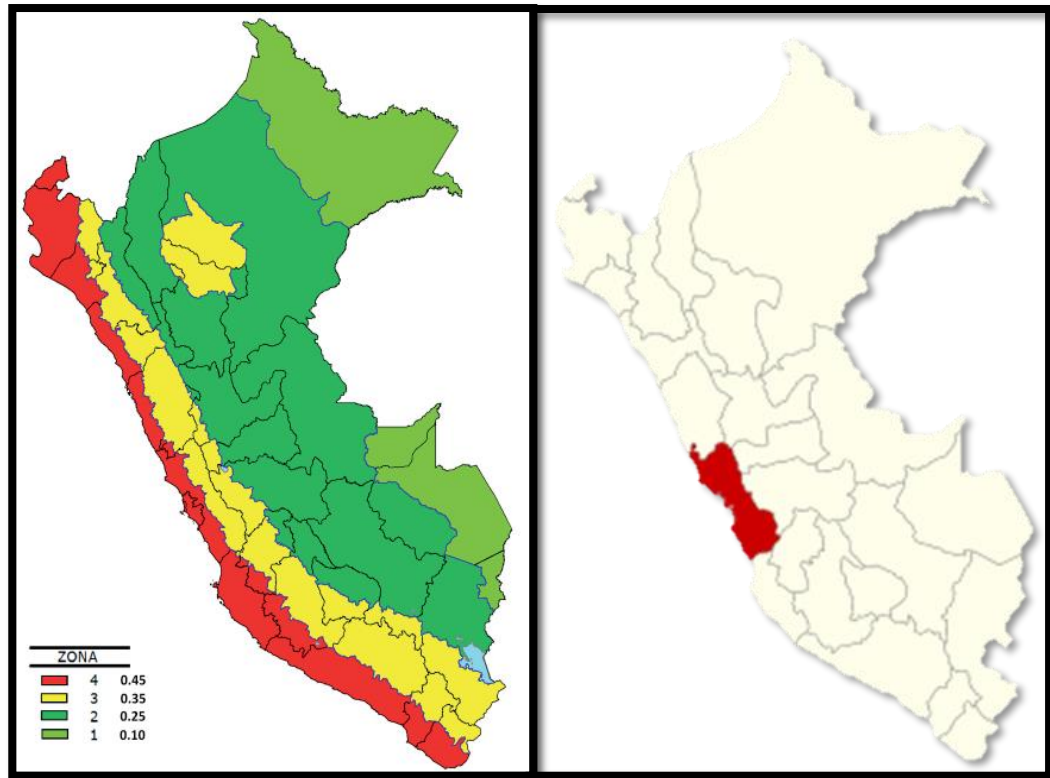


Figura N° 19: Ubicación Geográfica del Departamento de Lima en la microzonificación sísmica del Perú

Fuente: (RNE - E. 030, 2016)

A cada zona se le asigna un factor Z, según se indica en la siguiente tabla:

Tabla N° 3: Factores de Zona

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

Fuente: (RNE - E. 030, 2016)

La I.E N° 20475 – Los Pelones, se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Barranca del departamento de Lima, por ende, corresponde a la zona 4 cuyo valor Z es igual a 0.45.

b) Factor de Uso (U): De acuerdo a este parámetro cada edificación se clasifica según su uso de la siguiente manera:

Tabla N° 4: Categoría De Las Edificaciones Y Factor “U”

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	1,5
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, 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. 	
	Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen 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.	

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes portantes 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.	(*)

(*): En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

Fuente: (RNE - E. 030, 2016)

Para el caso de este estudio en el que se está analizando un colegio tomaremos un valor de uso U igual a 1.5.

- **Coficiente de ampliación sísmica (C):** De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de ampliación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$C = 2.5; \text{ Si } T < T_p$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right); \text{ Si } T_p < T < T_l$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_l}{T^2} \right); T > T_l$$

Dónde:

T_p y T_l = Periodos de Suelo

T = Periodo Fundamental.

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

Para esto tenemos que:
 h_n = Altura de la edificación.

Tabla N° 5: Valores de CT por tipo de Edificación.

CT	TIPO DE EDIFICACION
35	Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente: Pórticos de concreto armado sin muros de corte. Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.
45	Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean: Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras. Pórticos de acero arriostrados.
60	Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Fuente: (RNE - E. 030, 2016)

La altura de la edificación es un punto que se tomara en campo y se considerara para el valor de C_T de acuerdo al cuadro mostrado.

c) Perfil de suelo (S):

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrado, etc., pudiendo ser tipo S0 (Roca dura), S1 (Suelos muy rígidos), S2 (Suelos intermedios), S3 (Suelos Blandos) y S4 (Condiciones excepcionales).

Este parámetro será asumido de acuerdo a un estudio de suelos aledaño a la zona del proyecto, específicamente de la Institución Educativa Emblemática Ventura Ccalamaqui, que se encuentra al costado de la Institución Educativa N° 20475, En donde con la actual clasificación de la Norma E-030, el suelo correspondería al perfil tipo S3 cuyo factor S = 1.10.

d) Coeficiente de reducción sísmica (R): Para el caso de Concreto Armado se adoptará un valor $R = 8$, y para el caso de Albañilería se adoptará un Valor $R = 3$.

e) Peso de la estructura (P): Por último, se obtendrá el peso de la estructura estimando un peso de 1500 Kg/m² al tratarse de un colegio. (Clasificado según la actual norma E030 como uso esencial – A)

CLASIFICACIÓN:

- **Edificio clase (A):**

$$a \geq 1.0$$

- **Edificio clase (B):**

$$0.60 \leq a < 1.0$$

- **Edificio clase (C):**

$$0.40 \leq a < 0.60$$

- **Edificio clase (D):**

$$a < 0.40$$

4. Posición del edificio y cimentación

Este parámetro evalúa las condiciones de cimentación de la estructura teniendo en consideración la inclinación del terreno, y los niveles de fondo de cimentación, siendo este último una característica muy difícil de evaluar pues en muchos casos no se cuenta con planos de la estructura existente.

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada a una misma cota. (*Castro P., 2011, pág. 73*)
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendientes comprendidas entre un 10% y 20%. La diferencia máxima entre las cotas de fundación es inferior a 1 metro. (*Castro P., 2011, pág. 73*)
- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro. (*Castro P., 2011, pág. 73*)

- **Vulnerabilidad Alta (D):** Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a 1 metro. **(Castro P., 2011, pág. 73)**

5. Diafragmas horizontales

A partir de experiencias en terremotos pasados, se ha observado que es de singular importancia que el sistema de diafragma se encuentre bien conectado al sistema resistente vertical, para que pueda transmitir tanto las cargas verticales que soporta el edificio, como las horizontales debidas al sismo hacia los paneles y de allí a la cimentación. Cuando dichas conexiones no se encuentran en estado aceptable, las vibraciones laterales de los paneles resistentes tienden a separarlos de los diafragmas provocando la caída de estos últimos y el desarrollo de un gravísimo mecanismo de fallo con características de reacción en cadena con el resto de diafragmas; dicha reacción se producirá como consecuencia de altas cargas de impacto. En cuanto a la deformabilidad en el plano del diafragma, se ha demostrado analítica y experimentalmente que, si los diafragmas no tienen suficiente rigidez en su plano, pueden generar un comportamiento más débil de la estructura. La pérdida de las conexiones entre diafragma y el panel provocan fallos fuera del plano de los paneles, perdiéndose aquel comportamiento monolítico tipo cajón de la estructura. **(Moreno Rodríguez & Ahumada Villafañe, 2011)**

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** Edificio con diafragmas que satisfacen las condiciones: **(Castro P., 2011, pág. 74)**
 - a) Ausencia de planos a desnivel y las placas son de concreto.
 - b) La deformabilidad del diafragma es despreciable.
 - c) La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con una de las condiciones pasadas. **(Castro P., 2011, pág. 74)**
- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con dos de las condiciones pasadas. **(Castro P., 2011, pág. 74)**

- **Vulnerabilidad Alta (D):** Edificio con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen con ninguna de las condiciones pasadas. **(Castro P., 2011, pág. 74)**

6. Configuración en planta

El método evalúa la condición de simetría en planta de los edificios, proponiendo que los edificios menos vulnerables son cuando las dimensiones en planta se asemejan a secciones cuadradas, sin protuberancias adicionales y castigando las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias demasiado grandes. **(Muñiz PaucarMayta & Gonzales Moncada, 2017)**

La asignación de las calificaciones se puede explicar definiendo los parámetros:

$$\beta_1 = \frac{a}{L} \text{ y } \beta_2 = \frac{b}{L}$$

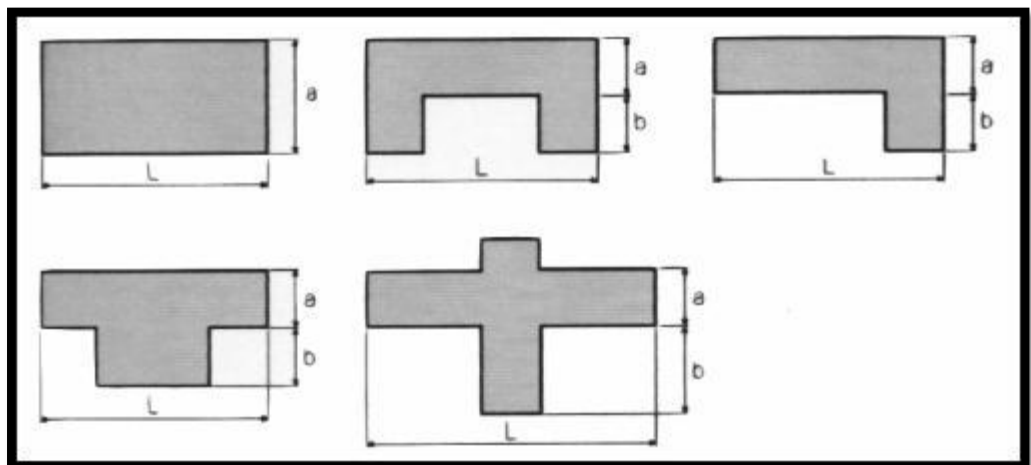


Figura N° 20: Configuración en Planta.

Fuente: **(Abanto Valdivia & Cardenas Cruz, 2015)**

Donde “a” representa la dimensión menor del edificio, “L” la dimensión mayor y “b” la dimensión de los elementos que sobresalgan de las dimensiones principales “a” y “L” de la planta.

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** Presenta una forma adecuada de configuración en planta, posee una configuración convexa en planta (sencilla), $\beta_1 \geq 0.8$ o $\beta_2 \leq 0.1$. **(Castro P., 2011, pág. 75)**
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** Presenta una forma adecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncava en

planta (compleja). $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ o $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$ (**Castro P., 2011, pág. 75**)

- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** Presenta una forma inadecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncava en planta (compleja). $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ o $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$ (**Castro P., 2011, pág. 75**)
- **Vulnerabilidad Alta (D):** Presenta una forma inadecuada de configuración en planta, posee una configuración cóncava en planta (compleja), $\beta_1 < 0.4$ o $\beta_2 > 0.3$ (**Castro P., 2011, pág. 75**)

7. Configuración en elevación

Toma en consideración la variación de masa en porcentaje $\pm \Delta M/M$ entre dos pisos sucesivos, siendo M la masa del piso más bajo y utilizando el signo (+) si se trata de aumento o el (-) si se trata de disminución de masa hacia lo alto del edificio. La anterior relación puede ser sustituida por la variación de áreas respectivas $\pm \Delta A/A$, evaluando en cualquiera de los dos casos el más desfavorable. (**Castro P., 2011, pág. 76**)

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** Edificio con $-\Delta A/A < 10\%$
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** Edificio con $10\% \leq -\Delta A/A < 20\%$
- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** Edificio con $-\Delta A/A \geq 20\%$
- **Vulnerabilidad Alta (D):** Edificio con $\Delta A/A > 0$

8. Separación máxima entre muros

Este parámetro toma en cuenta el espaciamiento máximo entre muros, el cual tiene en cuenta el espaciamiento excesivo posible entre muros ubicados transversalmente a los muros maestros.

La clasificación se define en función del factor L/S , donde S es el espesor del muro maestro y L es el espaciamiento máximo entre los muros transversales. (**Castro P., 2011, pág. 77**)

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** Estructura con valores de $L/S < 15$.
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** Estructura con valores de $15 \leq L/S < 18$.

- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** Estructura con valores de $L/S < 25$. **18**
- **Vulnerabilidad Alta (D):** Estructura con valores de $L/S \geq 25$.

9. Tipos de cubierta

Se tiene en cuenta la clase de “techo” de la edificación, teniendo en consideración su comportamiento ante solicitaciones de carga horizontales (sismo). Por otro lado, también se tiene en cuenta la “inestabilidad”, que se refiere a la falta de apoyo en uno de los extremos de la cubierta sobre un elemento estructural resistente, que puede ser un panel o una viga de soporte. Tampoco se considera estable si el apoyo es una viga de soporte muy esbelta y de poco peralte.

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** Losa de concreto con diseño Sismorresistente. (*Castro P., 2011*)
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** Losa de concreto sin diseño Sismorresistente.
- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** Liviana, por ejemplo eternit.
- **Vulnerabilidad Alta (D):** Pesada, con teja de barro u otros.

10. Elementos no estructurales

Este parámetro tiene en cuenta la presencia de parapetos, cornisas o cualquier otro elemento no estructural que pueda causar daño.

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** Edificios sin cornisa, parapetos ni balcones. Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales. (*Castro P., 2011, pág. 79*)
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** Edificios sin cornisa, pero con parapetos y/o balcones. Edificio con balcones que son extensiones de los forjados estructurales. (*Castro P., 2011, pág. 79*)

- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** Edificio con elementos externos a la estructura, de pequeña dimensión y mal conectados a la estructura principal. *(Castro P., 2011, pág. 79)*
- **Vulnerabilidad Alta (D):** Edificio con chimeneas o cualquier elemento externo a la estructura principal, de peso considerable y mal conectados estructura principal, que pueden caer en caso de terremotos, existiendo por ello un vínculo deficiente de dichos elementos a los paneles de mampostería. *(Castro P., 2011, pág. 79)*

11. Estado de conservación

Este parámetro evalúa las condiciones de conservación de la estructura, dándole especial énfasis a la presencia de fisuras o grietas en el sistema estructural.

Clasificación:

- **Vulnerabilidad Baja (A):** Muros en Buena condición, sin fisuras visibles, homogéneo en toda la estructura. *(Castro P., 2011, pág. 80)*
- **Vulnerabilidad Media Baja (B):** Muros que presentan fisuras leves, homogéneo en toda la estructura. *(Castro P., 2011, pág. 80)*
- **Vulnerabilidad Media Alta (C):** Muros con fisuras de tamaño medio entre 2 - 3 mm de ancho o que presentan un estado mediocre de conservación, los muros no son homogéneos en toda la estructura. *(Castro P., 2011, pág. 80)*
- **Vulnerabilidad Alta (D):** Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de más de 3 mm de ancho, los muros no son homogéneos en toda la estructura. *(Castro P., 2011, pág. 80)*

2.2.4.2 Método del índice de vulnerabilidad para estructuras de concreto armado

La categorización de las estructuras de C°A° es más estrecha, respecto a las edificaciones de albañilería, pues su clasificación va entre “A”, “B”, y “C”, teniendo solo tres tipos y no cuatro como las edificaciones de albañilería.

Una vez obtenida la clasificación se determinará el índice de vulnerabilidad I_v como sigue:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} (K_i \times W_i)$$

Los parámetros de evaluación se indican en la tabla N° 8, que se muestran a continuación:

Tabla N° 6: Escala numérica del índice de vulnerabilidad de los edificios de concreto armado (Benedetti y Petrini, 1984)

i	Parámetro	KiA	KiB	KiC	Wi
1	Organización del sistema resistente	0	6	12	1.00
2	Calidad del sistema resistente	0	6	12	0.50
3	Resistencia Convencional	0	11	22	1.00
4	Posición del edificio y cimentación	0	2	4	0.50
5	Diafragmas horizontales	0	3	6	1.00
6	Configuración en planta	0	3	6	0.50
7	Configuración en elevación	0	3	6	1.00
8	Conexión entre elementos críticos	0	3	6	0.75
9	Elemento de baja ductilidad	0	3	6	1.00
10	Elementos no estructurales	0	4	10	0.25
11	Estado de conservación	0	10	20	1.00

Fuente: (Ortega Villaizan, 2014)

Una vez obtenido el resultado determinaremos el grado de vulnerabilidad de la estructura, teniendo en consideración que a medida que el valor es mayor, más vulnerable es la estructura.

- **Calificación entre 0 – 10 Vulnerabilidad baja**, Son edificaciones donde se espera que puedan ocurrir daños moderados o leves, el sistema estructural de la edificación conserva gran parte de su resistencia y puede seguir siendo utilizado sin mayor temor a peligro. **(Castro P., 2011)**
- **Calificación entre 11 – 30 Vulnerabilidad media baja**, Son edificaciones donde pueden ocurrir daños importantes que, aunque

no colapsen las estructuras, es peligrosa su utilización a menos que sean rehabilitadas, porque puedan producir accidentes debido a caídas de bloques de albañilería o de concreto. **(Castro P., 2011)**

- **Calificación entre 31 – 60 Vulnerabilidad media alta**, Son edificaciones con mayor probabilidad de falla total o que presentan daños muy severos en su estructuración, además de ocasionar heridos graves y peligro de muerte a sus ocupantes. **(Castro P., 2011)**
- **Calificación mayor a 61 Vulnerabilidad alta**, son estructuras muy vulnerables y de falla inminente. **(Castro P., 2011)**

Descripción de los parámetros para determinar el índice de vulnerabilidad:

1. Organización del sistema resistente:

Si se tiene una construcción con muros de corte y ladrillos solidos muy bien confinados es clase A. ahora si se tiene una construcción con losa plana o vigas perdidas en las cuales se utilizó bloques de baja resistencia y tiene ventanas muy grandes es clase C. además debe cumplir con:

Clasificación:

- **Edificio clase (A):** Si el sistema resistente principal está constituido por muros de corte o mampostería armada o bien de un sistema de pórtico mixto de concreto armado y mampostería confinada que además cumpla con los siguientes requisitos: **(Ortega Villaizan, 2014)**
 - ✓ Está formada por elementos robustos (ladrillo macizo o semi macizo, bloques de muy buena calidad o piedra bien cortada) unidos con mortero de buena calidad.
 - ✓ Los huecos de un panel no superen el 30% de la superficie total del panel. Con relación a la ventana de la figura, si es clase A, se debe de cumplir en todas las ventanas que:

$$m*n \leq 0.3 * L*d$$

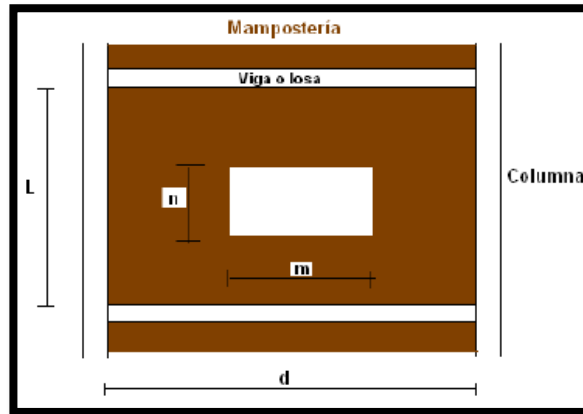


Figura N° 21: Organización del Sistema Resistente.

Fuente: (Ortega Villaizan, 2014)

- ✓ La relación entre la altura y el espesor de la mampostería sea inferior a 20:

$$\frac{L}{b} \leq 20$$

Dónde: "b" es el ancho de la mampostería.

- ✓ La mampostería en su parte superior no se encuentre a más de 1 cm., de la viga, para que no esté suelta la mampostería.
- ✓ La mampostería no sobresalga, respecto al filo extremo del pórtico más del 20% de su espesor. Con relación a la figura que se muestra, debe cumplir que:

$$S \leq 0.2 * b$$

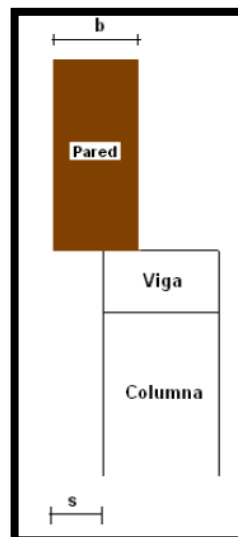


Figura N° 22: Organización del Sistema Resistente- I.

Fuente: (Ortega Villaizan, 2014)

- ✓ El área transversal A_c de las columnas de concreto armado en cm^2 adyacentes a la mampostería será mayor o igual a 25 veces el ancho de la mampostería expresada en cm . Se debe cumplir el área transversal de cada columna o columneta no de la suma.

Con respecto a la figura siguiente se debe cumplir:

$$A_c \geq 25 * b$$

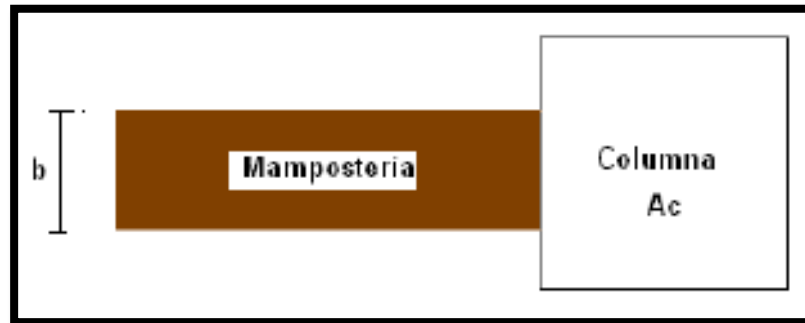


Figura N° 23 : Organización del Sistema Resistente- JI.
Fuente: (Ortega Villaizan, 2014)

- **Edificio clase (B):** Es una estructura conformada por vigas y columnas de concreto armado, sin muros de corte y muros de mampostería que no hayan cumplido con los requisitos de la Clase A y que cumplan con los siguientes requisitos.

$$m * n \leq 0.6 * L * d$$

$$\frac{L}{b} \leq 30$$

$$S \leq 0.2 * b$$

$$A_c \geq 25 * b$$

- **Edificio clase (C):** Pertenecen a esta categoría, las edificaciones que no clasificaron como B ni A.

2. Calidad del sistema resistente:

Evalúa el material utilizado, ya sea concreto, acero, como albañilería junto con los morteros utilizados además de tener en cuenta la calidad de ejecución de la obra a través de la mano de obra empleada. Para tener una mejor apreciación es conveniente saber hace que tiempo fue construido el edificio, en base a ese dato se podría inferir la calidad de los materiales utilizados. Con mayor cantidad de información ya se puede tener una idea de la calidad de

los materiales empleados en el sistema resistente. Además, se debe verificar que se cumpla lo siguiente:

- **Edificio clase (A):** Según (*Ortega Villaizan, 2014*) si se presenta las siguientes características:
 - ✓ El concreto utilizado parece de consistencia buena, dura al rayado y bien ejecutada.
 - ✓ No debe existir zonas de "hormiguero" debido a una mala vibración del concreto en su colocación.
 - ✓ Las barras de acero utilizadas son corrugadas y no se encuentran visibles en todos los elementos estructurales.
 - ✓ La mampostería está conformada por elementos compactos y el mortero utilizado para su unión no se hace migas fácilmente, el mortero utilizado es de buena calidad.
 - ✓ La información disponible elimina la posibilidad de una mala calidad de ejecución de la obra o de una modalidad constructiva errónea en la zona.
- **Edificio clase (B):** Es una edificación que no pertenece a la Clase "A" ni a la Clase "C".
- **Edificio clase (C):** Edificaciones que presentan al menos dos de las siguientes características. (*Ortega Villaizan, 2014*)
 - ✓ Concreto de mala calidad.
 - ✓ Varillas de refuerzo visibles y oxidadas.
 - ✓ Proyección incorrecta de juntas de construcción.
 - ✓ Albañilería de mala calidad.

3. Resistencia convencional:

Se evalúa el comportamiento de la edificación frente a sollicitaciones de cargas horizontales (sismo). Mediante operaciones sencillas se determina el parámetro α , que relaciona el cortante resistente V_r y el cortante actuante V_s .

$$\alpha = \frac{V_r}{V_s}$$

El cortante actuante o cortante basal V_s se determina de acuerdo a lo indicado en la norma E- 030 Diseño Sismorresistente.

- **Determinación del cortante resistente (V_r):** Se determinará con la siguiente relación.

$$V_r = \sum_{i=1}^n t$$

Dónde:

t = esfuerzo de corte, normalmente se obtiene la contribución al corte solo de las columnas. Para columnas de concreto armado el esfuerzo al corte se evalúa en forma aproximada con la siguiente ecuación.

$$t = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

En el cual:

$\phi = 0.85$, el esfuerzo de minoración.

f'_c = resistencia máxima a la compresión del concreto en kg/cm².

b, d= base y altura efectiva de la columna en el sentido de análisis.

Luego se tendrá la siguiente clasificación:

- ✓ **Edificio clase (A):**

$$a \geq 1.5$$

- ✓ **Edificio clase (B):**

$$0.7 \leq a < 1.5$$

- ✓ **Edificio clase (C):**

$$a < 0.7$$

4. Posición del edificio y cimentación:

Este parámetro se evaluó, por medio de una inspección visual, se tomó en cuenta la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio, para ello se tuvo en cuenta aspectos como: la consistencia y pendiente del terreno, y una eventual ubicación de la cimentación a diferente cota. La asignación de este parámetro de una de las tres clases, se realizó en base a las condiciones:

Clasificación:

- **Edificio clase (A):** Edificio cimentado sobre terreno estable, sin presencia de humedad con pendiente inferior o igual al 10%. La fundación está ubicada en una misma cota. (*Ortega Villaizan, 2014*)

- **Edificio clase (B):** Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno blando con pendiente comprendida entre 10% y un 20%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a un metro. **(Ortega Villaizan, 2014)**
- **Edificio clase (C):** Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 20% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 30%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a un metro. **(Ortega Villaizan, 2014)**

5. Diafragmas horizontales:

Se evalúa la rigidez de la losa en su propio plano y su correcta conexión con vigas y columnas. La rigidez es importante porque determina la magnitud de las deformaciones laterales y por tanto por ejemplo el nivel de daño a los elementos no estructurales.

La rigidez de la losa depende de factores tales como:

- La deformabilidad del diafragma es despreciable.
- Aberturas, ocasionan la aparición de zonas flexibles dentro de la losa.

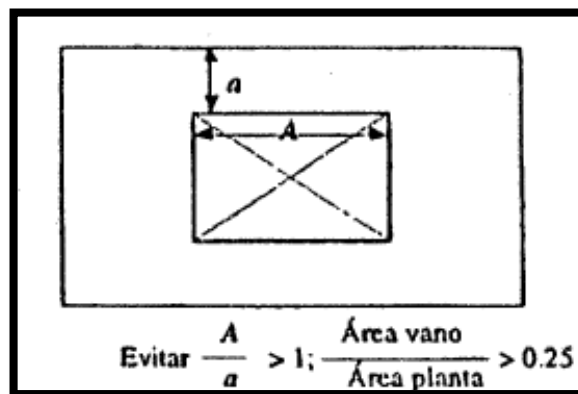


Figura N° 24: Vacíos recomendados para losas aligeradas.

Fuente: (Ortega Villaizan, 2014)

Clasificación:

- **Edificio clase (A):**
 - ✓ La deformabilidad del diafragma es despreciable.
 - ✓ La transmisión de cargas se da mediante la secuencia Losa – Vigas y Vigas – Columnas.
 - ✓ Los vacíos deben cumplir con lo recomendado líneas arriba.

- **Edificio clase (B):** Cumple por lo menos con 2 de las características del edificio de clase A.
- **Edificio clase (C):** No es clase A ni B.

6. Configuración en planta:

Se evalúa la forma e irregularidad en planta de la edificación según los siguientes parámetros:

- $\beta_1 = (a) / (L)$
- $\beta_2 = (e) / (d)$
- $\beta_3 = (\Delta d) / (d)$
- $\beta_4 = (c) / (b)$

que se determinan de acuerdo a las distancias indicadas en la figura N° 25.

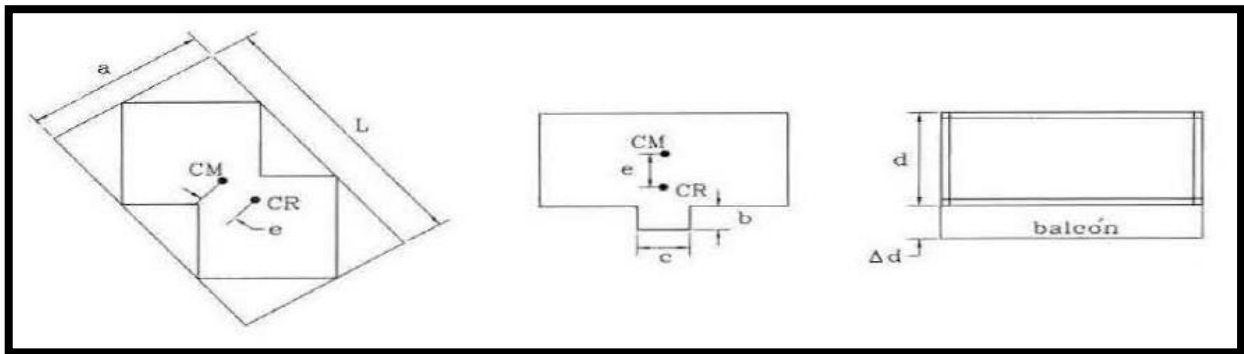


Figura N° 25 : Configuración en planta para edificaciones de C°A°.

Fuente: (Martínez Cuevas, 2014)

En la figura N° 25:

a = Dimensión menor del rectángulo que circunscribe a la estructura.

L = Dimensión mayor del mencionado rectángulo.

e = excentricidad.

d = menor dimensión en planta del edificio.

b y c = dimensiones de la protuberancia mayor de la edificación.

Cabe señalar que para “ β_2 ” y “ β_3 ” se toman sus valores máximos posibles, mientras que para β_4 el valor mínimo.

Clasificación:

- **Edificio clase (A):** Edificación con planta regular que satisface los siguientes requisitos. (Martínez Cuevas, 2014)
 - $\beta_1 > 0.4$
 - $\beta_2 < 0.2$
 - $\beta_3 < 0.1$
 - $\beta_4 > 0.5$

- **Edificio clase (B):** Es una edificación que no pertenece a la Clase "A" ni a la Clase "C". (Martínez Cuevas, 2014)
- **Edificio clase (C):** Edificaciones con planta irregular que verifica uno de los siguientes requisitos: (Martínez Cuevas, 2014)

$$\beta_1 < 0.2$$

$$\beta_2 > 0.4$$

$$\beta_3 > 0.2$$

$$\beta_4 < 0.25$$

7. Configuración en elevación:

Este parámetro evalúa las irregularidades de la estructura en elevación, y la variación de masa y rigidez de entrepisos.

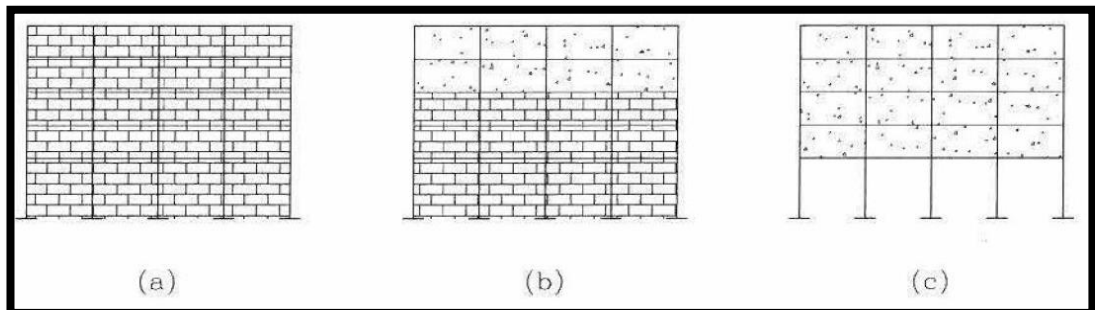


Figura N° 26: Ejemplos de variaciones de KL de unas edificaciones con sus entrepisos.
Fuente: (Martínez Cuevas, 2014)

Las variaciones de rigidez pueden producirse debido a un cambio del material utilizado en el sistema resistente y a la no continuidad de los elementos estructurales verticales resistentes.

Clasificación:

- **Edificio clase (A):** La estructura no presenta variaciones significativas del sistema resistente entre dos pisos consecutivos. (Martínez Cuevas, 2014)
- **Edificio clase (B):**
Edificio que no cumple con los requisitos especificados para su calificación en las clases de calidad A o C. (Martínez Cuevas, 2014)
- **Edificio clase (C):**
Edificio con variaciones en elevación el sistema resistente, tanto en lo referente a su organización como en la cantidad, calidad y tipo de los elementos resistente utilizados; edificio con una diferencia de masa superior al 20% entre pisos consecutivos; edificio sin variaciones significativas del sistema resistente, pero con un aumento de masa superior a un 40% entre dos pisos consecutivos. (Martínez Cuevas, 2014)

8. Conexión con elementos críticos:

Se evalúa que la estructura existente cumpla con los "supuestos" asumidos en el proceso de diseño estructural, para ello se debe cumplir con los siguientes puntos:

- La relación $\lambda_1 = \frac{S}{b}$:

Dónde:

S= Distancia de la protuberancia de la viga.

b = Ancho columna.

Si la viga es más ancha que la columna es vulnerable, concretamente se debe cumplir que $b_v \leq 0.75 b_c$, el espacio que hay entre el borde de la viga y el extremo de la columna sea menor que 10cm.

Como se muestra en la figura se tiene dos casos una viga - columna Clase "C" ala izquierda una unión Clase "A", a la derecha.

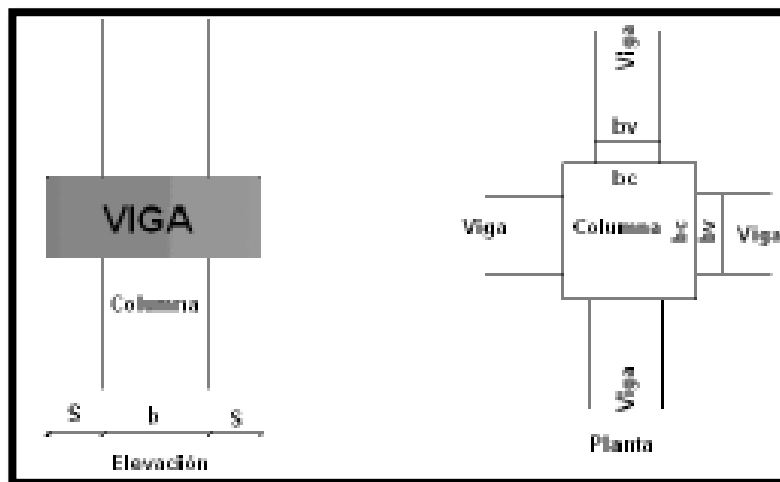


Figura N° 27: Conexión Viga- Columna segura 1.

Fuente: (Ortega Villaizan, 2014)

- La relación $\lambda_2 = \frac{e}{b'}$, que relaciona la excentricidad entre los ejes de la viga y la columna con respecto al valor menor del ancho de la columna o del ancho de la viga. El valor de λ_2 será el mayor valor que se tenga en una unión viga - columna. En la figura se muestra a la izquierda las variables involucradas.

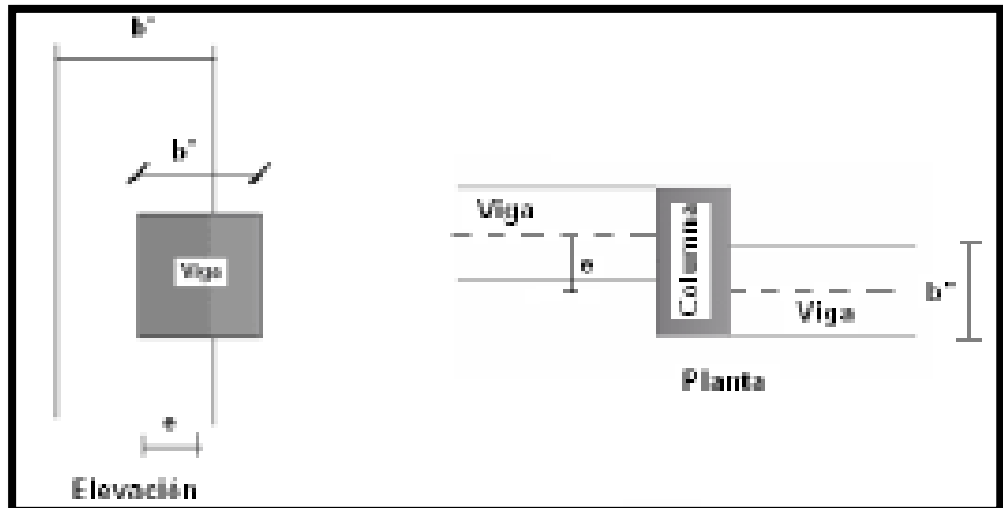


Figura N° 28: Conexión Viga- Columna segura 2
Fuente: (Ortega Villaizan, 2014)

- La relación $\lambda_3 = \frac{e}{b''}$, que relaciona la excentricidad entre los ejes adyacentes a una columna y el ancho de la viga en planta. Se debe evaluar para el nudo en que esta relación sea mayor. En la figura se muestra a la derecha las variables involucradas. **(Ortega Villaizan, 2014)**

Clasificación:

- **Edificio clase (A):** La conexión viga - columna es buena, cuando satisface las siguientes condiciones.

$$\begin{aligned} \lambda_1 &< 0.2 \\ \lambda_2 &< 0.2 \\ \lambda_3 &< 0.3 \end{aligned}$$

Además, deberá verificar que la dimensión de una columna sea mayor a 25 cm.

- **Edificio clase (B):** No pertenece a la clase "A" ni a la clase "C".
- **Edificio clase (C):** Calidad deficiente de la unión viga- columna, si se verifica uno de los siguientes casos:
 - ✓ Más del 70% de los elementos resistentes no satisfacen los requisitos de la Clase "A".
 - ✓ Más del 30% de los elementos de la unión viga- columna cumple con:
 - El ancho de la viga es mayor que el ancho de la columna en un 40%.

- La excentricidad entre los ejes de la viga y la columna supera el 30% del mínimo ancho de cualquiera de los elementos.
- Los ejes de las vigas que llegan al nudo, distan en planta más del 40% de la dimensión transversal de la columna.
- La dimensión mínima de una columna es menor a 25 cm.

9. Elementos con baja ductilidad:

Se refiere a la existencia de columnas cortas, que en varios sismos ha sido la falla más frecuente que se produce. En la siguiente figura se presenta un caso muy frecuente de columnas cortas y se presenta en diferentes estructuras con malos resultados después de un sismo, estos son elementos de elevada ductilidad.

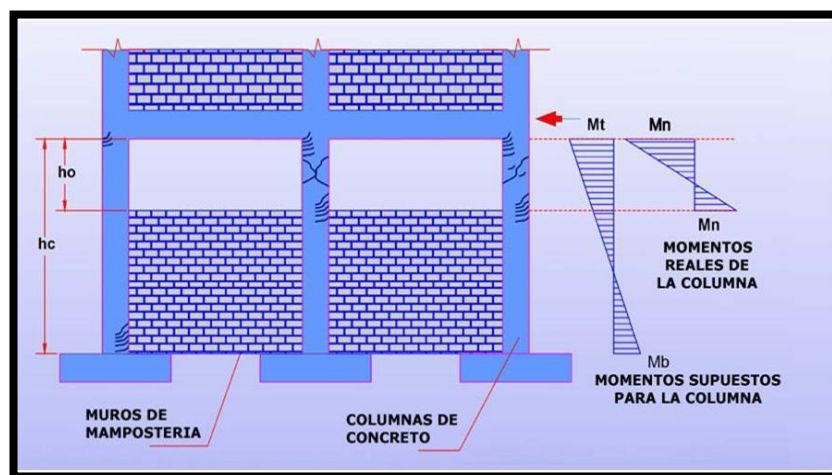


Figura N° 29: Mecanismo de falla de la columna corta.
Fuente: (Soto Rodriguez, 2006)

Clasificación:

- **Edificio clase (A):** No tiene elementos cortos.
- **Edificio clase (B):** Cuando la columna corta tiene una altura (h_0), mayor a la mitad de la altura total de la columna (h_c).

$$h_0 > \frac{h_c}{2}$$

- **Edificio clase (C):** Cuando la columna corta tiene una altura (h_0), menor a la mitad de la altura total de la columna (h_c).

$$h_0 < \frac{h_c}{2}$$

10. Elementos no estructurales:

Aquí fundamentalmente se siguen criterios de estabilidad que reduzcan el riesgo de caída de estos elementos sobre los ocupantes de la edificación o sobre los transeúntes. **(Ortega Villaizan, 2014)** Puede ser el caso de chimeneas mal construidas o revestimientos de piedra en las paredes.

Clasificación:

- **Edificio clase (A):** Los elementos externos están anclados de manera eficiente. Los elementos internos son estables, aunque no estén anclados.
- **Edificio clase (B):** Los elementos externos son estables, pero con anclajes o conexiones poco fiables. Puede ser el caso de cornisas en las fachadas de las edificaciones.
- **Edificio clase (C):** Edificaciones cuyos elementos externos son inestables y mal conectados o que no son clasificables como clase "A" o "B".

11. Estado de conservación:

Clasificación:

- **Edificio clase (A):** Edificación cuyas columnas, vigas, losas y mampostería, no se encuentran fisuradas. No hay rajaduras en paredes que induzca a pensar en asentamientos del suelo. Se garantiza estabilidad baja cargas sísmicas. **(Ortega Villaizan, 2014)**
- **Edificio clase (B):** Edificación que no clasifica como Clase "A" o como "C". **(Ortega Villaizan, 2014)**
- **Edificio clase (C):** Más del 30% de los elementos principales se encuentran fisurados. La losa tiene fisuras, se presentan daños en la cimentación. **(Ortega Villaizan, 2014)**

2.2.5 Sistemas Estructurales de la Infraestructura educativa peruana

Los edificios educativos peruanos identificados como más representativos a nivel nacional según INFES (Instituto Nacional de Infraestructura Educativa y Salud) son:

- Edificio 780 post NDSR-1997
- Edificio 780 pre NDSR-1997
- Edificio Gran Unidad Escolar
- Edificio Adobe

2.2.5.1 Edificio 780 post NDSR-1997

En 1997 la norma peruana de diseño Sismorresistente sufrió una actualización importante que trajo como consecuencia un cambio notorio en el sistema estructural de las edificaciones educativas. El aumento en los requerimientos de rigidez de esta norma ocasionó que en los nuevos edificios se incrementaran las dimensiones de las columnas y vigas.

A partir de 1997 el gobierno empezó a construir edificios educativos significativamente más robustos a los que denominaremos edificio 780 pos NDSR-1997.

Este edificio 780 post NDSR-1997 es un edificio de concreto armado y albañilería que tiene una planta rectangular, con uno a tres niveles y 2 a 5 aulas por piso. Las aulas son cuadradas de 7.80m de lado aproximadamente. Este edificio también se utiliza para oficinas, bibliotecas y laboratorios con tabiques divisorios.

Las ventanas y puertas se ubican en las fachadas longitudinales, la comunicación se da por un corredor longitudinal y el acceso al segundo y tercer nivel es por una caja de escaleras separada estructuralmente del edificio. Los alfeizares de las ventanas son tabiques separados de las columnas mediante juntas de aproximadamente 1".

El techo del edificio 780 post NDSR-1997 en la costa es horizontal y en zonas lluviosas inclinado a dos aguas. En la mayoría de los casos los techos son losas aligeradas. (**Velásquez Vargas, 2006**)

Cabe recalcar que los edificios educativos hechos con la norma Sismorresistente peruana de 1997 no reportaron daños después del terremoto de Arequipa del 2001 (magnitud de 8.4).

2.2.5.2 Edificio 780 pre NDSR-1997

La arquitectura del edificio 780 pre NDSR-1997 es similar a la del edificio 780 actual. Este edificio tiene una planta rectangular de 2 a 5 aulas adyacentes por nivel y difiere del edificio 780 post en que solo tiene 1 o 2 niveles, y fundamentalmente en que tiene columnas y vigas de menores dimensiones. **(Astorga & Aguilar, 2006)**

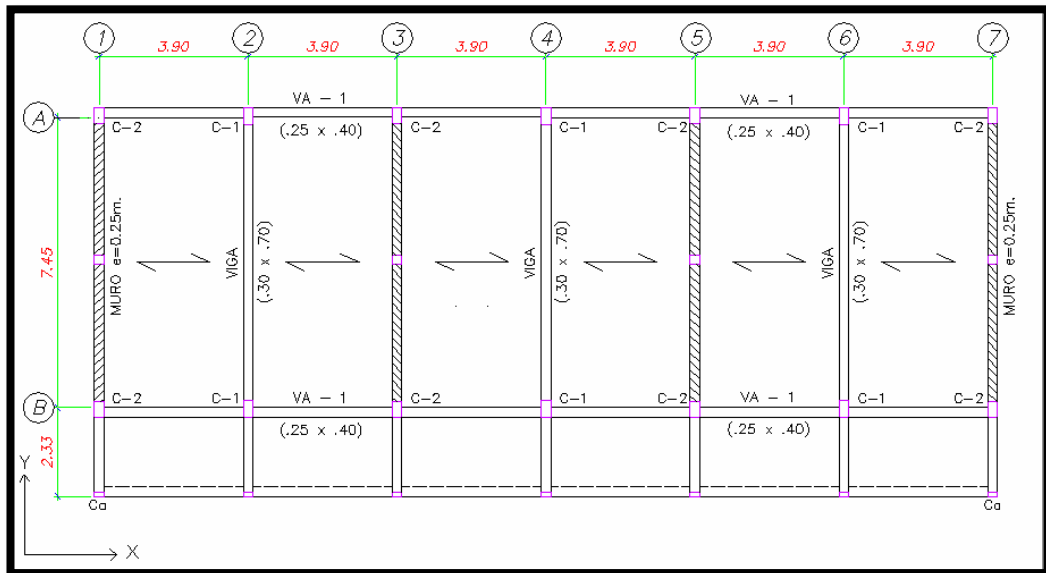


Figura N° 30: Vista en planta del sistema estructural del edificio 780 pre NDSR 1997

Fuente: (Astorga & Aguilar, 2006)

El sistema Sismorresistente en el sentido longitudinal (X-X en la figura 1), consiste en 2 pórticos de concreto armado (ejes A y B) con columnas y vigas de poco peralte. En la dirección transversal (Y-Y) el sistema Sismorresistente está constituido fundamentalmente por muros de albañilería confinada.

2.2.5.3 Edificio Gran Unidad Escolar

Estos edificios están hechos de concreto armado y albañilería, tienen una planta rectangular generalmente de dos o tres niveles y 4 a 6 aulas por piso. Las aulas son rectangulares y presentan grandes dimensiones, generalmente 10.00m de largo por 6.70m de ancho. **(Astorga & Aguilar, 2006, pág. 15)**



Figura N° 31: (Astorga & Aguilar, 2006)

2.2.5.4 Edificio Adobe

Los edificios de adobe generalmente se construyen por las asociaciones de padres de familia de cada centro educativo, sin planificación ni dirección técnica calificada. Los organismos gubernamentales encargados de la planificación de infraestructura educativa no cuentan con datos exactos sobre el número de estos edificios. **(Astorga & Aguilar, 2006, pág. 17)**

2.3 Definiciones Conceptuales

- ✓ **Peligro Sísmico:** El peligro sísmico (o peligrosidad sísmica) de una región se denomina a la probabilidad de que se produzcan en ella movimientos sísmicos de una cierta importancia en un plazo determinado. **(Wikipedia, Peligro Sísmico, 2018)**
- ✓ **Vulnerabilidad Sísmica:** La vulnerabilidad sísmica de una edificación es una magnitud que permite cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo. **(Wikipedia, Vulnerabilidad sísmica, 2017)**
- ✓ **Riesgo Sísmico:** En el riesgo sísmico influyen la probabilidad de que se produzca un evento sísmico o terremoto, los posibles efectos locales de amplificación de las ondas sísmicas, la vulnerabilidad de las construcciones (e instituciones) y la existencia de habitantes y bienes que puedan ser perjudicados. **(Wikipedia, Riesgo sísmico, 2018)**
- ✓ **Diafragma Estructurales:** Elementos estructurales, tales como las losas de piso, que transmiten las fuerzas de inercia a los elementos del sistema de resistencia sísmica. **(Macetas Porras, 2016)**

- ✓ **Índice de Vulnerabilidad Sísmica:** Determina el nivel de daño que pueden alcanzar las edificaciones, calculado en función a las características de su estructura.
- ✓ **Sismo:** Sacudida de la tierra que consiste en una serie de vibraciones en la superficie como consecuencia del movimiento de las capas interiores de la tierra. **(Significados.com, 2017)**
- ✓ **Sismología:** Es la ciencia y estudio de los sismos, sus causas, efectos y fenómenos asociados. **(Alva Sarmiento, 2016, pág. 2)**
- ✓ **Sismicidad:** Es la frecuencia de ocurrencia de sismos por unidad de área en una región dada. A menudo esta definición es empleada inadecuadamente, por lo que se define en forma más general como "la actividad sísmica de una región dada", esta última definición implica que la sismicidad se refiere a la cantidad de energía liberada en un área en particular. **(Alva Sarmiento, 2016, pág. 2)**
- ✓ **Amenaza Sísmica:** Es el valor esperado de futuras acciones sísmicas en el sitio de interés y se cuantifica en términos de una aceleración horizontal del terreno esperada, que tiene una probabilidad de excedencia dada en un lapso de tiempo predeterminado. **(Alva Sarmiento, 2016, pág. 3)**
- ✓ **Epicentro:** Punto que se encuentra en la superficie de la tierra inmediatamente por encima del foco. **(Alva Sarmiento, 2016, pág. 3)**

2.4 Formulación de la Hipótesis

En la Investigación que corresponde a este Proyecto de tesis, No se Planteara ninguna hipótesis por el hecho de que su planteamiento de problema define un alcance Descriptivo y además la metodología utilizada (Índice de Vulnerabilidad), tiene un enfoque cualitativo.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño Metodológico

3.1.1 Tipo

La presente investigación es de tipo **Descriptivo no Experimental**, por cuanto se describe las condiciones estructurales y otras características de la Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones

3.1.2 Nivel

El método utilizado para la presente investigación es la del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, cuyo nivel es **Cualitativo**, pues este método está diseñado para evaluar de manera rápida y sencilla un grupo de edificaciones diversas, y recurre a descripciones cualitativas a través de términos como vulnerabilidad baja, media baja, media alta, y alta.

3.2 Población y Muestra

- **Población**

La Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones (Edificaciones)

- **Muestra**

Los pabellones de oficinas administrativas y aulas (Pabellón A, B y C según figura N° 33)

3.3 Operacionalización de Variables e Indicadores

Ver cuadro adjunto. Tabla N° 07.

Tabla N° 7 : Operacionalización de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
NIVELES DE VULNERABILIDAD SISMICA	Los niveles de vulnerabilidad sísmica, se debe a la vulnerabilidad sísmica que es una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propia comportamiento ante la ocurrencia de un sismo y descrito a través de una ley, causa-efecto donde la causa es el sismo y el efecto es el daño (Sandi, 1986)	Los niveles de vulnerabilidad sísmica se determinan a partir de parámetros de evaluación definidos en la metodología del índice de vulnerabilidad	Diseño Sísmico Estructural	Normas de Diseño	- Las edificaciones fueron diseñadas bajo reglamentos obsoletos
				Estructuración	- Las edificaciones presentan fallas por mala concepción estructural.
			Proceso Constructivo	Mano de obra	- Se evalúan las estructuras construidas teniendo en consideración el RNE (espesor de juntas de albañilería, verticalidad de elementos estructurales, etc)
				Calidad de materiales	- Los ladrillos son homogéneos y de buena calidad y el concreto presenta consistencia y resistencia al rayado.
			Conservación de la estructura	Mantenimiento	- Las edificaciones reciben mantenimiento regularmente.
				Reforzamiento	- Las edificaciones no han sido modificadas estructuralmente desde su concepción.
			Fundación de la estructura	Calidad de suelo	- Tipo de suelo de fundación.
				Topografía	- Pendiente del terreno de cimentación.

Fuente: (Elaboracion propia)

3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas a emplear

Las técnicas a utilizar en la presente investigación son:

a) Observación directa:

Para la toma de datos se hizo un recorrido por cada ambiente de la Institución educativa N° 20475 – Los Pelones, evaluando los parámetros contenidos en la ficha de trabajo, que son los señalados por la metodología aplicada.

b) Análisis documental:

Con el objetivo de conseguir un fundamento del problema de investigación para el presente trabajo de tesis, se revisará las fuentes escritas (textos, tesis, etc) vinculadas al tema de estudio

Los procedimientos:

a) Recolección de información:

Con el fin obtener y ampliar conocimientos generales sobre la vulnerabilidad sísmica, riesgo sísmico y temas a fines, se hizo la búsqueda y recopilación de libros y documentos digitales que contengan información, a fin de realizar un correcto desarrollo del tema de investigación.

b) Ficha de Trabajo:

Para determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa N° 20475 – los Pelones, se utilizó fichas de trabajo las cuales fueron elaboradas de tal manera que se pueda obtener todos los datos necesarios para aplicar el método de Benedetti y Petrini.

c) Visita a campo:

Con las fichas de trabajo ya elaboradas se procedió a realizar las visitas a la Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones, para la recolección de datos necesarios para la aplicación del método de Benedetti y Petrini.

3.4.2 Descripción de los Instrumentos

- a) Cuaderno de Notas:
Se utilizó un cuaderno de notas para apuntar datos relevantes que se obtengan del trabajo de campo.
- b) Ficha de trabajo:
Es una ficha donde se indican y desarrollan los parámetros propuestos por Benedetti y Petrini para la determinación del índice de vulnerabilidad.

3.5 Técnicas para el procesamiento de la información

- A. Para el análisis de datos obtenidos se seguirá el siguiente procedimiento:
 - a. Selección de la Información
 - b. La información obtenida se ordenó y clasificó adecuadamente conforme a criterios y parámetros elegidos por el estudio.
 - c. Para su presentación se hizo tablas que permitan una mejor visión de entendimiento al lector.
- B. Para el procesamiento de datos se usó lo indicado por Benedetti y Petrini:
 - a. Teniendo en cuenta el método del índice de vulnerabilidad cuenta con 11 parámetros de evaluación se hizo la clasificación de cada parámetro según corresponda.
 - b. De acuerdo a la clasificación asignada, se le dió un valor numérico a cada parámetro.
 - c. Una vez obtenida estos valores, se calcula la vulnerabilidad total de la edificación mediante una suma ponderada, a este valor se conoce como índice de vulnerabilidad.
 - d. Se puede estimar el nivel de daño que pueda sufrir una edificación a partir del índice de vulnerabilidad, pudiendo así determinarse el grado de vulnerabilidad de las estructuras.
- C. Luego para la discusión de resultados se utilizó el diseño sísmico dinámico espectral definido por la norma E-030, a fin de comparar resultados con los del método italiano.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Resultados

Para la evaluación se consideró las aulas y oficinas administrativas de la Institución educativa N° 20475, descartándose los 2 baños existentes por tratarse de áreas pequeñas y por ser estructuras de un solo piso, teniéndose 3 bloques (pabellones) de acuerdo a la figura N° 33, de esta manera se realizó la evaluación individual de cada bloque para determinar su nivel de vulnerabilidad.



Figura N° 32 : Fachada de la I.E. N° 20475

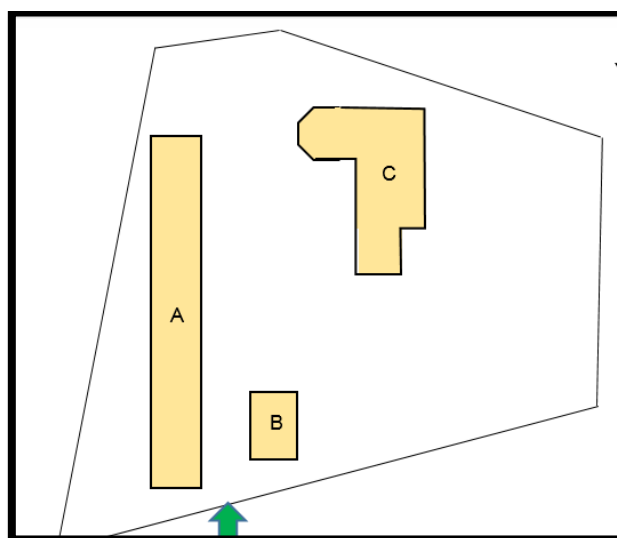


Figura N° 33: Esquemmatización de la I.E. N° 20475

4.1.1 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del bloque A:

El bloque "A", es la combinación de 2 módulos del sistema 780 pre NDSR 1997, que según los planos estructurales a los que se tuvo alcance debieron ser separados (3 aulas por módulo) y una escalera por módulo también separada, sin embargo, en la realidad física los módulos permanecen conectados por un mismo diafragma dándose el siguiente caso:

Figura N° 34: Bloque A según plano de Estructura INFES 1993

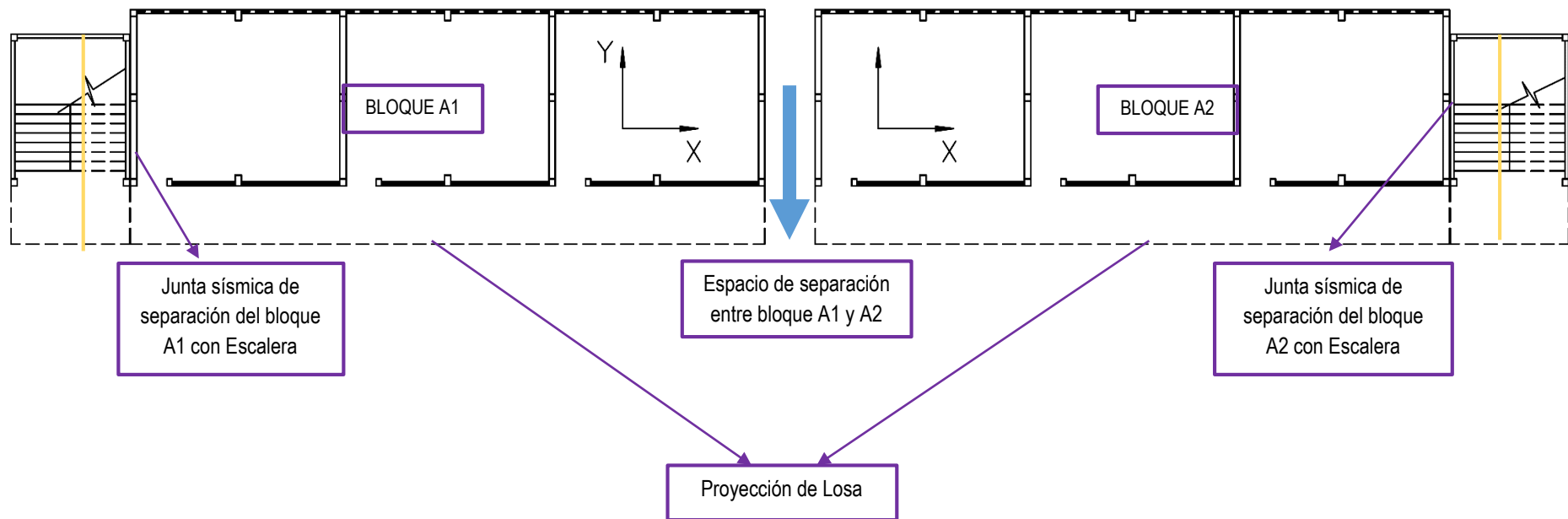


Figura N° 35: Bloque A según realidad física

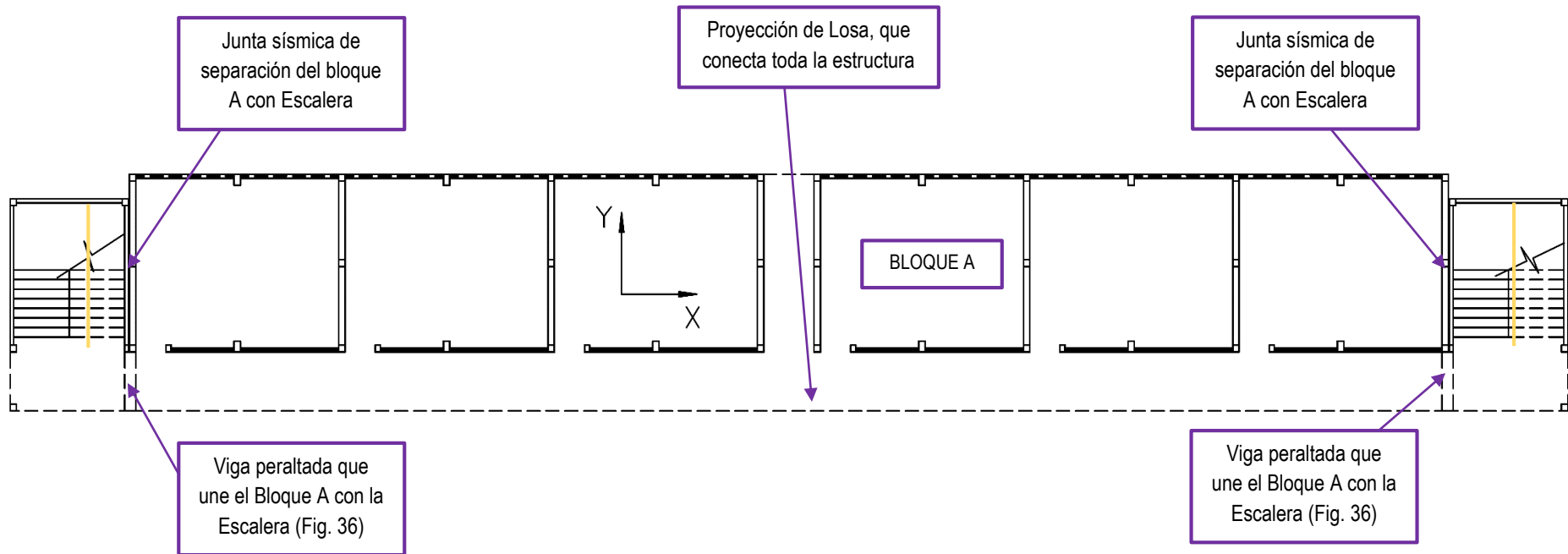




Figura N°36: Viga Peraltada que une el bloque A con la Escalera



Figura N° 37: Vista Frontal del Bloque A

Como podemos observar en la figura 34 y 35, los que debieron ser el bloque A1 y el bloque A2 permanecen unidos mediante una misma losa aligerada, además las escaleras se unen a estos bloques mediante una viga peraltada que comparten la edificación y la escalera, por ende, esta estructura será evaluada como un solo bloque al que se le denominará bloque A.

a) **Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Bloque A en la dirección del eje "X":**

Como se puede apreciar en la figura N° 35 el sistema estructural Sismorresistente de la edificación en la dirección X está basada principalmente en pórticos de concreto armado (pues si bien la albañilería aporta rigidez a la estructura no puede ser considerada "muro portante", ya que no es continuo verticalmente), como es común en los sistemas escolares 780 pre NDSR 97, a la que pertenece dicho pabellón, pues si bien no se tiene la fecha exacta de la construcción de la edificación lo podemos deducir por la fecha que se indica en los planos (1993), además de la estructuración visualizada en campo; por ende, se utilizará el Método de Índice de Vulnerabilidad para Edificaciones de C°A°, de esta manera utilizaremos los 11 parámetros descritos en la sección anterior pudiéndose clasificar cada una como: A, B o C, siendo A el menos vulnerable y C el más vulnerable.

❖ **Organización del sistema resistente (1):**

Es un edificio de clase C, porque las ventanas representan un área mayor al 60% del paño de albañilería (Alféizar de las ventanas).



Figura N° 38: *Bloque A - Ventanas que abarcan más del 60% del paño de un muro*

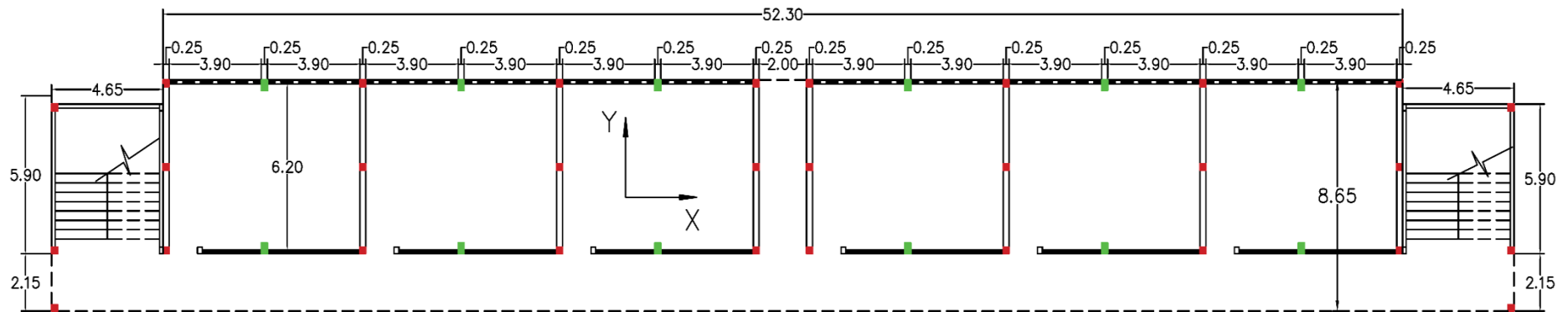
❖ **Calidad del sistema resistente (2):**

Es un edificio de clase C, porque el concreto empleado según los planos de Estructura a los que se tuvo acceso es de baja resistencia, 175 Kg/cm² que es adecuado para edificaciones de albañilería, sin embargo, para este caso y/o dirección de análisis en el que los elementos resistentes son solo los pórticos de concreto armado resulta ser una resistencia insuficiente, además al lado de la escalera se encontraron varillas de acero visibles.

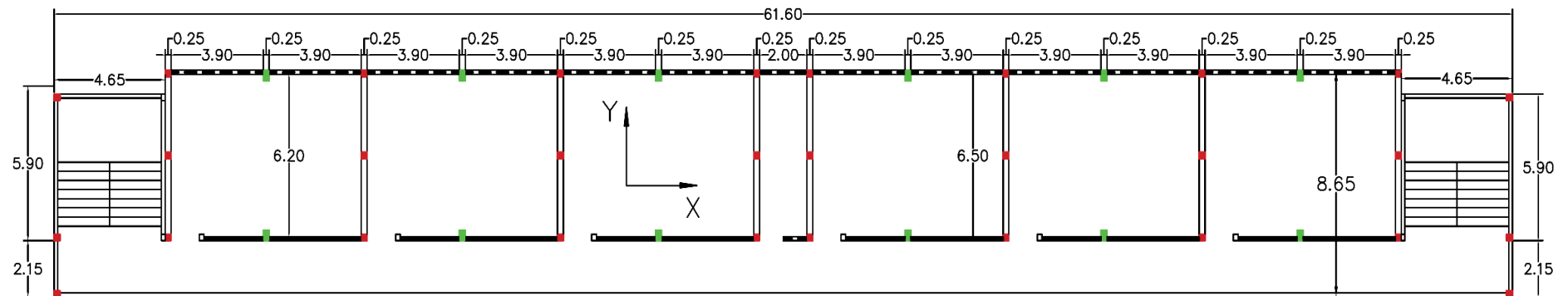


Figura N° 39: *Bloque A - Acero visible al lado de las escaleras.*

❖ **Resistencia convencional (3):** Es una edificación de Clase C, según se indica líneas debajo.



Croquis Primer Piso Bloque A



Croquis Segundo Piso Bloque A

- Columnas Tipo C1 – b x h = 25cm x 25cm
- Columnas Tipo C2 – b x h = 40cm x 25cm

Evaluación de la Resistencia Convencional para Edificaciones de Concreto Armado			
Parámetro de evaluación =	α	=	V_r/V_s
	V_r	=	Cortante resistente en la base
	V_s	=	Cortante Basal
Clasificación según parámetro evaluado			
- Edif. Clase A - Vulnerabilidad Baja	$\alpha \geq 1.5$		
- Edif. Clase B - Vulnerabilidad Media	$0.7 \leq \alpha < 1.5$		
- Edif. Clase C - Vulnerabilidad Alta	$\alpha < 0.7$		
Evaluación Bloque "A"			
- Cálculo de la cortante resistente			
Elemento =	Columna C1	Elemento =	Columna C2
Cantidad =	30.00 und	Cantidad =	12.00 und
b =	25.00 cm	b =	40.00 cm
h =	25.00 cm	h =	25.00 cm
d =	21.00 cm	d =	21.00 cm
f_c =	175.00 Kg/cm ²	f_c =	175.00 Kg/cm ²
ϕ =	0.85	ϕ =	0.85
Aporte de Cortante =	93.86 Tn	Aporte de Cortante =	60.07 Tn
Cortante resistente - V_r			
V_r =	153.94 Tn		
- Cálculo de la cortante basal - V_s			
Z (Zona 4) =	0.45	C =	2.50
U (cat. A) =	1.50	R =	8.00
S (S3) =	1.10	Peso por metro cuadrado =	1500.00 Kg/m ²
Hn =	6.40 m	Area Piso 1 =	527.26 m ²
Ct =	35.00	Area Piso 2 =	452.40 m ²
T =	0.18	Pe =	1469.49 Tn
Tp =	1.00		
TL =	1.60		
Cortante basal - V_s			
V_s =	340.97 Tn		
- Cálculo del parámetro $\alpha = V_r / V_s$			
α =	0.45	- Edif. Clase C - Vulnerabilidad Alta	

❖ **Posición del edificio y cimentación (4):**

Es un edificio de clase A, ya que según los planos de estructuras el nivel de fondo de cimentación se encuentra a un mismo nivel y la pendiente del terreno es de aproximadamente 0%.

❖ **Diafragmas Horizontales (5):**

Es un edificio de clase B, porque:

- ✓ Se trata de una losa de Concreto Armado.
- ✓ El área de vacío (área de la escalera) representa menos del 25% del área en planta.
- ✓ La relación Largo / Ancho de la edificación es de 7 (61.60m/8.65m), por lo que la deformabilidad del diafragma no es despreciable y no se puede considerar un diafragma rígido.
- ✓ La transmisión de cargas se da siguiendo la secuencia Losa – Viga y Viga – Columna.

❖ **Configuración en planta (6):**

Es un edificio de clase B, porque:

- $\beta_1 = a/L = 8.65m / 61.60m = 0.14$
- $\beta_2 = e/d = 0.00m / 8.65m = 0.00$
- $\beta_3 = \Delta d/d = 2.15m / 6.50m = 0.33$
- $\beta_4 = c/b = 0.00$

❖ **Configuración en elevación (7):**

Es un edificio de clase A, pues la estructura carece de alguna variación significativa del sistema resistente entre sus pisos consecutivos.

❖ **Conexión entre elementos críticos (8):**

Es un edificio de clase A, porque la conexión viga-columna es buena, pues todos los valores de λ es igual a cero, pues no existe longitud saliente de la viga sobre la columna y la excentricidad entre ejes de viga y columna es igual a cero.



Figura N° 40: Bloque A – Conexión Viga Columna

❖ **Elemento de baja ductilidad (9):**

Es un edificio de clase C, porque la altura de la columna corta (h_0) es menor a la mitad de la altura total de la columna (h_c).

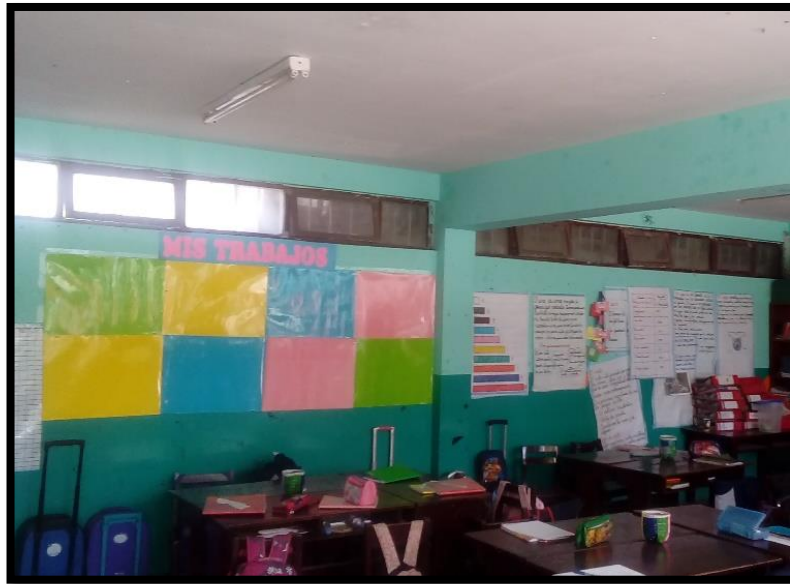


Figura N° 41: Bloque A – Presencia de Columnas Cortas

❖ **Elementos no estructurales (10):**

Es un edificio de clase A, porque según los planos estructurales a los que se tuvo acceso el parapeto está correctamente anclado a la viga mediante columnas de confinamiento y en campo se verificó la existencia de éstas.



Figura N° 42: Bloque A – Presencia de columnas de confinamiento de parapetos

❖ Estado de conservación (11):

Es un edificio de clase A, ya que, en la verificación en campo no se encontraron rajaduras que evidenciaran alguna falla estructural, En las siguientes imágenes se muestra el estado actual de dicho pabellón.



Figura N° 43: Bloque A – Vista Interior de aulas



Figura N° 44 : Bloque A – Voladizo

Tabla N° 8: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “A” en la dirección del eje “X”:

i	Parámetro	Ki	Valor de Ki	Wi	WixKi
1	Organización del sistema resistente	C	12	1	12.00
2	Calidad del sistema resistente	C	12	0.5	6.00
3	Resistencia Convencional	C	22	1	22.00
4	Posición del edificio y cimentación	A	0	0.5	0.00
5	Diafragmas horizontales	B	3	1	3.00
6	Configuración en planta	B	3	0.5	1.50
7	Configuración en elevación	A	0	1	0.00
8	Conexión entre elementos críticos	A	0	0.75	0.00
9	Elemento de baja ductilidad	C	6	1	6.00
10	Elementos no estructurales	A	0	0.25	0.00
11	Estado de conservación	A	0	1	0.00
				$\Sigma WixKi =$	50.50

Fuente: (Elaboracion propia)

El valor hallado es 50.50, por lo tanto, el bloque A en la dirección longitudinal, “X”, presenta una Vulnerabilidad Media Alta.

b) Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Bloque A en la dirección del eje “Y”:

Como se puede apreciar en la figura N° 35 el sistema estructural Sismorresistente en la dirección Y de la edificación está basada principalmente en albañilería confinada, como es común en los sistemas escolares 780 pre NDSR 97, a la que pertenece dicho pabellón, pues si bien no se tiene la fecha exacta de la construcción de la edificación lo podemos deducir por la fecha que se indica en los planos (1993), además de la estructuración visualizada en campo; por ende, se utilizará el Método de Índice de Vulnerabilidad para Edificaciones de Albañilería No Confinada, de esta manera utilizaremos los 11 parámetros descritos en la sección anterior pudiéndose clasificar cada una como: A, B, C o D, siendo A el menos vulnerable y D el más vulnerable.

❖ Organización del sistema resistente (1):

Es un edificio de clase A, Porque todos los muros de albañilería se encuentran confinados por vigas y columnas de amarre.



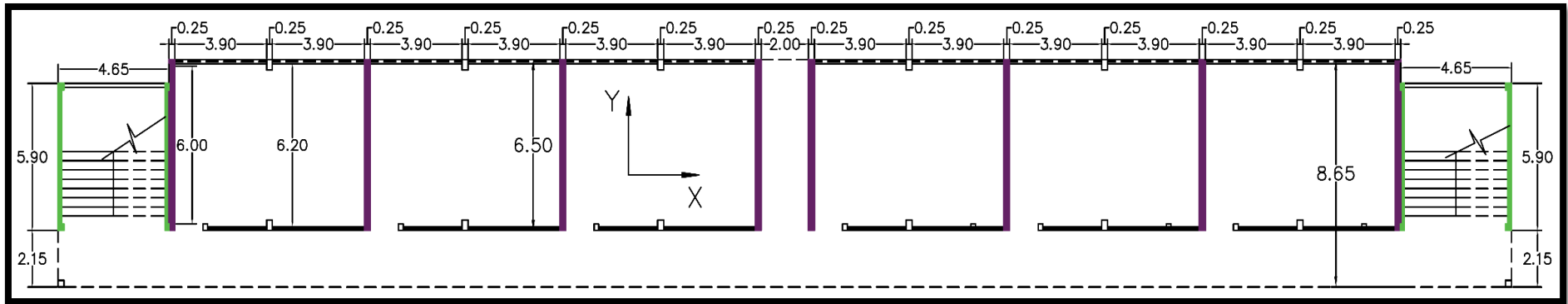
Figura N° 45: Bloque A – Vista frontal

❖ Calidad del Sistema Resistente (2):

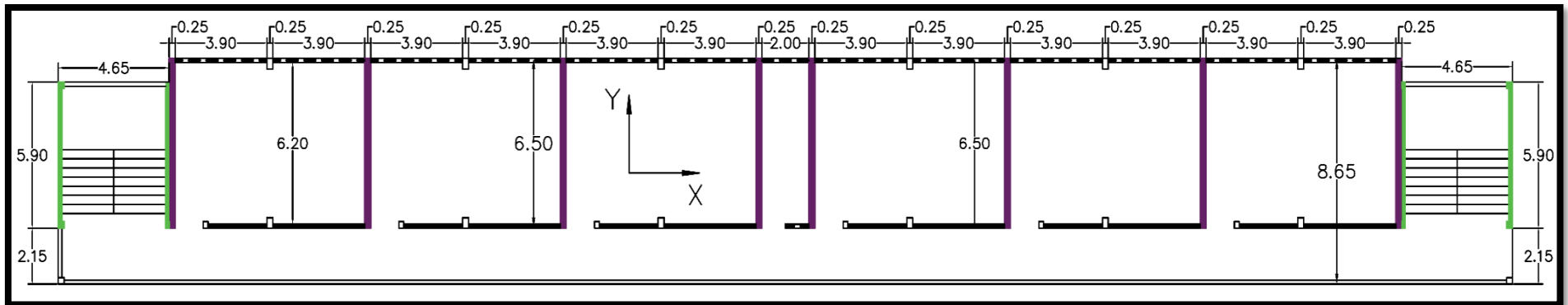
Es un edificio de clase B, debido al tarrajeo solo se pudo constatar la verticalidad de los muros, pero se puede asumir que las unidades de ladrillo utilizados son homogéneas y de dimensiones constantes debido a que fue un proyecto desarrollado por INFES, sin embargo, para ser conservadores se asumirá que las juntas del mortero de la albañilería tienen un espesor mayor de 1.5 cm.

❖ **Resistencia Convencional (3):**

Es una edificación de Clase B, según se indica líneas debajo.



Croquis Primer Piso Bloque A



Croquis Segundo Piso Bloque A

- Muro Tipo Y1 – L x e = 650cm x 23cm
- Muro Tipo Y2 – L x e = 590cm x 12.5cm

Evaluación de la Resistencia Convencional para Edificaciones de Albañilería			
Parámetro de evaluación =	α	=	V_r/V_s
	V_r	=	Cortante resistente en la base
	V_s	=	Cortante Basal
Clasificación según parámetro evaluado			
- Edif. Clase A			
	$\alpha \geq 1.0$		
- Edif. Clase B			
	$0.6 \leq \alpha < 1.0$		
- Edif. Clase C			
	$0.4 \leq \alpha < 0.6$		
- Edif. Clase D			
	$\alpha < 0.4$		
Evaluación Bloque "A"			
- Cálculo de la cortante resistente			
Elemento =	Muro Y1	Elemento =	Muro Y2
Cantidad =	8.00 und	Cantidad =	4.00 und
e =	23.00 cm	e =	12.50 cm
L =	650.00 cm	L =	590.00 cm
v =	3.70 Kg/cm ²	v =	3.70 Kg/cm ²
Aporte de Cortante =	442.52 Tn	Aporte de Cortante =	109.15 Tn
Cortante resistente - V_r			
	$V_r =$		551.67 Tn
- Cálculo de la cortante basal - V_s			
Z (Zona 4) =	0.45	C =	2.50
U (cat. A) =	1.50	R =	3.00
S (S3) =	1.10	Peso por metro cuadrado =	1500.00 Kg/m ²
Hn =	6.40 m	Area Piso 1 =	527.26 m ²
Ct =	60.00	Area Piso 2 =	452.40 m ²
T =	0.11	Pe =	1469.49 Tn
Tp =	1.00		
TL =	1.60		
Cortante basal - V_s			
	$V_s =$		909.25 Tn
- Cálculo del parámetro $\alpha = V_r / V_s$			
	$\alpha =$		0.61 - Edif. Clase B

❖ **Posición del edificio y cimentación (4):**

Es un edificio de clase A, ya que según los planos de estructuras el nivel de fondo de cimentación se encuentra a un mismo nivel y la pendiente del terreno es de aproximadamente 0%.

❖ **Diafragma Horizontales (5):**

Es un edificio de clase B, porque:

- ✓ No existe planos a desnivel.
- ✓ La relación Largo / Ancho de la edificación es de 7 (61.60m/8.65m), por ende, la deformabilidad del diafragma no es despreciable y no se puede considerar un diafragma rígido
- ✓ La transmisión de cargas se da siguiendo la secuencia Losa – Viga y Viga – Muro, es decir, la conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

❖ **Configuración en planta (6):**

Es un edificio de clase D, porque:

- $\beta_1 = a/L = 8.65\text{m} / 61.60\text{m} = 0.14$

❖ **Configuración en elevación (7):**

Es un edificio de clase B, porque el área el segundo piso disminuye respecto al primero en 14%.

- Área primer piso (A_1) = 527.26 m²
- Área segundo piso (A_2) = 452.40 m²
- $(A_2 - A_1) / A_1 = (452.40 - 527.26) / 527.26 = - 14\%$

❖ **Separación máxima entre muros (8):**

Es un edificio de clase D, porque la relación L/S ($8.05\text{m} / 0.23\text{m} = 35$) es mayor a 25.

❖ **Tipos de cubierta (9):**

Es un edificio de clase B, porque el techo es una losa de concreto sin diseño sismorresistente.

❖ **Elementos no estructurales (10):**

Es un edificio de clase B, porque la edificación posee un balcón que sirve de circulación para el alumnado.

❖ **Estado de Conservación (11):**

Es un edificio de clase A, ya que, en la verificación en campo no se encontraron rajaduras que evidenciaran alguna falla estructural, En las siguientes imágenes se muestra el estado actual de dicho pabellón.

Tabla N° 9: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “A” en la dirección del eje “Y”:

i	Parámetro	Ki	Valor de Ki	Wi	WixKi
1	Organización del sistema resistente	A	0	1.5	0.00
2	Calidad del sistema resistente	B	5	1	5.00
3	Resistencia Convencional	B	5	1.5	7.50
4	Posición del edificio y cimentación	A	0	0.75	0.00
5	Diafragmas horizontales	B	5	1	5.00
6	Configuración en planta	D	45	1	45.00
7	Configuración en elevación	B	5	1	5.00
8	Separación máxima entre muros	D	45	0.5	22.50
9	Tipo de cubierta	B	15	0.25	3.75
10	Elementos no estructurales	B	5	0.25	1.25
11	Estado de conservación	A	0	0.25	0.00

$$\sum WixKi = 95.00$$

Fuente: (Elaboracion propia)

El valor hallado es 95.00, por lo tanto, el bloque A en la dirección más corta, “Y”, presenta una Vulnerabilidad Media Baja.

4.1.2 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del bloque B:

El bloque "B", según los planos a los que se tuvo acceso esta edificación fue construida en el año 1994, lo que determinaría que este bloque corresponde a los módulos pre NDSR 1997, como se muestra en los siguientes gráficos:

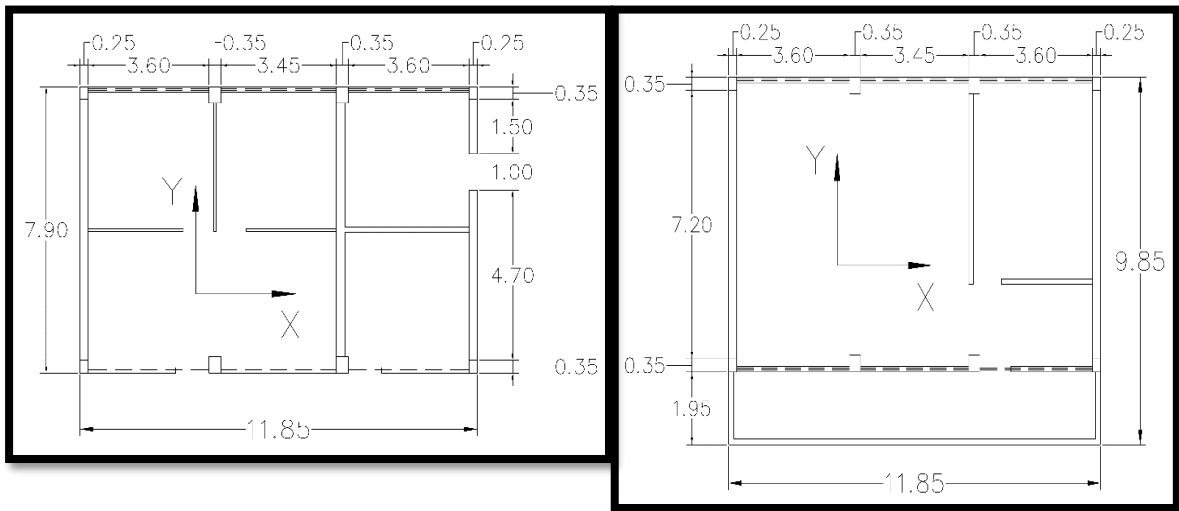


Figura N° 46: Esquema del primer (izquierda) y segundo (derecha) piso del bloque B



Figura N° 47: Vista Frontal del bloque B

a) **Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Bloque B en la dirección del eje "X":**

Como se puede apreciar en la figura N° 46 el sistema estructural Sismorresistente de la edificación en la dirección X está basada principalmente en pórticos de concreto armado, por ende, se utilizará el Método de Índice de Vulnerabilidad para Edificaciones de C°A°, de esta manera utilizaremos los 11 parámetros descritos en la sección anterior pudiéndose clasificar cada una como: A, B o C, siendo A el menos vulnerable y C el más vulnerable.

❖ **Organización del sistema resistente (1):**

Es un edificio de clase A, porque los alfeizar de las ventanas están separadas de los pórticos de concreto armado lo que implica que se cumpla con todos los requisitos de la clase A.

❖ **Calidad del sistema resistente (2):**

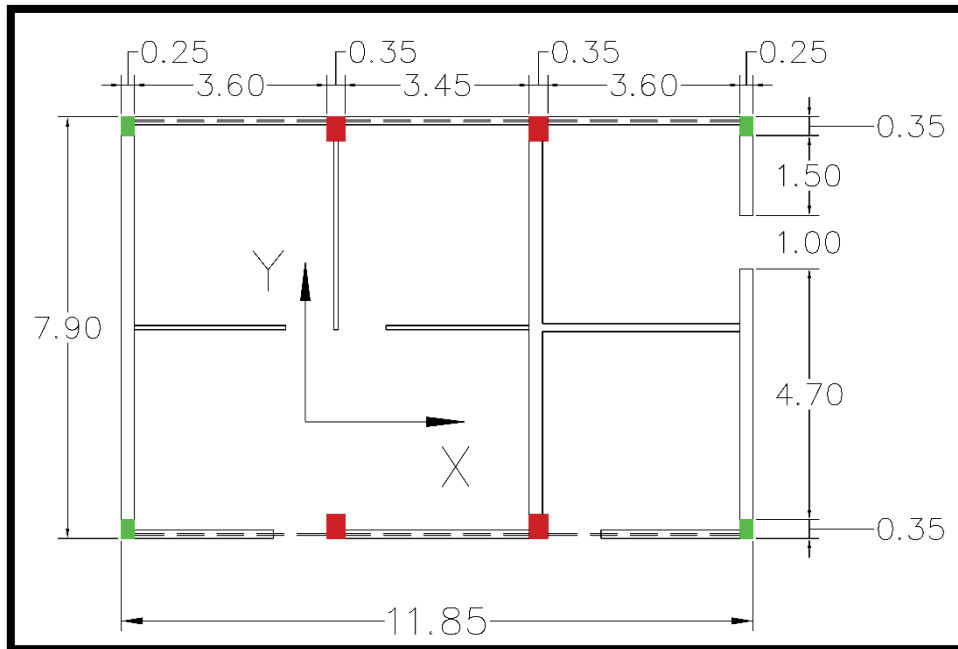
Es un edificio de clase B, porque se puede presumir que el concreto utilizado es similar al del bloque A ($f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$), por la cercanía de la ejecución de ambos.



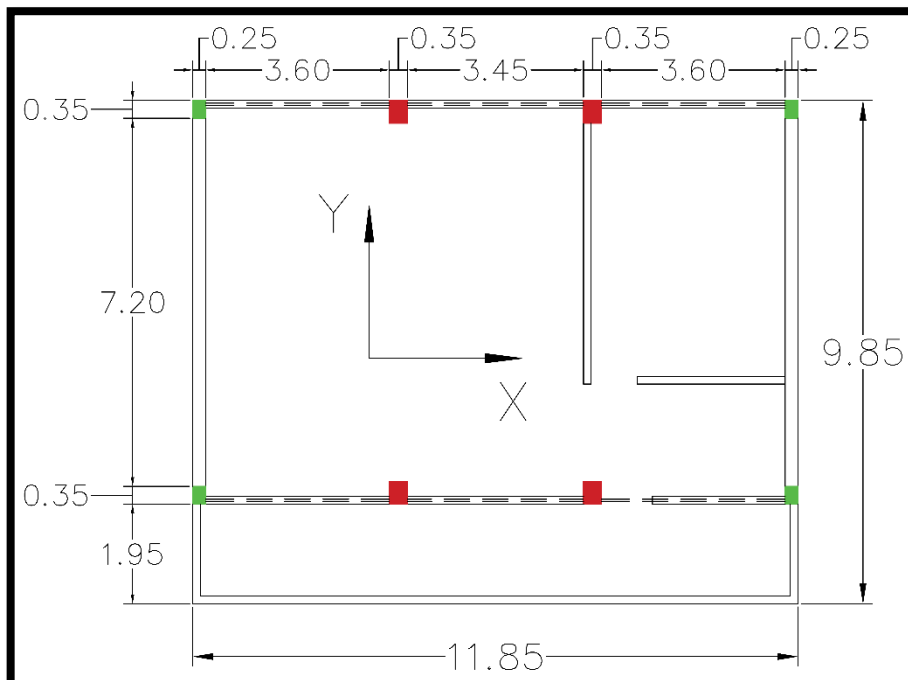
Figura N° 48: Vista Posterior del bloque B

- ❖ **Resistencia convencional (3):** Es una edificación de Clase C, según se indica líneas debajo.

Croquis Primer Piso Bloque B



Croquis Segundo Piso Bloque B



- Columnas Tipo C1 – b x h = 45cm x 35cm
- Columnas Tipo C2 – b x h = 35cm x 25cm

Evaluación de la Resistencia Convencional para Edificaciones de Concreto Armado

Parámetro de evaluación = $\alpha = V_r/V_s$

V_r = Cortante resistente en la base

V_s = Cortante Basal

Clasificación según parámetro evaluado

- Edif. Clase A - Vulnerabilidad Baja

$$\alpha \geq 1.5$$

- Edif. Clase B - Vulnerabilidad Media

$$0.7 \leq \alpha < 1.5$$

- Edif. Clase C - Vulnerabilidad Alta

$$\alpha < 0.7$$

Evaluación Bloque "B"

- Cálculo de la cortante resistente

Elemento = Columna C1

Cantidad = 4.00 und

b = 45.00 cm

h = 35.00 cm

d = 31.00 cm

f_c = 175.00 Kg/cm²

ϕ = 0.85

Aporte de Cortante = 33.25 Tn

Elemento = Columna C2

Cantidad = 4.00 und

b = 35.00 cm

h = 25.00 cm

d = 21.00 cm

f_c = 175.00 Kg/cm²

ϕ = 0.85

Aporte de Cortante = 17.52 Tn

Cortante resistente - V_r

V_r = 50.78 Tn

- Cálculo de la cortante basal - V_s

Z (Zona 4) = 0.45

U (cat A) = 1.50

S (S3) = 1.10

Hn = 6.40 m

Ct = 35.00

T = 0.18

Tp = 1.00

TL = 1.60

C = 2.50

R = 8.00

Peso por metro cuadrado = 1500.00 Kg/m²

Area Piso 1 = 116.72 m²

Area Piso 2 = 93.62 m²

Pe = 315.51 Tn

Cortante basal - V_s

V_s = 73.21 Tn

- Cálculo del parámetro $\alpha = V_r / V_s$

α = 0.69 - Edif. Clase C - Vulnerabilidad Alta

❖ **Posición del edificio y cimentación (4):**

Es un edificio de clase A, ya que la pendiente del terreno observada es de aproximadamente 0%.

❖ **Diafragmas Horizontales (5):**

Es un edificio de clase A porque:

- ✓ Se trata de una losa de Concreto Armado.
- ✓ No existe área de vacío.
- ✓ La relación Largo / Ancho de la edificación es de 1.20 (11.85m/9.85m), por lo que la deformabilidad del diafragma es despreciable y se puede considerar un diafragma rígido.
- ✓ La transmisión de cargas se da siguiendo la secuencia Losa – Viga y Viga – Columna.

❖ **Configuración en planta (6):**

Es un edificio de clase B, porque:

- $\beta_1 = a/L = 9.85\text{m} / 11.85\text{m} = 0.83$
- $\beta_2 = e/d = 0.00\text{m} / 8.65\text{m} = 0.00$
- $\beta_3 = \Delta d/d = 1.95\text{m} / 7.90\text{m} = 0.25$
- $\beta_4 = c/b = 0.00$

❖ **Configuración en elevación (7):**

Es un edificio de clase A, pues la estructura carece de alguna variación significativa del sistema resistente entre sus pisos consecutivos.

❖ **Conexión entre elementos críticos (8):**

Es un edificio de clase A, porque la conexión viga-columna es óptima, pues todos los valores de λ es igual a cero, pues no existe longitud saliente de la viga sobre la columna y la excentricidad entre ejes de viga y columna es igual a cero.



Figura N° 49: Bloque B – Conexión Viga Columna

❖ **Elemento de baja ductilidad (9):**

Es un edificio de clase A, porque no tiene elementos cortos.



Figura N° 50: Bloque B – Separación de alfeizar de ventanas de pórticos principales

❖ **Elementos no estructurales (10):**

Es un edificio de clase A, porque el parapeto está correctamente anclado a la viga mediante columnas de confinamiento



Figura N° 51: Bloque B – Confinamiento en tabiquería

❖ **Estado de conservación (11):**

Es un edificio de clase A, ya que, en la verificación en campo no se encontraron rajaduras que evidenciaran alguna falla estructural, En las siguientes imágenes se muestra el estado actual de dicho pabellón.



Figura N° 52: Bloque B – Vistas del Segundo Piso



Figura N° 53: Bloque B – Vista lateral

Tabla N° 10: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “B” en la dirección del eje “X”:

i	Parámetro	Ki	Valor de Ki	Wi	WixKi
1	Organización del sistema resistente	A	0	1	0.00
2	Calidad del sistema resistente	B	6	0.5	3.00
3	Resistencia Convencional	C	22	1	22.00
4	Posición del edificio y cimentación	A	0	0.5	0.00
5	Diafragmas horizontales	A	0	1	0.00
6	Configuración en planta	B	3	0.5	1.50
7	Configuración en elevación	A	0	1	0.00
8	Conexión entre elementos críticos	A	0	0.75	0.00
9	Elemento de baja ductilidad	A	0	1	0.00
10	Elementos no estructurales	A	0	0.25	0.00
11	Estado de conservación	A	0	1	0.00
				$\sum WixKi =$	26.50

Fuente: (Elaboracion propia)

El valor hallado es 26.50, por lo tanto, el bloque B en la dirección longitudinal, “X”, presenta una Vulnerabilidad Media Baja.

b) Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Bloque B en la dirección del eje “Y”:

Como se puede apreciar en la figura N° 46 el sistema estructural Sismorresistente de la edificación en la dirección Y está basada principalmente en albañilería confinada, como es común en los sistemas escolares 780 pre NDSR 97, a la que pertenece dicho pabellón, pues si bien no se tiene la fecha exacta de la construcción de la edificación lo podemos deducir por la fecha que se indica en los planos (1994), además de la estructuración visualizada en campo; por ende, se utilizará el Método de Índice de Vulnerabilidad para Edificaciones de Albañilería No Confinada, de esta manera utilizaremos los 11 parámetros descritos en la sección anterior, pudiéndose clasificar cada una como: A, B, C o D, siendo A el menos vulnerable y D el más vulnerable.

❖ **Organización del sistema resistente (1):**

Es un edificio de clase A, porque los muros de albañilería en su totalidad se encuentran confinados por vigas y columnas de amarre.



Figura N° 54: *Bloque B – Confinamiento de muros*

❖ **Calidad del Sistema Resistente (2):**

Es un edificio de clase A, porque los muros de albañilería presentan verticalidad, las juntas del mortero de albañilería poseen un espesor entre 1.0 a 1.5 cm y todos los ladrillos son homogéneos.

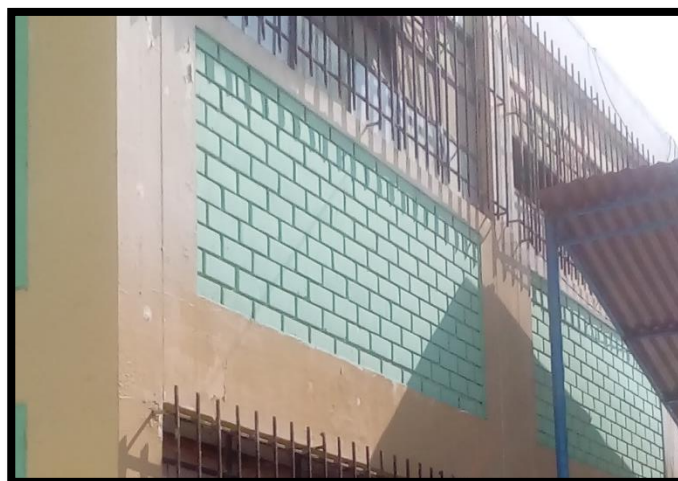
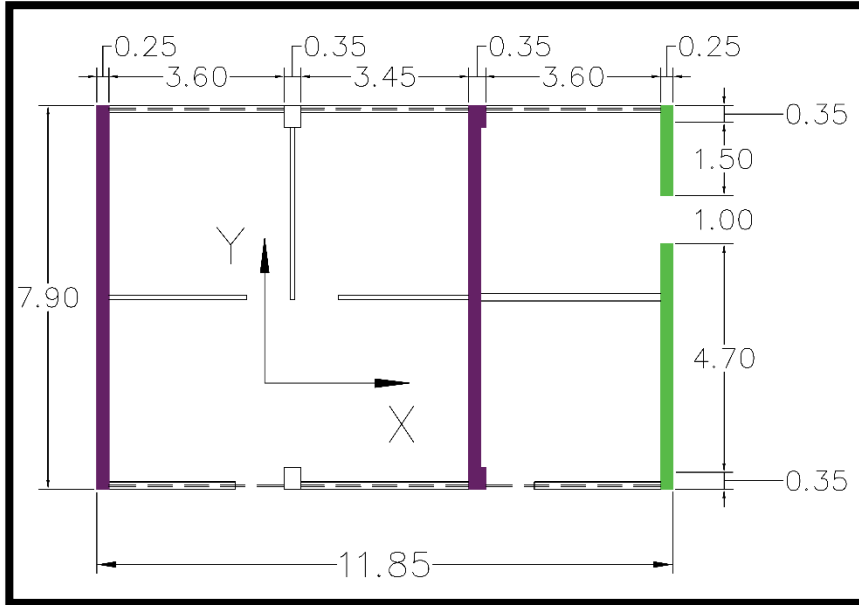


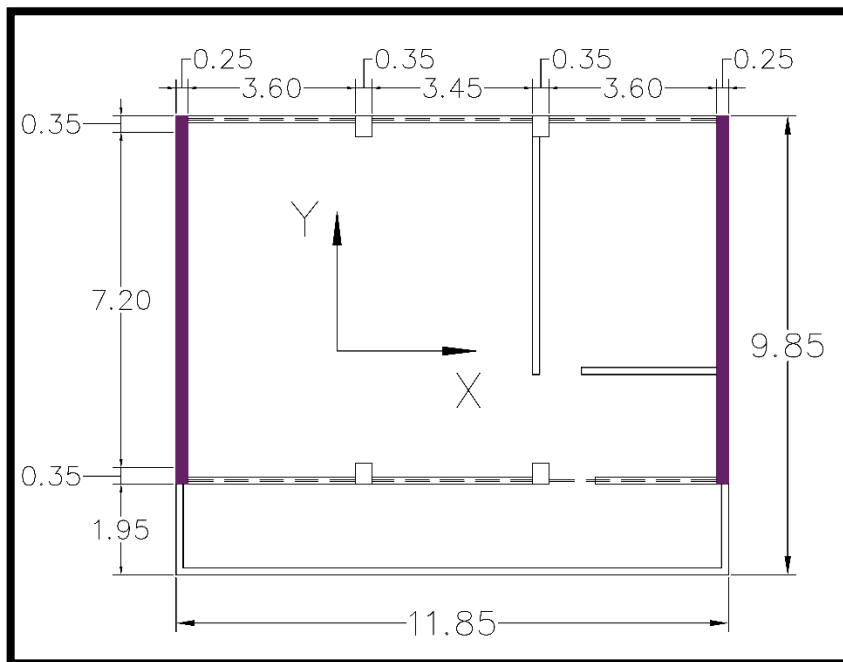
Figura N° 55: *Bloque B – Albañilería*

❖ **Resistencia Convencional (3):**



Es una edificación de Clase B, según se indica líneas debajo.



Croquis Primer Piso Bloque B



Croquis Segundo Piso Bloque B

-  Muro Tipo Y1 – L x e = 790cm x 23cm
-  Muro Tipo Y2 – L x e = 690cm x 23cm

Evaluación de la Resistencia Convencional para Edificaciones de Albañilería

Parámetro de evaluación = $\alpha = V_r/V_s$

V_r = Cortante resistente en la base

V_s = Cortante Basal

Clasificación según parámetro evaluado

- Edif. Clase A

$$\alpha \geq 1.0$$

- Edif. Clase B

$$0.6 \leq \alpha < 1.0$$

- Edif. Clase C

$$0.4 \leq \alpha < 0.6$$

- Edif. Clase D

$$\alpha < 0.4$$

Evaluación Bloque "B"

- Cálculo de la cortante resistente

Elemento = Muro Y1

Cantidad = 2.00 und

e = 23.00 cm

L = 790.00 cm

v = 3.70 Kg/cm²

Aporte de Cortante = 134.46 Tn

Elemento = Muro Y2

Cantidad = 1.00 und

e = 23.00 cm

L = 690.00 cm

v = 3.70 Kg/cm²

Aporte de Cortante = 58.72 Tn

Cortante resistente - V_r

V_r = 193.18 Tn

- Cálculo de la cortante basal - V_s

Z (Zona 4) = 0.45

U (cat. A) = 1.50

S (S3) = 1.10

Hn = 6.40 m

Ct = 60.00

T = 0.11

Tp = 1.00

TL = 1.60

C = 2.50

R = 3.00

Peso por metro cuadrado = 1500.00 Kg/m²

Area Piso 1 = 116.72 m²

Area Piso 2 = 93.62 m²

Pe = 315.51 Tn

Cortante basal - V_s

V_s = 195.22 Tn

- Cálculo del parámetro $\alpha = V_r / V_s$

α = 0.99 - Edif. Clase B

❖ **Posición del edificio y cimentación (4):**

Es un edificio de clase A, ya que la pendiente del terreno es de aproximadamente 0%.

❖ **Diafragmas Horizontales (5):**

Es un edificio de clase A porque:

- ✓ Se trata de una losa de Concreto Armado.
- ✓ No existe área de vacío.
- ✓ La relación Largo / Ancho de la edificación es de 1.20 (11.85m/9.85m), por lo que la deformabilidad del diafragma es despreciable y se puede considerar un diafragma rígido.
- ✓ La transmisión de cargas se da siguiendo la secuencia Losa – Viga y Viga – Columna.

❖ **Configuración en planta (6):**

Es un edificio de clase A, porque:

- $\beta_1 = a/L = 9.85\text{m} / 11.85\text{m} = 0.83$

❖ **Configuración en elevación (7):**

Es un edificio de clase B, porque el área el segundo piso disminuye respecto al primero en 19.8 %.

- Área primer piso (A1) = 116.72 m²
- Área segundo piso (A2) = 93.62 m²
- $(A_2 - A_1) / A_1 = (116.72 - 93.62) / 116.72 = - 19.8\%$

❖ **Separación máxima entre muros (8):**

Es un edificio de clase D, porque la relación L/S ($7.40\text{m} / 0.23\text{m} = 32.17$) es mayor a 25.

❖ **Tipos de cubierta (9):**

Es un edificio de clase B, porque debido a su antigüedad podemos decir que no tiene un diseño Sismorresistente.

❖ **Elementos no estructurales (10):**

Es un edificio de clase B, porque la edificación posee un balcón que sirve de circulación para el alumnado.

❖ **Estado de Conservación (11):**

Es un edificio de clase A, ya que, en la verificación en campo no se encontraron rajaduras que evidenciaran alguna falla estructural, En las siguientes imágenes se muestra el estado actual de dicho pabellón.

Tabla N° 11 : Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “B” en la dirección del eje “Y”:

i	Parámetro	Ki	Valor de Ki	Wi	WixKi
1	Organización del sistema resistente	A	0	1.5	0.00
2	Calidad del sistema resistente	A	0	1	0.00
3	Resistencia Convencional	B	5	1.5	7.50
4	Posición del edificio y cimentación	A	0	0.75	0.00
5	Diafragmas horizontales	A	0	1	0.00
6	Configuración en planta	A	0	1	0.00
7	Configuración en elevación	B	5	1	5.00
8	Separación máxima entre muros	D	45	0.5	22.50
9	Tipo de cubierta	B	15	0.25	3.75
10	Elementos no estructurales	B	5	0.25	1.25
11	Estado de conservación	A	0	0.25	0.00

$$\sum WixKi = 40.00$$

Fuente: (Elaboracion propia)

El valor hallado es 40.00, por lo tanto, el bloque B en la dirección más corta, “Y”, presenta una Vulnerabilidad Baja.

4.1.3 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del bloque C:

El bloque “C”, es una edificación de tres pisos y se detalla a continuación:

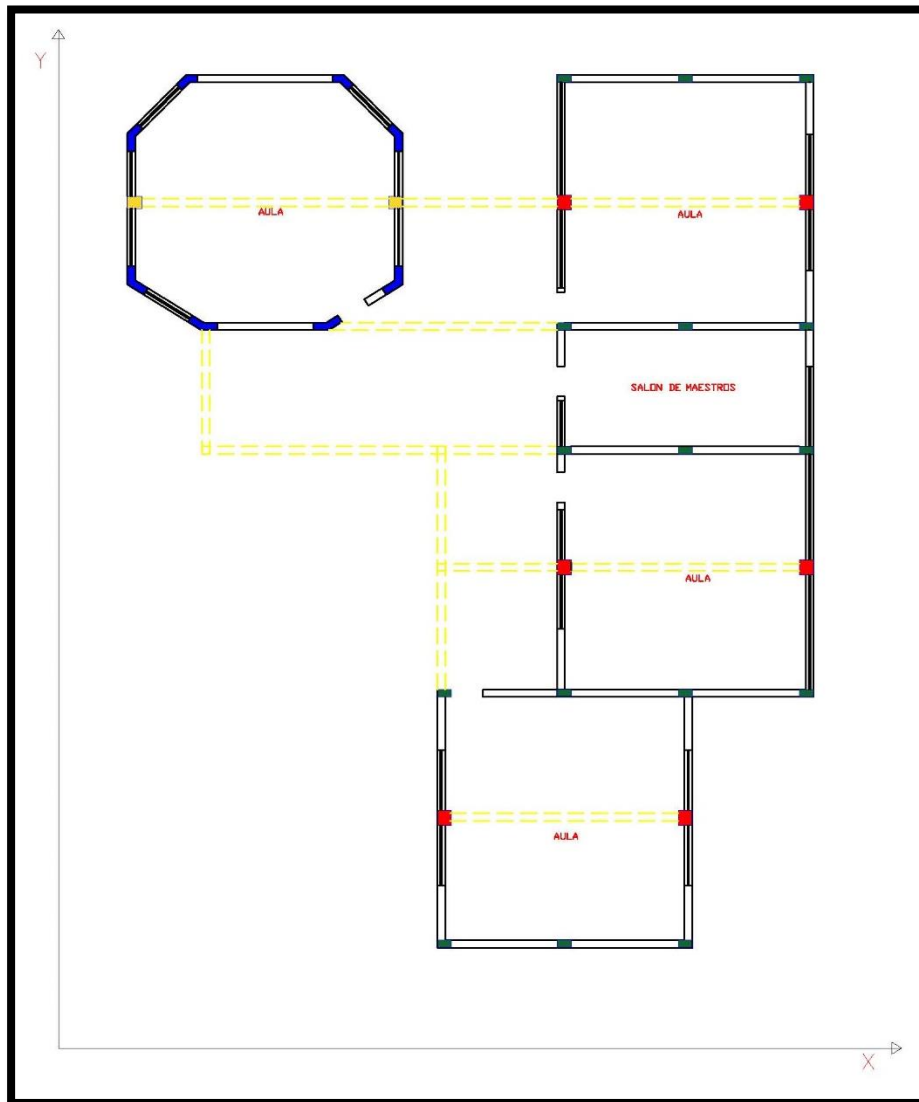


Figura N° 56: Esquema del primer piso del bloque C

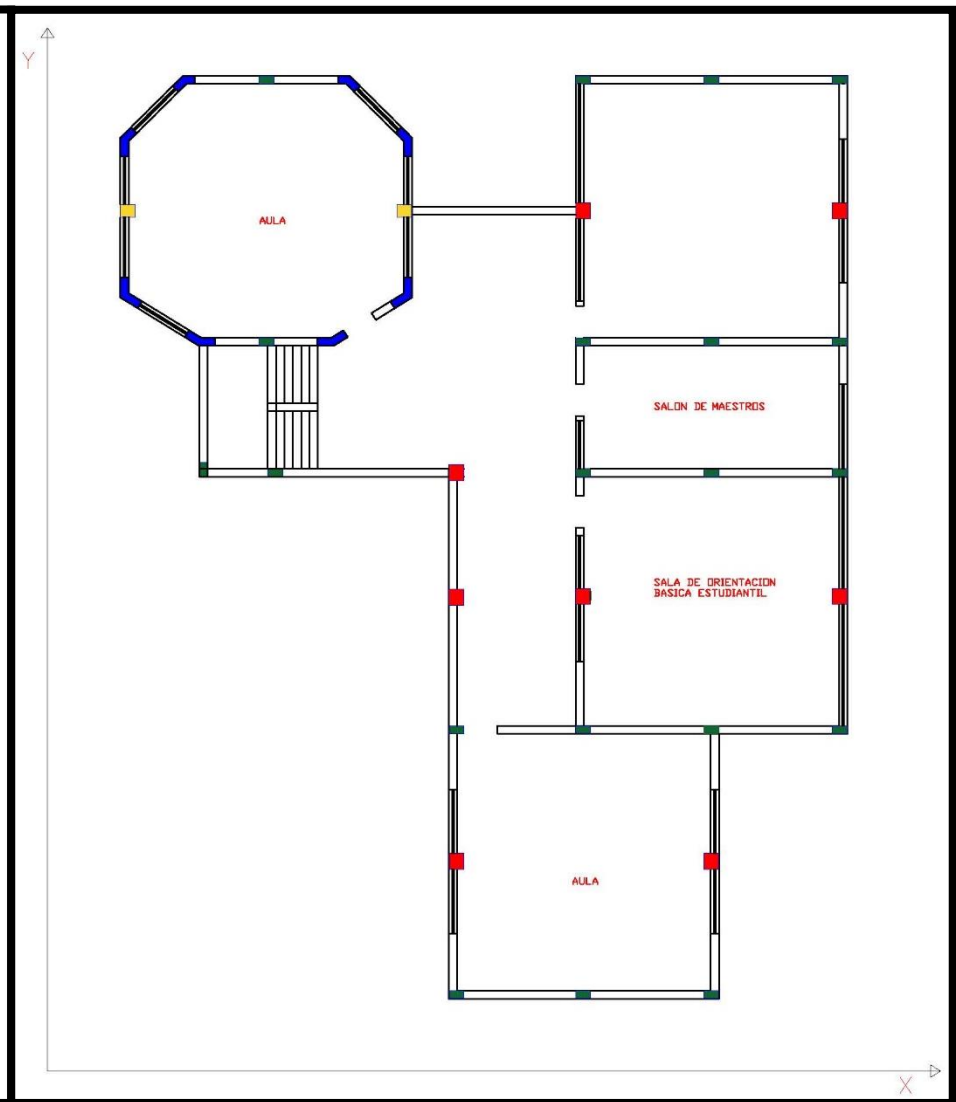


Figura N° 57: Esquema del segundo y tercer piso del bloque C



Figura N° 56: Vista Frontal del Bloque C

a) Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Bloque C en la dirección del eje "X":

Como se puede apreciar en la figura N° 56 y 57 el sistema estructural Sismorresistente de la edificación en la dirección X está basada principalmente en albañilería confinada, por lo tanto, para la evaluación de la edificación se utilizará el Método de Índice de Vulnerabilidad para albañilería no reforzada, de esta manera utilizaremos los 11 parámetros descritos en la sección anterior pudiéndose clasificar cada una como: A, B, C o D, siendo A el menos vulnerable y D el más vulnerable.

❖ **Organización del sistema resistente (1):**

Es un edificio de clase A, porque los muros de albañilería en su totalidad se encuentran confinados por vigas y columnas de amarre.



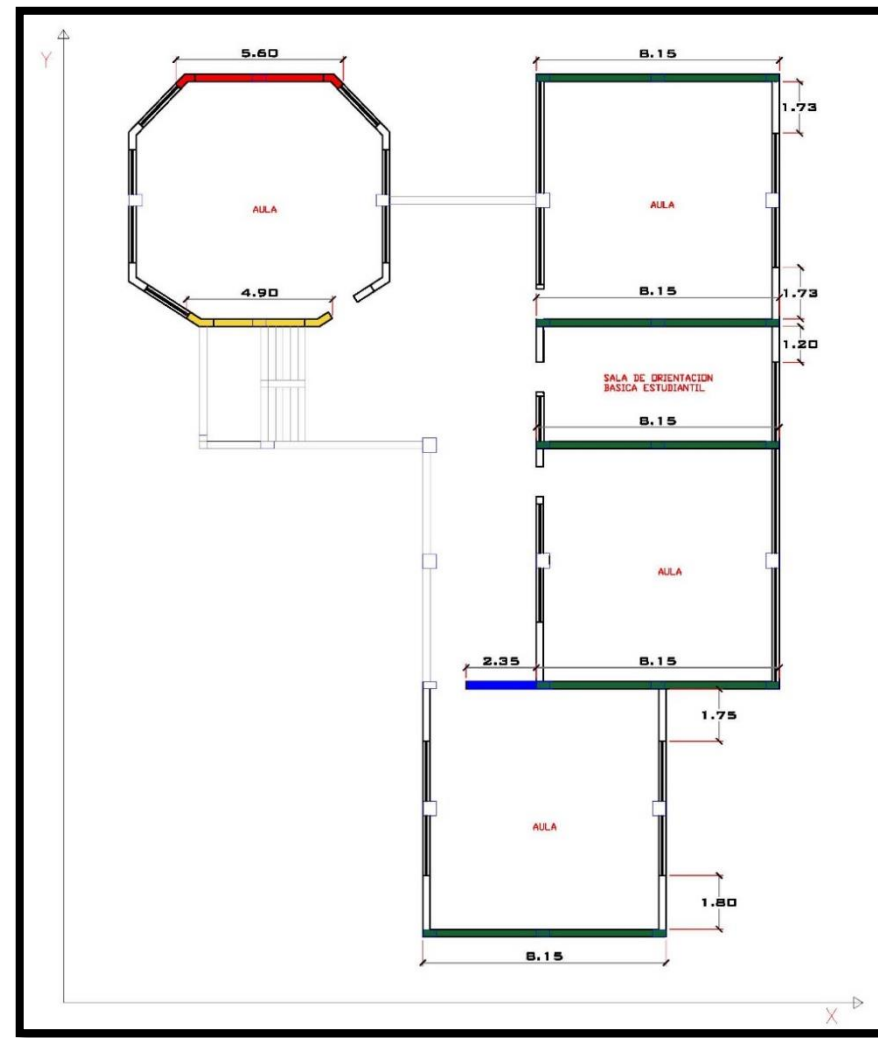
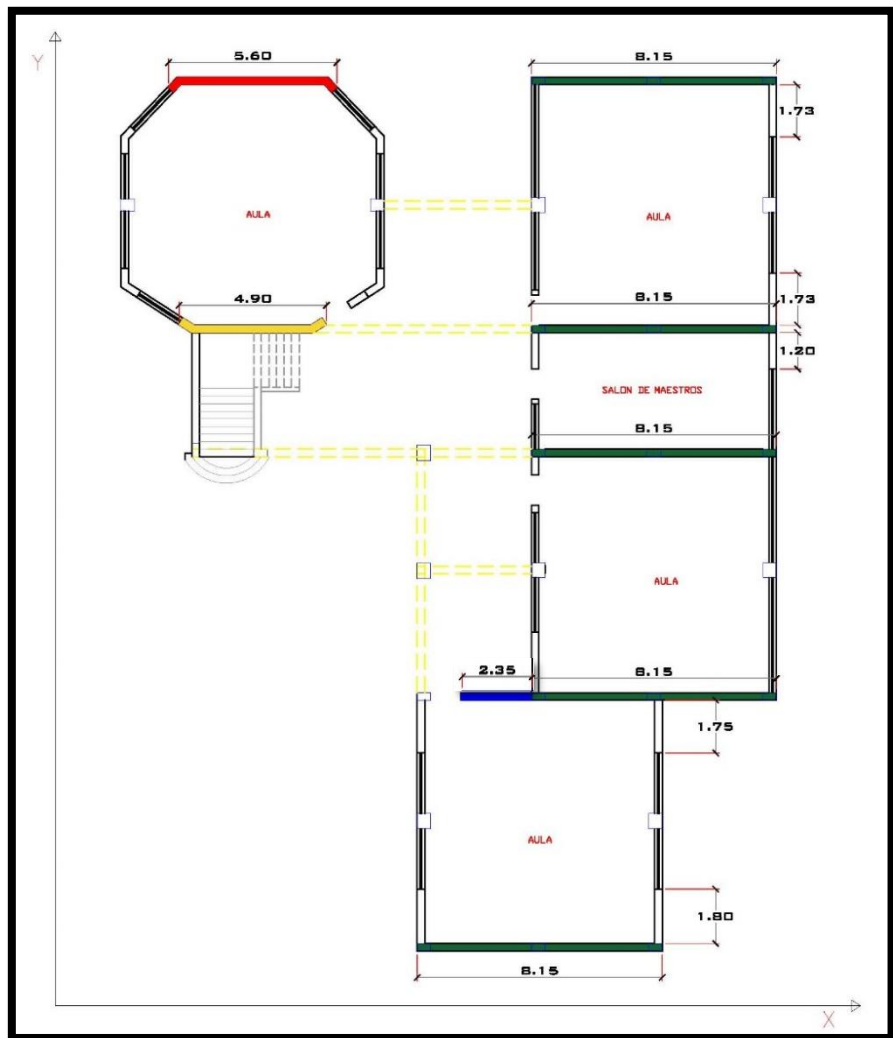
Figura N° 57: Bloque "C" Vista lateral.

❖ **Calidad del Sistema Resistente (2):**

Es un edificio de clase B, debido al tarrajeo solo se pudo constatar la verticalidad de los muros, pero se puede asumir que las unidades de ladrillo utilizados son homogéneas y de dimensiones constantes debido a que fue un proyecto desarrollado por INFES, sin embargo, para ser conservadores se asumirá que las juntas del mortero de la albañilería tienen un espesor mayor de 1.5 cm.

❖ **Resistencia convencional (3):**

Es una edificación de Clase C, según se indica líneas debajo.



Croquis Primer Piso Bloque C

■ Muro Tipo X1-L x e= 560cmx23cm
 ■ Muro Tipo X2-L x e=815cmx23cm
 ■ Muro Tipo X3-L x e=490cmx23cm
 ■ Muro Tipo X3-L x e=235cmx23cm

Evaluación de la Resistencia Convencional para Edificaciones de Albañilería

Parámetro de evaluación = $\alpha = V_r/V_s$

V_r = Cortante resistente en la base

V_s = Cortante Basal

Clasificación según parámetro evaluado

- Edif. Clase A $\alpha \geq 1.0$
- Edif. Clase B $0.6 \leq \alpha < 1.0$
- Edif. Clase C $0.4 \leq \alpha < 0.6$
- Edif. Clase D $\alpha < 0.4$

Evaluación Bloque "C"

- Cálculo de la cortante resistente

Elemento = Muro X1
Cantidad = 1.00 und
e = 23.00 cm
L = 560.00 cm
v = 3.70 Kg/cm²
Aporte de Cortante = 47.66 Tn

Elemento = Muro X2
Cantidad = 5.00 und
e = 23.00 cm
L = 815.00 cm
v = 3.70 Kg/cm²
Aporte de Cortante = 346.78 Tn

Elemento = Muro X3
Cantidad = 1.00 und
e = 23.00 cm
L = 490.00 cm
v = 3.70 Kg/cm²
Aporte de Cortante = 41.70 Tn

Elemento = Muro X4
Cantidad = 1.00 und
e = 23.00 cm
L = 235.00 cm
v = 3.70 Kg/cm²
Aporte de Cortante = 20.00 Tn

Cortante resistente - V_r
 $V_r = 456.14$ Tn

- Cálculo de la cortante basal - V_s

Z (Zona 4) = 0.45
U (cat. A) = 1.50
S (S3) = 1.10
Hn = 9.60 m
Ct = 60.00
T = 0.16
Tp = 1.00
TL = 1.60

C = 2.50
R = 3.00
Peso por metro cuadrado = 1500.00 Kg/m²
Area Piso 1 = 402.05 m²
Area Piso 2 = 402.05 m²
Area Piso 3 = 303.75 m²
Pe = 1661.78 Tn

Cortante basal - V_s
 $V_s = 1028.22$ Tn

- Cálculo del parámetro $\alpha = V_r / V_s$

$\alpha = 0.44$ - Edif. Clase C

❖ **Posición del edificio y cimentación (4):**

Es un edificio de clase A, pues la pendiente del terreno es de aproximadamente 0%.

❖ **Diafragmas Horizontales (5):**

Es un edificio de clase B, porque:

- ✓ No existe planos a desnivel.
- ✓ La transmisión de cargas se da siguiendo la secuencia Losa – Viga y Viga – Muro, es decir, la conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.

❖ **Configuración en planta (6):**

Es un edificio de clase D, porque:

- $\beta_1 = a/L = 4.30 \text{ m} / 28.90\text{m} = 0.15$
- $\beta_2 = b/L = 13.65\text{m} / 28.90\text{m} = 0.34$

❖ **Configuración en elevación (7):**

Es un edificio de clase C, porque el área del tercer piso disminuye respecto al segundo en 24%.

- Área segundo piso (A_2) = 402.05 m²
- Área tercer piso (A_3) = 303.75 m²
- $(A_3 - A_2) / A_2 = (303.75 - 402.05) / 402.05 = -24\%$

❖ **Separación máxima entre muros (8):**

Es un edificio de clase D, porque la relación L/S ($8.05\text{m} / 0.23\text{m} = 35$) es mayor a 25.

❖ **Tipos de cubierta (9):**

Es un edificio de clase B, porque el techo es una losa de concreto sin diseño sismorresistente.

❖ **Elementos no estructurales (10):**

Es una edificación de clase C porque presenta en el tercer piso una estructura metálica que no está anclada a la estructura y podría ceder ante un sismo.



Figura N° 58: Estructura metálica en el tercer piso.

❖ **Estado de conservación (11):**

Es un edificio de clase B, pues la edificación presenta un estado de conservación regular con leves fisuras en sus muros y resanes en sus techos.



Figura N° 59 Afloramiento de humedad en los sobrecimientos.



Figura N° 60: Fisuras en muros.



Figura N° 61: Resanes en los techos.

Tabla N° 12: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “C” en la dirección del eje “X”:

i	Parámetro	Ki	Valor de Ki	Wi	WixKi
1	Organización del sistema resistente	A	0	1.5	0.00
2	Calidad del sistema resistente	B	5	1	5.00
3	Resistencia Convencional	C	25	1.5	37.50
4	Posición del edificio y cimentación	A	0	0.75	0.00
5	Diafragmas horizontales	B	5	1	5.00
6	Configuración en planta	D	45	1	45.00
7	Configuración en elevación	C	25	1	25.00
8	Separación máxima entre muros	D	45	0.5	22.50
9	Tipo de cubierta	B	5	0.25	1.25
10	Elementos no estructurales	C	25	0.25	6.25
11	Estado de conservación	B	5	0.25	1.25

$$\sum WixKi = 148.75$$

Fuente: (Elaboracion propia)

El valor hallado es 148.75, por lo tanto, el bloque C en la dirección más Corta, “X”, presenta una Vulnerabilidad media alta.

b) Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Bloque C en la dirección del eje “Y”:

Como se puede apreciar en la figura N° 56 y 57 el sistema estructural Sismorresistente de la edificación en la dirección Y está basada principalmente en pórticos de concreto armado, por ende, se utilizará el

Método de Índice de Vulnerabilidad para Edificaciones de C°A°, de esta manera utilizaremos los 11 parámetros descritos en la sección anterior pudiéndose clasificar cada una como: A, B o C, siendo A el menos vulnerable y C el más vulnerable.

❖ **Organización del sistema resistente (1):**

Es un edificio de clase B, porque las ventanas representan un área mayor al 30% y menor al 60% del paño de albañilería.



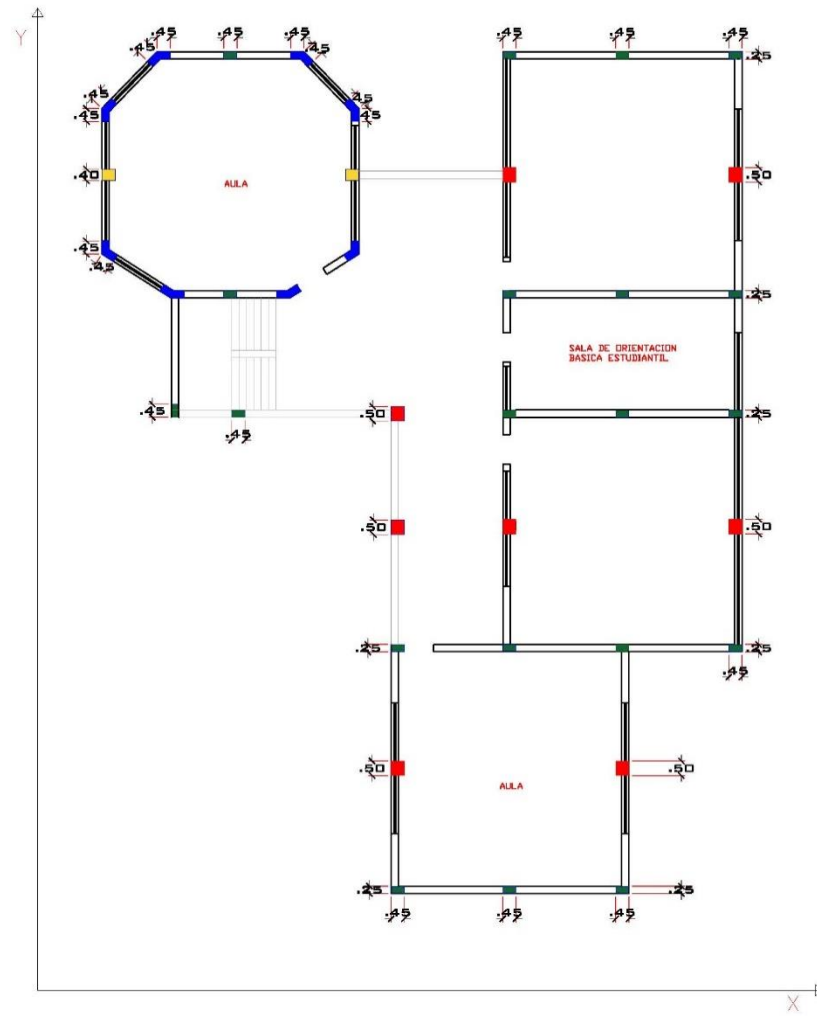
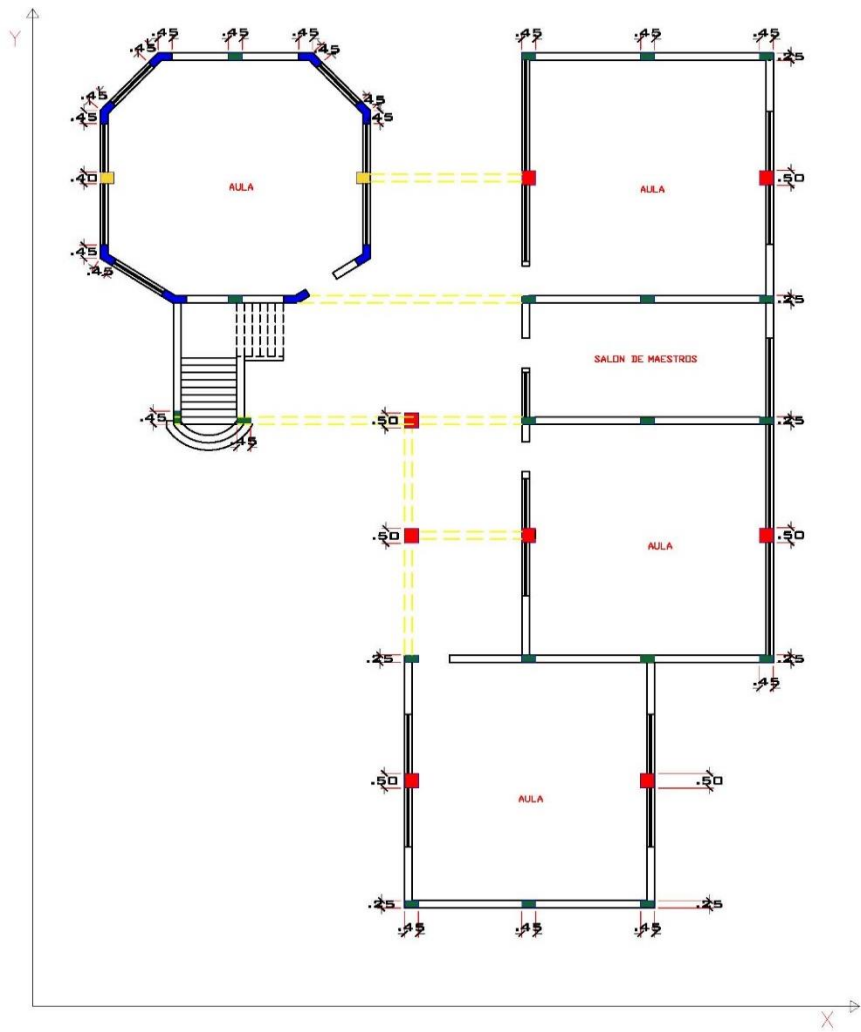
Figura N° 62: Bloque C – Vista lateral.

❖ **Calidad del sistema resistente (2):**

Es un edificio de clase C, porque se puede presumir que el concreto utilizado es similar al del bloque A ($f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$), por la cercanía de la ejecución de ambos y además en el tercer piso se encontró varillas de acero visibles.

❖ **Resistencia convencional (3):**

Es una edificación de clase B, según se indica líneas debajo.



- Columnas Tipo C1 – b x h = 45cm x 50cm
- Columnas Tipo C2 – b x h = 45cm x 25cm
- Columnas Tipo C2 – b x L x h = 45cm x 45cm x 25cm
- Columnas Tipo C2 – b x h = 45cm x 40cm

Evaluación de la Resistencia Convencional para Edificaciones de Concreto Armado

Parámetro de evaluación = $\alpha = V_r/V_s$

V_r = Cortante resistente en la base

V_s = Cortante Basal

Clasificación según parámetro evaluado

- Edif. Clase A - Vulnerabilidad Baja
 $\alpha \geq 1.5$
- Edif. Clase B - Vulnerabilidad Media
 $0.7 \leq \alpha < 1.5$
- Edif. Clase C - Vulnerabilidad Alta
 $\alpha < 0.7$

Evaluación Bloque "A"

- Cálculo de la cortante resistente

Elemento = Columna C1
 Cantidad = 8.00 und
 b = 50.00 cm
 h = 50.00 cm
 d = 46.00 cm
 f_c = 175.00 Kg/cm²
 ϕ = 0.85
 Aporte de Cortante = 109.66 Tn

Elemento = Columna C2
 Cantidad = 20.00 und
 b = 45.00 cm
 h = 25.00 cm
 d = 21.00 cm
 f_c = 175.00 Kg/cm²
 ϕ = 0.85
 Aporte de Cortante = 112.64 Tn

Elemento = Columna C3
 Cantidad = 8.00 und
 b = 25.00 cm
 h = 80.00 cm
 d = 76.00 cm
 f_c = 175.00 Kg/cm²
 ϕ = 0.85
 Aporte de Cortante = 90.59 Tn

Elemento = Columna C4
 Cantidad = 12.00 und
 b = 45.00 cm
 h = 40.00 cm
 d = 36.00 cm
 f_c = 175.00 Kg/cm²
 ϕ = 0.85
 Aporte de Cortante = 115.85 Tn

Cortante resistente - V_r

V_r = 428.73 Tn

- Cálculo de la cortante basal - V_s

Z (Zona 4) = 0.45
 U (cat. A) = 1.50
 S (S3) = 1.10
 Hn = 9.60 m
 Ct = 35.00
 T = 0.27
 Tp = 1.00
 TL = 1.60

C = 2.50
 R = 8.00
 Peso por metro cuadrado = 1500.00 Kg/m²
 Area Piso 1 = 402.05 m²
 Area Piso 2 = 402.05 m²
 Area Piso 3 = 303.75 m²
 Pe = 1661.78 Tn

Cortante basal - V_s

V_s = 385.58 Tn

- Cálculo del parámetro $\alpha = V_r / V_s$

α = 1.11 - Edif. Clase B - Vulnerabilidad Media

❖ **Posición del edificio y cimentación (4):**

Es un edificio de clase A, ya que la pendiente del terreno es de aproximadamente 0%.

❖ **Diafragmas Horizontales (5):**

Es un edificio de clase B, porque:

- ✓ Se trata de una losa de Concreto Armado.
- ✓ El área de vacío (área de la escalera) representa menos del 25% del área en planta.
- ✓ La transmisión de cargas se da siguiendo la secuencia Losa – Viga y Viga – Columna.

❖ **Configuración en planta (6):**

Es un edificio de clase C, porque:

- $\beta_1 = a/L = 21.80\text{m} / 28.90\text{m} = 0.75$
- $\beta_2 = e/d = 3.67\text{m} / 8.15\text{m} = 0.45$
- $\beta_3 = \Delta d/d = 0.00\text{m} / 8.15\text{m} = 0.00$
- $\beta_4 = c/b = 12.55\text{m} / 13.65\text{m} = 0.91$

❖ **Configuración en elevación (7):**

Es un edificio de clase A, pues la estructura carece de alguna variación significativa del sistema resistente entre sus pisos consecutivos

❖ **Conexión entre elementos críticos (8):**

Es un edificio de clase A, porque la conexión viga–columna es buena, pues todos los valores de λ es igual a cero, pues no existe longitud saliente de la viga sobre la columna y la excentricidad entre ejes de viga y columna es igual a cero.



Figura N° 63: Bloque C – Conexión Viga Columna

❖ **Elemento de baja ductilidad (9):**

Es un edificio de clase B, porque la altura de la columna corta (h_0) es mayor a la mitad de la altura total de la columna (h_c).

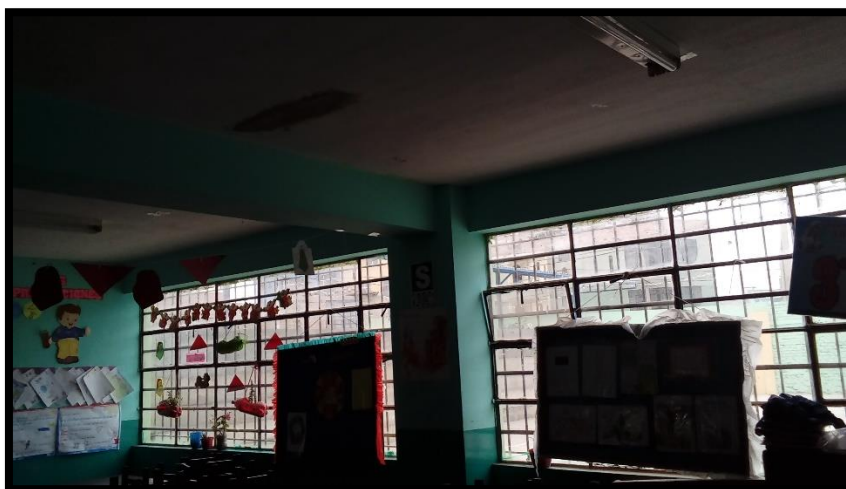


Figura N° 64: Bloque C – Presencia de Columnas Cortas

❖ **Elementos no estructurales (10):**

Es una edificación de clase C porque presenta en el tercer piso una estructura metálica que no está anclada correctamente a la estructura.

❖ **Estado de conservación (11):**

Es un edificio de clase B, pues la edificación presenta un estado de conservación regular con leves fisuras y grietas en sus vigas y resanes en sus techos.



Figura N° 65: Bloque C – Presencia de fisuras y Grietas en la viga parte interna



Figura N° 66: Bloque C– Presencia de fisuras y Grietas en la viga parte interna.

Tabla N° 13: Cálculo del índice de vulnerabilidad bloque “C” en la dirección del eje “Y”:

i	Parámetro	Ki	Valor de Ki	Wi	WixKi
1	Organización del sistema resistente	B	6	1	6.00
2	Calidad del sistema resistente	C	12	0.5	6.00
3	Resistencia Convencional	B	11	1	11.00
4	Posición del edificio y cimentación	A	0	0.5	0.00
5	Diafragmas horizontales	B	3	1	3.00
6	Configuración en planta	C	3	0.5	1.50
7	Configuración en elevación	A	0	1	0.00
8	Conexión entre elementos críticos	A	0	0.75	0.00
9	Elemento de baja ductilidad	B	3	1	3.00
10	Elementos no estructurales	C	10	0.25	2.50
11	Estado de conservación	B	10	1	10.00
				$\Sigma WixKi =$	43.00

Fuente: (Elaboracion propia)

El valor hallado es 43.00, por lo tanto, el bloque C en la dirección más larga, “Y”, presenta una Vulnerabilidad media alta.

4.2 Discusión:

Para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones, se utilizó el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini adaptado a la actual normativa peruana; obteniéndose resultados por cada pabellón o bloque, desde una vulnerabilidad baja hasta una vulnerabilidad media alta; pudiendo resaltar que la vulnerabilidad determinada de cada bloque está dada por su origen, pues fueron diseñadas haciendo uso de metodologías que no consideraban la sismorresistencia para su estructuración.

En esta sección compararemos la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del bloque A (elegido por ser el de mayor extensión), mediante el uso del método del índice de vulnerabilidad (evaluada en la sección anterior) y mediante la modelación tridimensional de la estructura en el programa Etabs 2016 versión 16.2.1. mostrada a continuación.

Evaluación Sísmica del bloque A de la Institución educativa N°20475 – Los Pelones, mediante el Programa Etabs 2016

Para evaluar la vulnerabilidad sísmica del bloque A. se sometió a la estructura a cuatro situaciones de aceleración horizontal (a) de acuerdo a la actual norma e-030:

- $a = 0.45g$ (Sismo Severo)
- $a = 0.35g$ (Sismo Moderado Alto)
- $a = 0.25g$ (Sismo Moderado Bajo)
- $a = 0.10g$ (Sismo Leve)

Luego, clasificaremos a la estructura de acuerdo a lo siguiente:

- **Vulnerabilidad Baja:** La estructura “Falla” en caso de un sismo severo.
- **Vulnerabilidad Media Baja:** La estructura “Falla” en caso de un sismo moderado alto.
- **Vulnerabilidad Media Alta:** La estructura “Falla” en caso de un sismo moderado bajo.
- **Vulnerabilidad Alta:** La estructura “Falla” en caso de un sismo leve.

Nota: Diremos que la estructura falla si unos de los elementos estructurales no soporta los esfuerzos a los que está sometido y/o la estructura se desplaza más de lo permitido por la norma técnica peruana e.030.

Consideraciones Generales de Evaluación:

❖ Características y propiedades de los materiales:

Concreto:

- Peso Específico = 2,400 Kg/m²
- Resistencia nominal a la compresión = $f'c = 175$ Kg/cm².
- Módulo de elasticidad = $E_c = 198,431.35$ Kg/cm².
- Módulo de Poisson = 0.20

Acero de Refuerzo:

- Esfuerzo de Fluencia = $f'y = 4,200$ Kg/cm².
- Módulo de elasticidad = $E_s = 2,000,000$ Kg/cm².

Albañilería:

- Peso Específico = 1,800 Kg/cm²
- Resistencia nominal a la compresión = $f'm = 65$ Kg/cm².
- Módulo de elasticidad = $E_m = 32,500$ Kg/cm².

❖ Cargas Actuantes:

- Acabados (Piso + Tarrajeo de cielo raso) = 150Kg/m².
- Ladrillo de techo = 72 Kg/m².
- Sobrecarga de entrepiso = 300 Kg/m²
- Sobrecarga Techo = 100 Kg/cm²
- Peso de Tabiquería = 1,400 Kg/m³
- Peso de Tarrajeo = 2,000 Kg/m³
- Peso de Parapeto = 252 Kg/m
- Peso de Tabiquería móvil = 100 Kg/m²

❖ Combinaciones de Carga:

- 1.4CM + 1.7CV.
- 0.9CM + CSx.
- 0.9CM + CSy.
- 0.9CM – CSx.
- 0.9CM – CSy.
- 1.25(CM + CV) + CSx
- 1.25(CM + CV) + CSy
- 1.25(CM + CV) - CSx
- 1.25(CM + CV) - CSy

❖ Modelado en Etabs: (Altura de Entrepiso H = 3.20m)

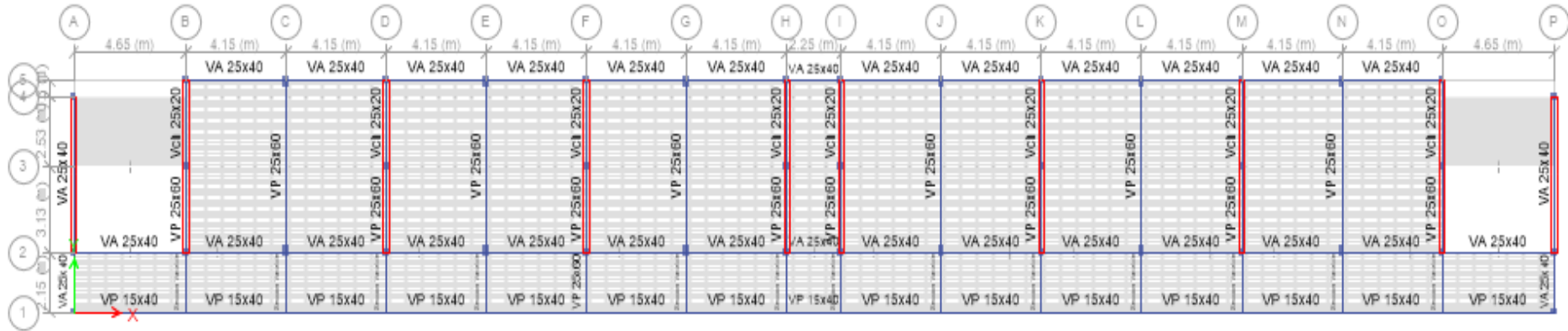


Figura N° 67 Planta Bloque A – Piso 1

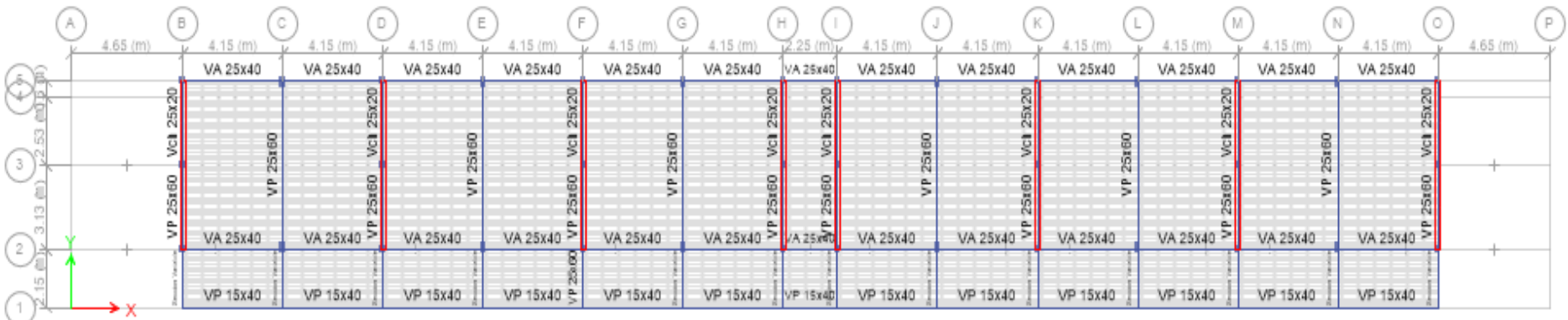


Figura N° 68: Planta Bloque A – Piso 2

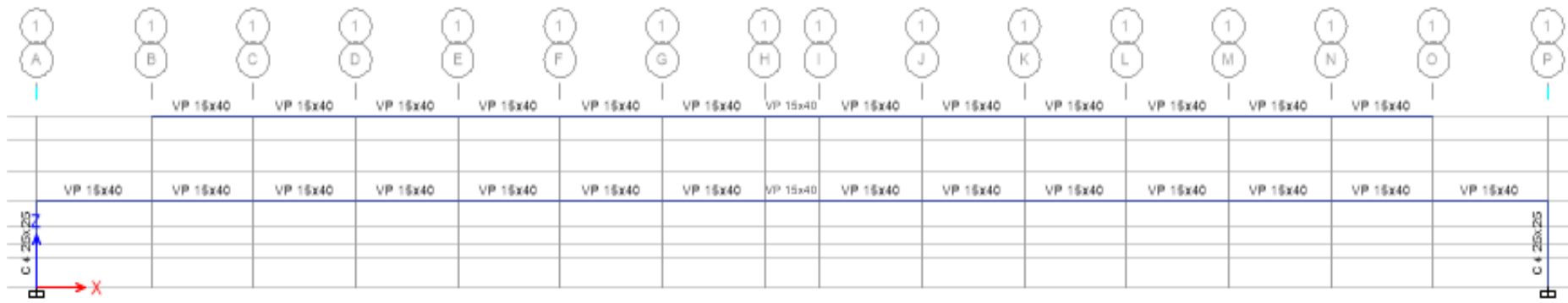


Figura N° 69: Elevación Bloque A - Eje 1

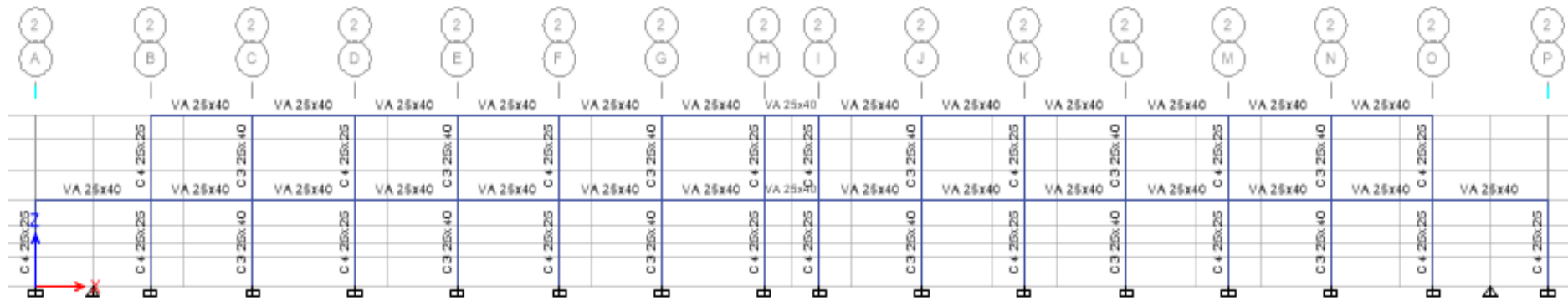


Figura N° 70: Elevación Bloque A - Eje 2

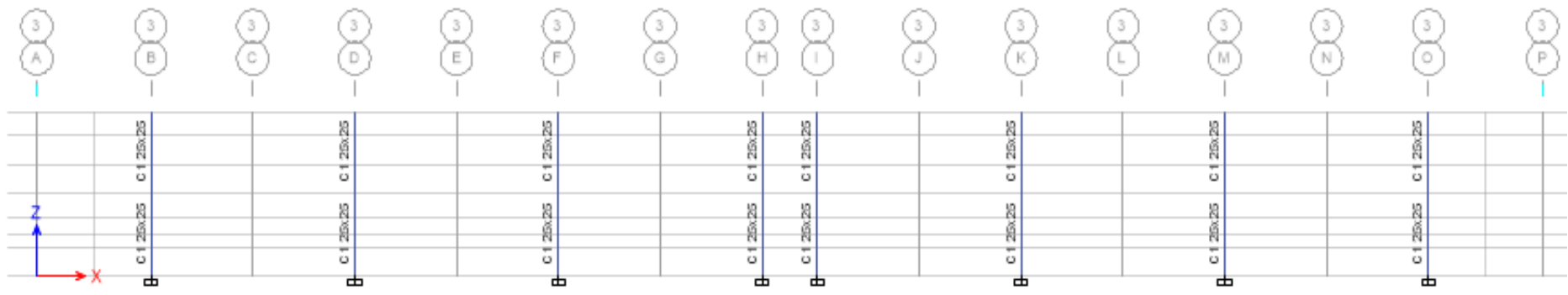


Figura N° 71: Elevación Bloque A - Eje 3

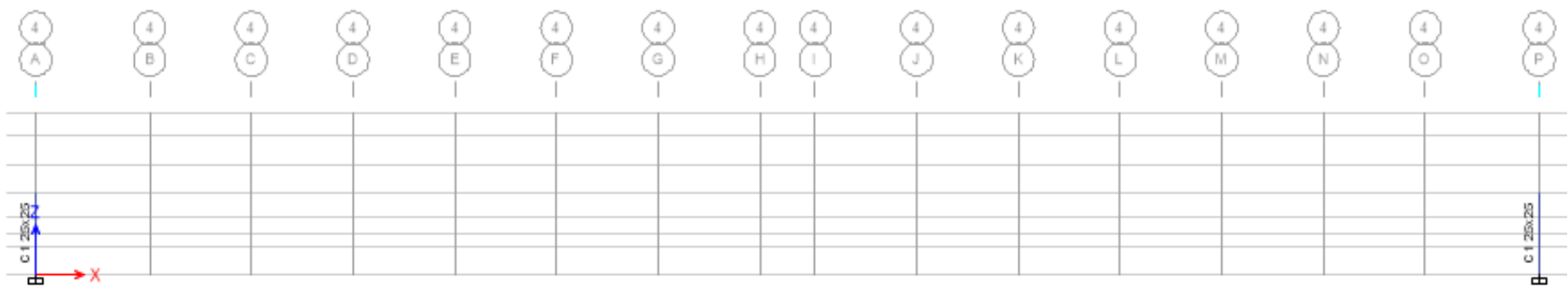


Figura N° 72: Elevación Bloque A - Eje 4

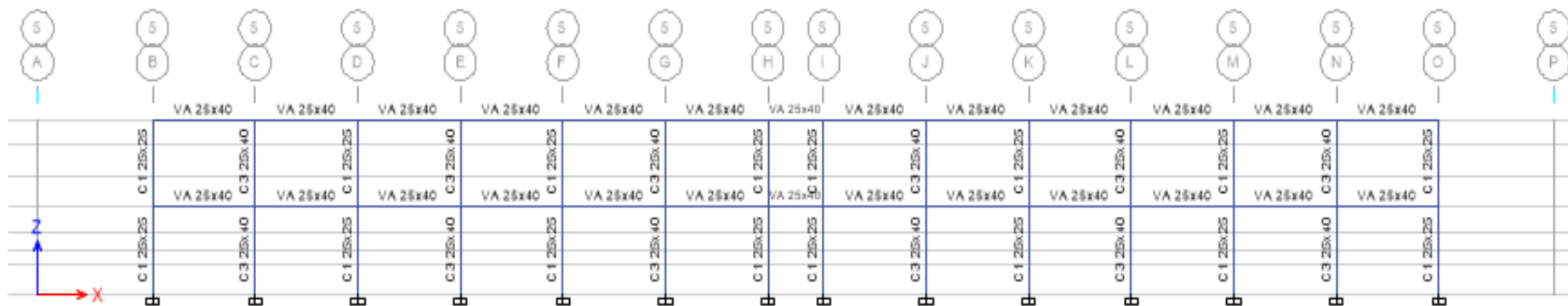


Figura N° 73: Elevación Bloque A - Eje 5

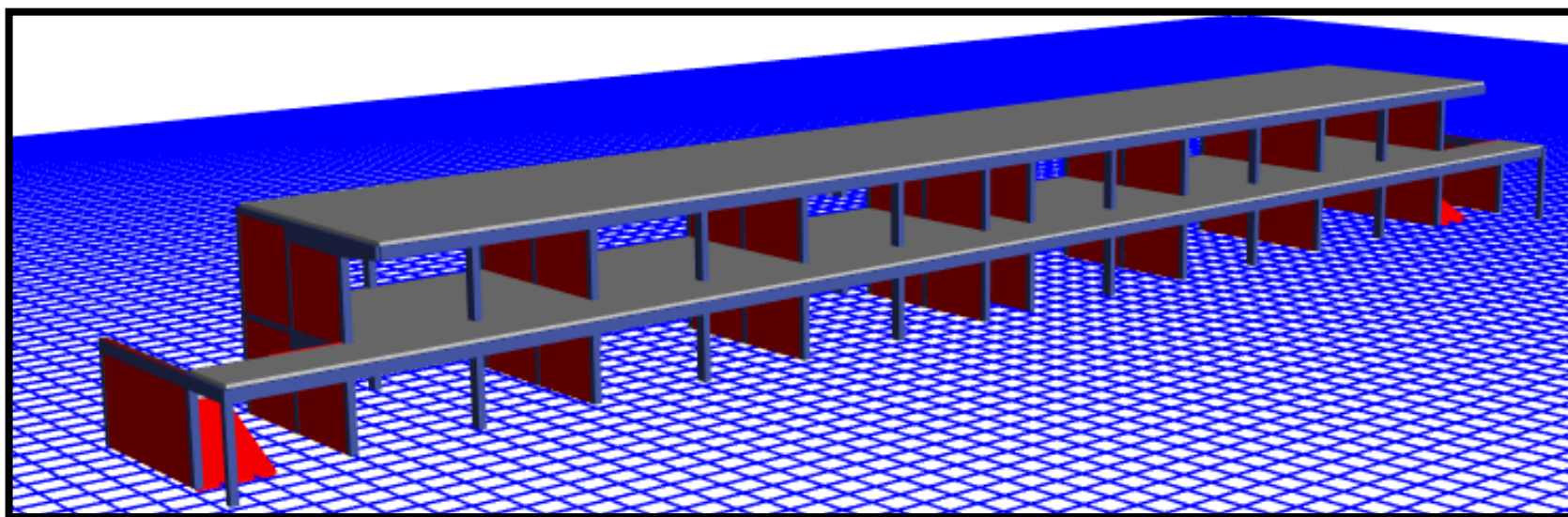


Figura N° 74: Modelado Final del Bloque A en ETABS 2016

- ❖ Definición de Masa:
100% Carga Muerta + 50% Carga Viva

Mass Source Data

Mass Source Name: MsSrc

Mass Source

- Element Self Mass
- Additional Mass
- Specified Load Patterns
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Ladrillo de techo	1
Acabados	1
Tabiquería móvil	1
Parapeto	1
Sobrecarga Entrepiso	0.5
Sobrecarga Azotea	0.5

Mass Options

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

OK Cancel

Evaluación para un Sismo Leve Z = 0.10g:

a) Definición de espectro eje Y – Albañilería:

Región : Lima
 Provincia : Barranca
 Distrito : Barranca
 Categoría : A2
 Zona : Z1
 Suelo : S3

$R = R_0 I_p I_a$ $\frac{S_a}{g} = \frac{ZUCS}{R}$

Sistema Estructural : Albañilería Armada o Confinada
 Verificación de Irregularidad : Irregular en Planta → $I_p = 1.0000$
 Irregular en Altura → $I_a = 1.0000$

$Z = 0.10$
 $U = 1.50$
 $S = 2.00$
 $T_p = 1.00$
 $T_L = 1.60$
 $R_0 = 3.0$
 $R = 3.00$

$T < T_p$ $C = 2.5$
 $T_p < T < T_L$ $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
 $T > T_L$ $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

T	C	ZUCS/R
0	2.5	0.25
0.02	2.5	0.25
0.04	2.5	0.25
0.06	2.5	0.25
0.08	2.5	0.25
0.1	2.5	0.25
0.12	2.5	0.25
0.14	2.5	0.25
0.16	2.5	0.25
0.18	2.5	0.25
0.2	2.5	0.25
0.25	2.5	0.25
0.3	2.5	0.25
0.35	2.5	0.25
0.4	2.5	0.25
0.45	2.5	0.25
0.5	2.5	0.25
0.55	2.5	0.25
0.6	2.5	0.25
0.65	2.5	0.25
0.7	2.5	0.25
0.75	2.5	0.25
0.8	2.5	0.25
0.85	2.5	0.25
0.9	2.5	0.25
0.95	2.5	0.25
1	2.5	0.25
1.6	1.5625	0.15625
2	1	0.1
2.5	0.64	0.064
3	0.444444	0.04444444
4	0.25	0.025
5	0.16	0.016
6	0.111111	0.01111111
7	0.081633	0.00816327
8	0.0625	0.00625
9	0.049383	0.00493827
10	0.04	0.004



Créditos: Ing. Alex Henry Palomino

b) Definición de espectro eje X – Concreto Armado:

Región : Lima					
Provincia : Barranca					
Distrito : Barranca					
Categoría : A2	$R = R_o I_p I_a$	$S_a = ZUCS$	$g = R$	$Z = 0.10$	
Zona : Z1				$U = 1.50$	$T < T_p$ $C = 2.5$
Suelo : S3				$S = 2.00$	
Sistema Estructural : Concreto Armado, Pórticos				$T_p = 1.00$	$T_p < T < T_L$ $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
Verificación de Irregularidad : Irregular en Planta	→ $I_p = 1.0000$			$T_L = 1.60$	
Irregularidad : Irregular en Altura	→ $I_a = 1.0000$			$R_o = 8.0$	$T > T_L$ $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$
				$R = 8.00$	

T	C	ZUCS/R
0	2.5	0.09375
0.02	2.5	0.09375
0.04	2.5	0.09375
0.06	2.5	0.09375
0.08	2.5	0.09375
0.1	2.5	0.09375
0.12	2.5	0.09375
0.14	2.5	0.09375
0.16	2.5	0.09375
0.18	2.5	0.09375
0.2	2.5	0.09375
0.25	2.5	0.09375
0.3	2.5	0.09375
0.35	2.5	0.09375
0.4	2.5	0.09375
0.45	2.5	0.09375
0.5	2.5	0.09375
0.55	2.5	0.09375
0.6	2.5	0.09375
0.65	2.5	0.09375
0.7	2.5	0.09375
0.75	2.5	0.09375
0.8	2.5	0.09375
0.85	2.5	0.09375
0.9	2.5	0.09375
0.95	2.5	0.09375
1	2.5	0.09375
1.6	1.5625	0.05859375
2	1	0.0375
2.5	0.64	0.024
3	0.444444	0.01666667
4	0.25	0.009375
5	0.16	0.006
6	0.111111	0.00416667
7	0.081633	0.00306122
8	0.0625	0.00234375
9	0.049383	0.00185185
10	0.04	0.0015



Créditos: Ing. Alex Henry Palomino

c) Definición de “sismo leve” en la dirección Y:

Load Case Data

General

Load Case Name: EQYY [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Ay=0.10g	981
Acceleration	U3	Ay=0.10g	654

[Add] [Delete] Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

d) Definición de “sismo leve” en la dirección X:

Load Case Data

General

Load Case Name: EQXX [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Ax=0.10g	981
Acceleration	U3	Ax=0.10g	654

[Add] [Delete] Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

e) Evaluación de falla de la estructura:

➤ **Control de Derivas:**

En la Dirección X: (Concreto Armado) $Drift_{max} = 0.007$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
PISO 2	DX Max	X	0.006787
PISO 1	DX Max	X	0.003927

La estructura no FALLA en la dirección X

En la Dirección Y: (Albañilería) $Drift_{max} = 0.005$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
PISO 2	DY Max	Y	0.00021
PISO 1	DY Max	Y	0.000154

La estructura no FALLA en la dirección Y

➤ **Control de efecto de Columna Corta en la dirección X:**

Cortante Resistente de la Columna (Vr): $V_r = V_c + V_s$

Aporte de concreto (Vc):

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$\phi = 0.85$, el esfuerzo de minoración.

f'_c = resistencia máxima a la compresión del concreto en kg/cm².

b, d= base y altura efectiva de la columna en el sentido de análisis.

Aporte de estribos (Vs):

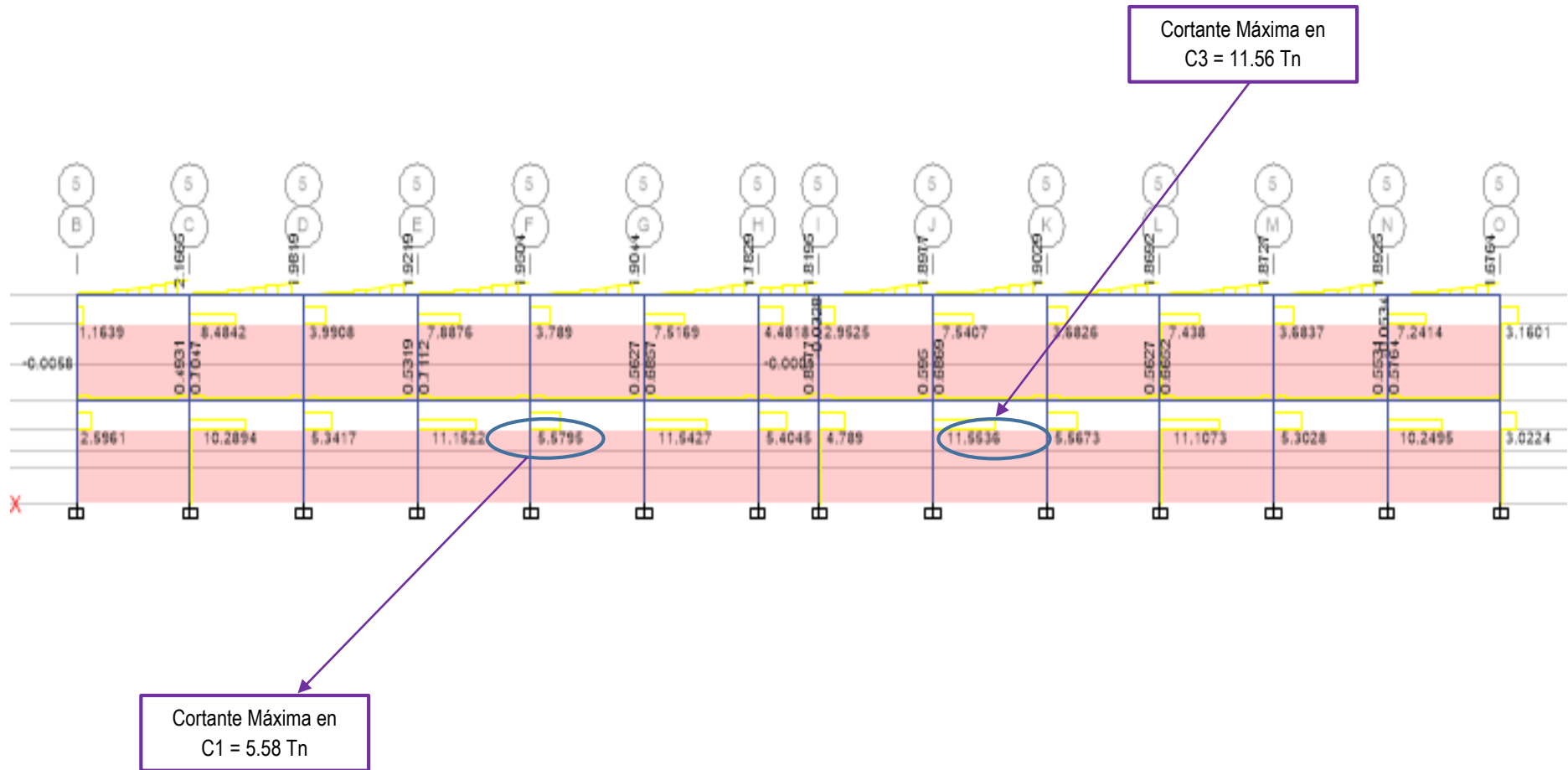
$$V_s = Av * f'_y * \frac{d}{s}$$

Av = Área de los dos brazos de estribos.

f'_y = resistencia máxima a la compresión del concreto en kg/cm².

s = espaciamiento de estribos.

Determinación de Cortantes Actuantes Máximas por efecto de columna corta



Cortante Resistente C1:

Aporte de Concreto:			Aporte de Estribos:		
b =	25	cm	Av =	1.42	cm ²
h =	25	cm	fy =	4200	Kg/cm ²
f _c =	175	Kg/cm ²	d =	21	cm
φ =	0.85		s =	25	cm
V_c =	3.13	Tn	V_s =	5.01	Tn
Cortante Resistente:					
V _r =	8.14	Tn			

Luego:

$$V_a < V_r \rightarrow 5.58 \text{ Tn} < 8.14 \text{ Tn}$$

Por lo tanto, la columna C1 NO FALLA

Cortante Resistente C3:

Aporte de Concreto:			Aporte de Estribos:		
b =	25	cm	Av =	1.42	cm ²
h =	40	cm	fy =	4200	Kg/cm ²
f _c =	175	Kg/cm ²	d =	36	cm
φ =	0.85		s =	25	cm
V_c =	5.36	Tn	V_s =	8.59	Tn
Cortante Resistente:					
V _r =	13.95	Tn			

Luego:

$$V_a < V_r \rightarrow 11.56 \text{ Tn} < 13.95 \text{ Tn}$$

Por lo tanto, la columna C3 NO FALLA

- **Control de Agrietamiento de Muros en la dirección Y:**
Para considerar que la estructura no FALLA se debe cumplir que todos los muros cumplan con:

$$V_e \leq 0.55V_m$$

Siendo V_e el cortante actuante y V_m es el cortante resistente del muro:

$$V_m = 0.5 * v'm * \alpha * t * L + 0.23 P_g$$

Donde:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e * L}{M_e} \leq 1.0$$

t = espesor efectivo de los muros

v'm = 81 Tn/m², resistencia a corte puro de los muretes de albañilería.

L = Longitud del muro

Pg = Carga Axial de gravedad

Me = Momento flector actuante

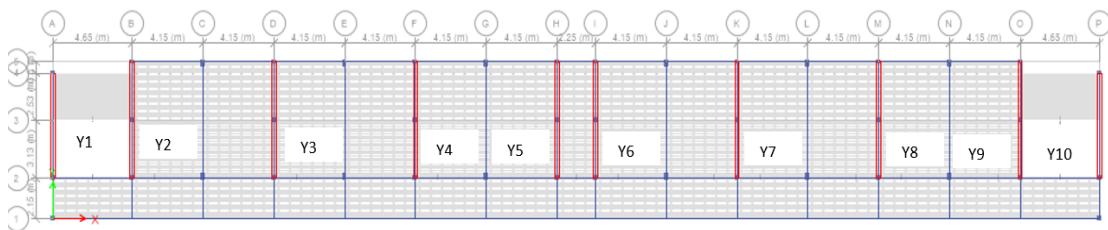


Tabla N° 14: Control de agrietamiento en muros para a=0.10g

Muro	L (m)	t (m)	Ve (Tn)	Me (Tn.m)	α	v'm (tn/m ²)	Pg (Tn)	Vm (Tn)	Evaluacion
Y1	5.90	0.13	15.00	18.17	1.00	81.00	9.76	32.11	NO FALLA
Y2	6.50	0.23	27.52	26.27	1.00	81.00	38.00	69.29	NO FALLA
Y3	6.50	0.23	6.69	16.36	1.00	81.00	40.25	69.81	NO FALLA
Y4	6.50	0.23	3.12	16.95	1.00	81.00	40.38	69.83	NO FALLA
Y5	6.50	0.23	1.33	15.87	0.54	81.00	36.52	41.38	NO FALLA
Y6	6.50	0.23	1.36	20.36	0.43	81.00	36.52	34.69	NO FALLA
Y7	6.50	0.23	2.97	16.04	1.00	81.00	40.38	69.83	NO FALLA
Y8	6.50	0.23	6.89	17.10	1.00	81.00	40.25	69.81	NO FALLA
Y9	6.50	0.23	18.74	24.61	1.00	81.00	38.00	69.29	NO FALLA
Y10	5.90	0.13	17.30	24.75	1.00	81.00	9.76	32.11	NO FALLA

Fuente: (Elaboracion propia)

Finalmente, después de hacer el control de derivas, el control de efecto de columna corta, y el control de agrietamiento en muros podemos decir que la estructura NO FALLA ante la acción de un sismo leve.

Evaluación para un Sismo Leve Z = 0.25g:

f) Definición de espectro eje Y – Albañilería:

Región: Lima
 Provincia: Banaica
 Distrito: Banaica
 Categoría: A2
 Zona: Z2
 Suelo: S3

$R = R_o I_p I_a$

$\frac{S_a}{g} = \frac{ZUCS}{R}$

Sistema Estructural: Albañilería Armada o Confinada

Verificación de Irregularidad: Irregular en Planta $\rightarrow I_p = 1.0000$
 Irregularidad: Irregular en Altura $\rightarrow I_a = 1.0000$

Z = 0.25
 U = 1.50
 S = 1.40
 $T_p = 1.00$
 $T_L = 1.60$
 $R_o = 3.0$
 $R = 3.00$

$T < T_p$ $C = 2.5$
 $T_p < T < T_L$ $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
 $T > T_L$ $C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

T	C	ZUCS/R
0	2.5	0.4375
0.02	2.5	0.4375
0.04	2.5	0.4375
0.06	2.5	0.4375
0.08	2.5	0.4375
0.1	2.5	0.4375
0.12	2.5	0.4375
0.14	2.5	0.4375
0.16	2.5	0.4375
0.18	2.5	0.4375
0.2	2.5	0.4375
0.25	2.5	0.4375
0.3	2.5	0.4375
0.35	2.5	0.4375
0.4	2.5	0.4375
0.45	2.5	0.4375
0.5	2.5	0.4375
0.55	2.5	0.4375
0.6	2.5	0.4375
0.65	2.5	0.4375
0.7	2.5	0.4375
0.75	2.5	0.4375
0.8	2.5	0.4375
0.85	2.5	0.4375
0.9	2.5	0.4375
0.95	2.5	0.4375
1	2.5	0.4375
1.6	1.5625	0.2734375
2	1	0.175
2.5	0.64	0.112
3	0.444444	0.07777778
4	0.25	0.04375
5	0.16	0.028
6	0.111111	0.01944444
7	0.081633	0.01428571
8	0.0625	0.0109375
9	0.049383	0.00864198
10	0.04	0.007



Créditos: Ing. Alex Henry Palomino

g) Definición de espectro eje X – Concreto Armado:

Región : Lima
 Provincia : Barranca
 Distrito : Barranca
 Categoría : A2
 Zona : Z2
 Suelo : S3

$$R = R_0 I_p I_a \quad \frac{S_a}{g} = \frac{ZUCS}{R}$$

Sistema Estructural : Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)
 Verificación de Irregularidad : Irregular en Planta $\rightarrow I_p = 1.0000$
 Irregularidad : Irregular en Altura $\rightarrow I_a = 1.0000$

$Z = 0.25$
 $U = 1.50$
 $S = 1.40$
 $T_p = 1.00$
 $T_L = 1.60$
 $R_0 = 8.0$
 $R = 8.00$

$T < T_p \quad C = 2.5$
 $T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
 $T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

T	C	ZUCS/R
0	2.5	0.1640625
0.02	2.5	0.1640625
0.04	2.5	0.1640625
0.06	2.5	0.1640625
0.08	2.5	0.1640625
0.1	2.5	0.1640625
0.12	2.5	0.1640625
0.14	2.5	0.1640625
0.16	2.5	0.1640625
0.18	2.5	0.1640625
0.2	2.5	0.1640625
0.25	2.5	0.1640625
0.3	2.5	0.1640625
0.35	2.5	0.1640625
0.4	2.5	0.1640625
0.45	2.5	0.1640625
0.5	2.5	0.1640625
0.55	2.5	0.1640625
0.6	2.5	0.1640625
0.65	2.5	0.1640625
0.7	2.5	0.1640625
0.75	2.5	0.1640625
0.8	2.5	0.1640625
0.85	2.5	0.1640625
0.9	2.5	0.1640625
0.95	2.5	0.1640625
1	2.5	0.1640625
1.6	1.5625	0.10253906
2	1	0.065625
2.5	0.64	0.042
3	0.444444	0.02916667
4	0.25	0.01640625
5	0.16	0.0105
6	0.111111	0.00729167
7	0.081633	0.00535714
8	0.0625	0.00410156
9	0.049383	0.00324074
10	0.04	0.002625



Créditos: Ing. Alex Henry Palomino

h) Definición de “sismo moderado bajo” en la dirección Y:

Load Case Data [X]

General

Load Case Name: EQYY [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Ay=0.25g	981
Acceleration	U3	Ay=0.25g	654

[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

i) Definición de “sismo moderado bajo” en la dirección X:

Load Case Data

General

Load Case Name: EQXX

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Ax=0.25g	981
Acceleration	U3	Ax=0.25g	654

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms

OK Cancel

j) Evaluación de falla de la estructura:

➤ Control de Derivas:

En la Dirección X: (Concreto Armado) $Drift_{max} = 0.007$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
PISO 2	DX Max	X	0.011873
PISO 1	DX Max	X	0.006871

La estructura FALLA en la dirección X

En la Dirección Y: (Albañilería) $Drift_{max} = 0.005$

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
PISO 2	DY Max	Y	0.000368
PISO 1	DY Max	Y	0.00037

La estructura no FALLA en la dirección Y

➤ Control de efecto de Columna Corta en la dirección X:

Cortante Resistente de la Columna (Vr): $V_r = V_c + V_s$

Aporte de concreto (Vc):

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$\phi = 0.85$, el esfuerzo de minoración.

f'_c = resistencia máxima a la compresión del concreto en kg/cm².

b, d= base y altura efectiva de la columna en el sentido de análisis.

Aporte de estribos (Vs):

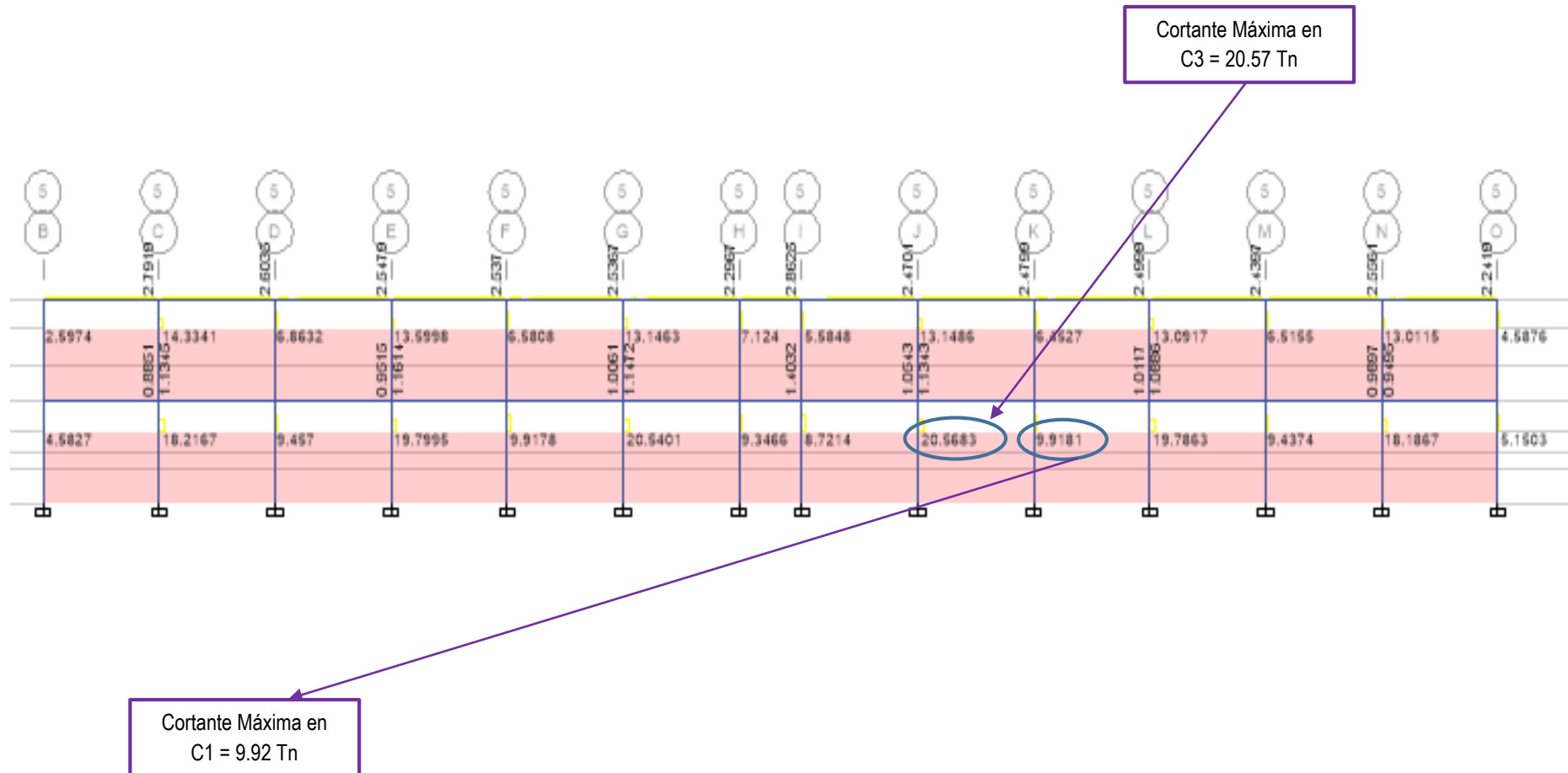
$$V_s = Av * f'_y * \frac{d}{s}$$

Avp = Área de los dos brazos de estribos.

f'_y = resistencia máxima a la compresión del concreto en kg/cm².

s = espaciamiento de estribos.

Determinación de Cortantes Actuantes Máximas por efecto de columna corta



Cortante Resistente C1:

Aporte de Concreto:			Aporte de Estribos:		
b =	25	cm	Av =	1.42	cm ²
h =	25	cm	fy =	4200	Kg/cm ²
f _c =	175	Kg/cm ²	d =	21	cm
φ =	0.85		s =	25	cm
V_c =	3.13	Tn	V_s =	5.01	Tn
Cortante Resistente:					
V _r =	8.14	Tn			

Luego:

$$V_a > V_r \rightarrow 9.92 \text{ Tn} > 8.14 \text{ Tn}$$

Por lo tanto, la columna C1 FALLA

Cortante Resistente C3:

Aporte de Concreto:			Aporte de Estribos:		
b =	25	cm	Av =	1.42	cm ²
h =	40	cm	fy =	4200	Kg/cm ²
f _c =	175	Kg/cm ²	d =	36	cm
φ =	0.85		s =	25	cm
V_c =	5.36	Tn	V_s =	8.59	Tn
Cortante Resistente:					
V _r =	13.95	Tn			

Luego:

$$V_a > V_r \rightarrow 20.57 \text{ Tn} > 13.95 \text{ Tn}$$

Por lo tanto, la columna C3 FALLA

- **Control de Agrietamiento de Muros en la dirección Y:**
 Para considerar que la estructura no FALLA se debe cumplir que todos los muros cumplan con:

$$V_e \leq 0.55V_m$$

Siendo V_e el cortante actuante y V_m es el cortante resistente del muro:

$$V_m = 0.5 * v'm * \alpha * t * L + 0.23 P_g$$

Donde:

$$1/3 \leq \alpha = \frac{V_e * L}{M_e} \leq 1.0$$

t = espesor efectivo de los muros

$v'm$ = 81 Tn/m², resistencia a corte puro de los muretes de albañilería.

L = Longitud del muro

P_g = Carga Axial de gravedad

M_e = Momento flector actuante

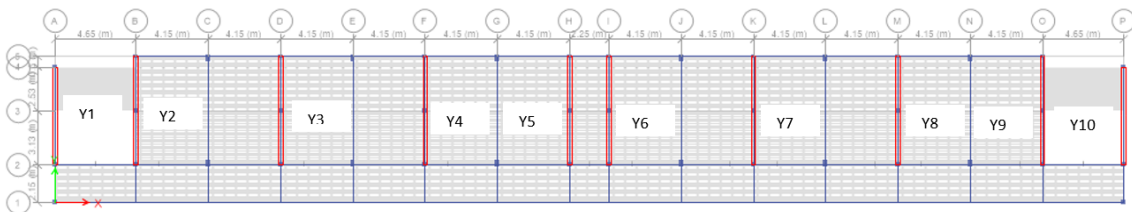


Tabla N° 15: Control de agrietamiento en muros para $a=0.25g$

Muro	L (m)	t (m)	V_e (Tn)	M_e (Tn.m)	α	$v'm$ (tn/m ²)	P_g (Tn)	V_m (Tn)	Evaluacion
Y1	5.90	0.13	23.33	30.61	1.00	81.00	9.76	32.11	FALLA
Y2	6.50	0.23	36.46	55.21	1.00	81.00	38.00	69.29	NO FALLA
Y3	6.50	0.23	11.79	19.76	1.00	81.00	40.25	69.81	NO FALLA
Y4	6.50	0.23	5.99	16.19	1.00	81.00	40.38	69.83	NO FALLA
Y5	6.50	0.23	0.20	15.57	0.33	81.00	36.52	28.58	NO FALLA
Y6	6.50	0.23	0.27	19.27	0.33	81.00	36.52	28.58	NO FALLA
Y7	6.50	0.23	5.58	14.84	1.00	81.00	40.38	69.83	NO FALLA
Y8	6.50	0.23	11.62	16.12	1.00	81.00	40.25	69.81	NO FALLA
Y9	6.50	0.23	24.46	45.33	1.00	81.00	38.00	69.29	NO FALLA
Y10	5.90	0.13	23.79	33.49	1.00	81.00	9.76	32.11	FALLA

Fuente: (Elaboracion propia)

Finalmente, del control de derivas y del control de efecto de columna corta podemos decir que la estructura "FALLA", por ende, se concluye que la estructura en la dirección X tiene una **VULNERABILIDAD MEDIA ALTA**; Luego, del control de agrietamiento de muros vemos que la estructura también falla, por ende, se concluye que la estructura en la dirección Y tiene una **VULNERABILIDAD MEDIA ALTA**. (Pues para ambas direcciones de análisis la estructura "Falla" ante la acción de un sismo moderado bajo)

Ante esta situación, vemos que tanto la evaluación de la vulnerabilidad sísmica por el método del índice de vulnerabilidad y mediante el uso del programa Etabs 2016 arrojan resultados similares, lo que da mayor valor de confianza al método italiano de Benedetti y Petrini.

4.3 Presentación de Cuadros y Gráficos:

Cuadro N° 1 : Sistema estructural de los pabellones de la I.E. N° 20475

Bloque	Dirección de Análisis	Sistema Estructural Predominante
A	X	Pórticos de Concreto Armado
	Y	Albañilería Confinada
B	X	Pórticos de Concreto Armado
	Y	Albañilería Confinada
C	Y	Pórticos de Concreto Armado
	X	Albañilería Confinada

Fuente: (Elaboracion propia)

Cuadro N° 2: Clasificación de los bloques de la I.E. N° 20475, según el método de índice de vulnerabilidad para sistemas estructurales de concreto armado.

i	Parámetro	CLASIFICACIÓN (Bloque - Dirección de Análisis)					
		A - x		B - x		C - y	
		Ki	Ki(valor)	Ki	Ki(valor)	Ki	Ki(valor)
1	Organización del sistema resistente	C	12	A	0	B	6
2	Calidad del sistema resistente	C	12	B	6	C	12
3	Resistencia Convencional	C	22	C	22	B	11
4	Posición del edificio y cimentación	A	0	A	0	A	0
5	Diafragmas horizontales	B	3	A	0	B	3
6	Configuración en planta	B	3	B	3	C	3
7	Configuración en elevación	A	0	A	0	A	0
8	Separación máxima entre muros	A	0	A	0	A	0
9	Tipo de cubierta	C	6	A	0	B	3
10	Elementos no estructurales	A	0	A	0	C	10
11	Estado de conservación	A	0	A	0	B	10

Fuente: (Elaboracion propia)

Cuadro N° 3: Clasificación de los bloques de la I.E. N° 20475, según el método de índice de vulnerabilidad para sistemas estructurales de albañilería no reforzada.

i	Parámetro	CLASIFICACIÓN (Bloque - Dirección de Análisis)					
		A - y		B - y		C - x	
		Ki	Ki(valor)	Ki	Ki(valor)	Ki	Ki(valor)
1	Organización del sistema resistente	A	0	A	0	A	0
2	Calidad del sistema resistente	B	5	A	0	B	5
3	Resistencia Convencional	B	5	B	5	C	25
4	Posición del edificio y cimentación	A	0	A	0	A	0
5	Diafragmas horizontales	B	5	A	0	B	5
6	Configuración en planta	D	45	A	0	D	45
7	Configuración en elevación	B	5	B	5	C	25
8	Separación máxima entre muros	D	45	D	45	D	45
9	Tipo de cubierta	B	15	B	15	B	5
10	Elementos no estructurales	B	5	B	5	C	25
11	Estado de conservación	A	0	A	0	B	5

Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro N° 4: Vulnerabilidad Sísmica de la I.E. N° 20475

BLOQUE	Dirección de Análisis	Sistema Estructural	Índice de Vulnerabilidad	Vulnerabilidad Sísmica	Vulnerabilidad Promedio
A	X	Pórticos Concreto Armado	50.50	Media Alta	Media Alta
	Y	Albañilería	90.00	Media Baja	
B	X	Pórticos Concreto Armado	26.50	Media Baja	Media Baja
	Y	Albañilería	40.00	Baja	
C	Y	Pórticos Concreto Armado	43.00	Media Alta	Media Alta
	X	Albañilería	126.25	Media Alta	

Fuente: (Elaboración propia)

Comentario: La vulnerabilidad promedio es la respuesta más crítica que pueda tener el edificio ante un evento sísmico, pues basta que la estructura sea comprometida en sola dirección de análisis para que esta falle.

Gráfico N° 1: Índice de Vulnerabilidad para sistemas estructurales de concreto armado de la I.E. N° 20475

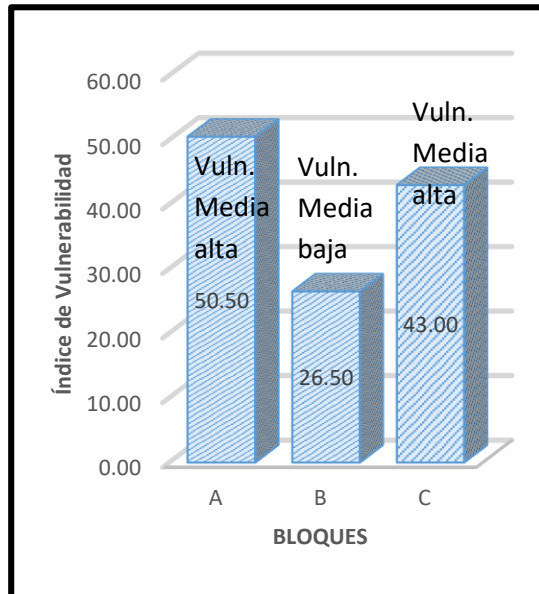
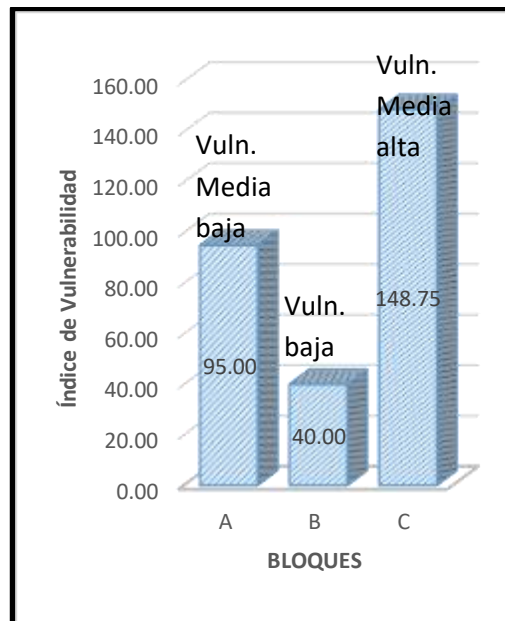


Gráfico N° 2: Índice de Vulnerabilidad para sistemas estructurales de albañilería de la I.E. N° 20475



Comentario: Como podemos observar el bloque A y el bloque B, presentan mayor vulnerabilidad sísmica en el sentido de análisis de pórticos de concreto armado, mientras que el bloque C presenta una vulnerabilidad media alta en ambos sentidos de análisis debido a su mala estructuración y forma asimétrica.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones:

- ✓ La I.E. N° 20475 – Los Pelones presenta en promedio una VULNERABILIDAD MEDIA ALTA.
- ✓ Después de aplicar el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini, se determinó que:
 - ❖ El bloque A de la Institución educativa N° 20475, presenta VULNERABILIDAD MEDIA ALTA, por lo tanto, ante un sismo severo, esta edificación tiene mayor probabilidad de falla total y/o que se presenten daños severos en su estructura, además de ocasionar heridos graves y muerte de sus ocupantes.
 - ❖ El bloque B de la Institución educativa N° 20475, presenta VULNERABILIDAD MEDIA BAJA, por lo tanto, ante un sismo severo, esta edificación puede sufrir daños importantes que, aunque no colapsen las estructuras, es peligrosa su utilización.
 - ❖ El bloque C de la Institución educativa N° 20475, presenta VULNERABILIDAD MEDIA ALTA, por lo tanto, ante un sismo severo, esta edificación tiene mayor probabilidad de falla total y/o que se presenten daños severos en su estructura, además de ocasionar heridos graves y muerte de sus ocupantes.
- ✓ La configuración estructural de una edificación determina la forma de evaluación de la misma, pues, edificaciones de un sistema resistente de albañilería no puede ser evaluada de la misma manera que otra de concreto armado.
- ✓ Según el método del índice de vulnerabilidad existen 11 parámetros de evaluación según el sistema estructural sismorresistente que se tenga, de acuerdo a lo siguiente:
 - ❖ Para edificaciones de albañilería no armada:
 - Organización del sistema resistente.
 - Calidad del sistema resistente.
 - Resistencia Convencional.
 - Posición del edificio y cimentación.
 - Diafragmas horizontales.

- Configuración en planta.
 - Configuración en elevación.
 - Separación máxima entre muros.
 - Tipos de cubierta.
 - Elementos no estructurales.
 - Estado de conservación.
- ❖ Los factores que intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de Concreto Armado son:
- Organización del sistema resistente.
 - Calidad del sistema resistente.
 - Resistencia Convencional.
 - Posición del edificio y cimentación.
 - Diafragmas horizontales.
 - Configuración en planta.
 - Configuración en elevación.
 - Conexión entre elementos críticos.
 - Elemento de baja ductilidad.
 - Elementos no estructurales.
 - Estado de conservación.

5.2 Recomendaciones:

- ✓ Se recomienda reforzar las estructuras del bloque A y B, en el anexo 2 se muestran propuestas básicas que puedan ser utilizadas como alternativas de solución, sin embargo, estas propuestas deben ser tomadas como **ALTERNATIVAS PRELIMINARES** para una investigación más profunda, pues no se conoce con **PRECISIÓN** parámetros como resistencia de la albañilería y del concreto, cantidad de acero en los elementos estructurales, entre otras, que deben ser estudiadas con pruebas de laboratorio y ensayos. para así formular una propuesta **“EXACTA”** de reforzamiento.
 - El costo del reforzamiento estructural del Pabellón “A”, teniendo en cuenta las limitaciones indicadas líneas arriba es de S/. 120,944.40 según se detalla a continuación:

Tabla N° 16: Costo referencial de propuesta de reforzamiento bloque A

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL (S/.)
1	ENCAMISADO DE COLUMNA 1 (45X45)	UND	16	4,397.58	70,361.28
2	ENCAMISADO DE COLUMNA 2 (45X60)	UND	12	4,215.26	50,583.12
PRESUPUESTO TOTAL EN SOLES (S/.)					120,944.40

Fuente: (Elaboracion propia)

- El costo del reforzamiento estructural del Pabellón “B”, teniendo en cuenta las limitaciones indicadas líneas arriba es de S/. 28,068.08 según se detalla a continuación:

Tabla N° 17: Costo referencial de propuesta de reforzamiento bloque B

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL (S/.)
1	ENCAMISADO DE COLUMNA 1 (55X65)	UND	4	7,017.02	28,068.08
PRESUPUESTO TOTAL EN SOLES (S/.)					28,068.08

Fuente: (Elaboracion propia)

- ✓ Se recomienda aumentar la rigidez de las estructuras.
- ✓ Se recomienda separar los alfeizar de las ventanas de los pórticos de la estructura, para evitar el efecto de columna corta.

- ✓ Se recomienda separar las escaleras (Bloque A) de la estructura principal, para darle a la edificación un mejor comportamiento sísmico.
- ✓ Se recomienda dividir el bloque A, en dos edificios, de 3 aulas por piso cada uno.
- ✓ Se recomienda dar mantenimiento a las juntas de separación sísmica.
- ✓ En el caso del bloque C, se recomienda demolerla y construir una edificación nueva por lo siguiente:
 - La norma E.030 – Diseño sismorresistente, de aplicación para diseño y reforzamiento de estructuras, indica que no se permitirán irregularidades en colegios para la zona sísmica 4, es decir, el bloque C no debe tener irregularidades.
 - El Bloque C cuenta con 3 pisos, con el caso particular de contar con un apéndice octogonal y un apéndice rectangular (mostrados en el croquis del bloque C, adjunto debajo del párrafo), lo que lo vuelve completamente asimétrica estructuralmente, por ende, presenta Irregularidades estructurales en planta, como por ejemplo el de “Esquinas entrantes”, que para poder eliminar esta irregularidad sería necesario demoler ambos apéndices lo que equivale a un área aproximada del 50% del bloque total y teniendo una pérdida de 6 aulas que tendrían que ser construidas nuevamente y a partir de allí reforzar lo que quede de la estructura, por ende el costo de REPARACIÓN sería muy similar al de una CONSTRUCCIÓN NUEVA.
 - La reconstrucción del Pabellón C tendrá un costo referencial de S/. 1,354,516.20 el cual se detalla a continuación:

Tabla N° 18: Costo referencial de reconstrucción del bloque C

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL (S/.)
1.00	PISO 1				
1.01	4 AULAS	M2	269.83	1,420.00	383,158.60
1.02	SALA DE MAESTROS	M2	33.42	1,540.00	51,466.80
2.00	PISO 2				
2.01	4 AULAS	M2	269.83	1,420.00	383,158.60
2.02	SALA DE ORIENTACIÓN BÁSICA ESTUDIANTIL	M2	33.42	1,500.00	50,130.00
3.00	PISO 3				
3.01	4 AULAS	M2	303.25	1,420.00	430,615.00
4.00	ESCALERA				
4.01	4 TRAMOS	M2	34.56	1,620.00	55,987.20
PRESUPUESTO TOTAL EN SOLES (S/.) =					1,354,516.20

Fuente: (Elaboracion propia)

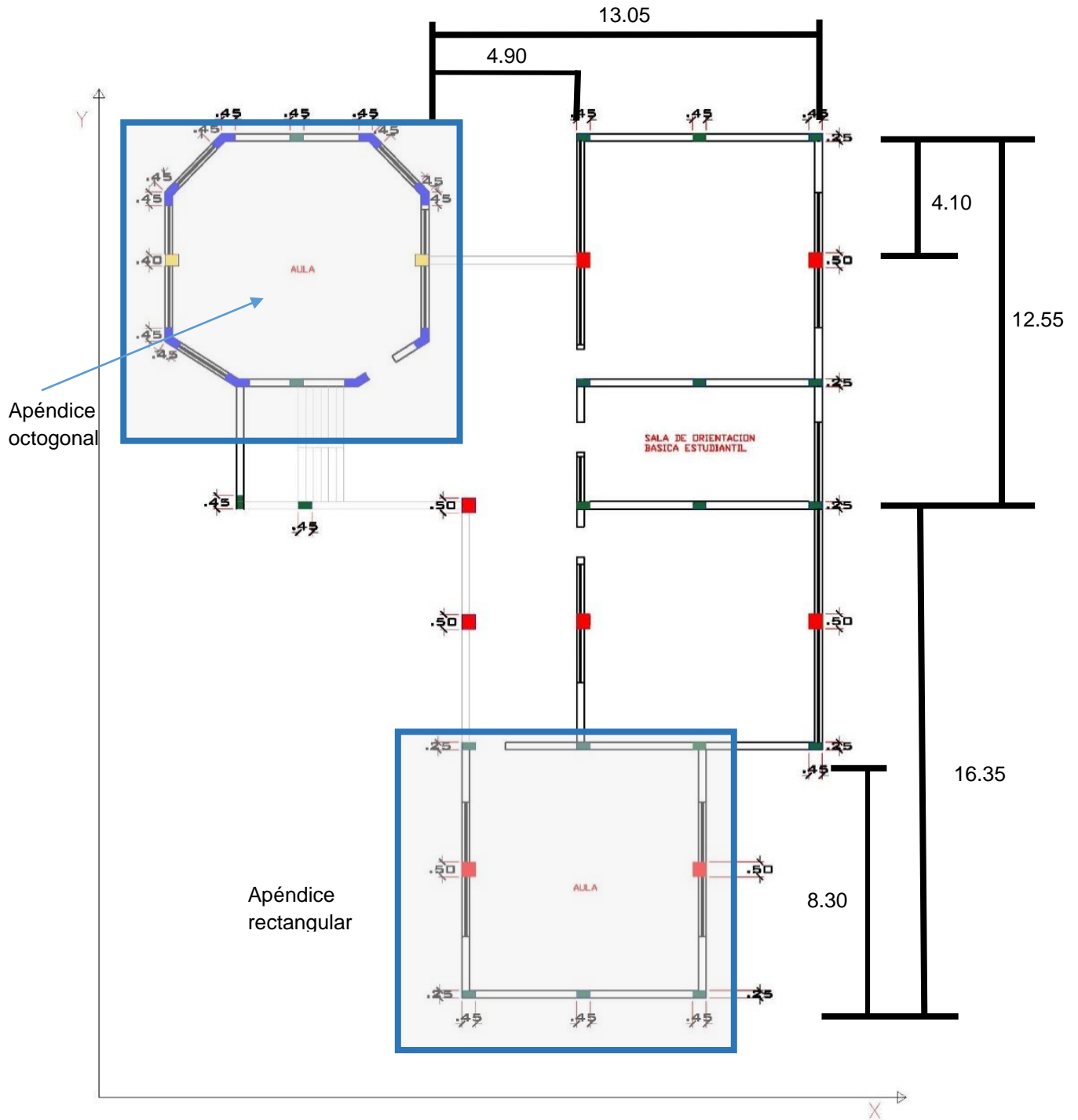
Nota: Los costos unitarios fueron extraídos de los costos referenciales del PRONIED (Costos Módulos Costa Primaria)

CROQUIS DEL BLOQUE C:

$$\frac{4.90}{13.05} = 37.55\%$$

(Irregularidad por Esq. Entrantes)

$$\frac{4.10}{12.55} = 32.67\%$$



$$\frac{8.30}{16.35} = 50.76\%$$

CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1 Fuentes Bibliográficas

- ✓ Abanto Valdivia, S., & Cardenas Cruz, D. (2015). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de benedetti – petrini en las instituciones educativas del centro histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad*. Obtenido de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2056/1/RE_ING.CIVIL_SARITA.ABANTO_DEYSI.CARDENAS_VULNERABILIDAD.SISMICA.METODO.BENEDETTI_DATOS_T046_70922625T.PDF
- ✓ Abanto Valdivia, S., & Cardenas Cruz, D. J. (2015). *DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO EL MÉTODO DE BENEDETTI – PETRINI EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE TRUJILLO, PROVINCIA DE TRUJILLO, REGIÓN LA LIBERTAD*.
- ✓ Alva Sarmiento, A. (2016). *Fundamentos de la Sismología y Riesgo Sísmico*.
- ✓ Alwayay Barrientos, V. (2013). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del casco urbano de la ciudad de Valdivia, empleando índices de vulnerabilidad*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcia473e/doc/bmfcia473e.pdf>
- ✓ Astorga, M., & Aguilar, V. (04 de 2006). *Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71403073.pdf>
- ✓ Barrera Ramos, O., & Nieves Corredor, O. (2015). *Determinación de la Vulnerabilidad en las Casas Coloniales ubicadas en el Barrio de San Diego de la Ciudad de Cartagena*. Obtenido de <http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/2069/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- ✓ Blanco, M. (2012). *Criterios Fundamentales para el diseño sismoresistente*. Obtenido de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000300008
- ✓ Bustamante Vergara , R., Castro Navarro , C., & Marquez Zabala, J. (2007). *ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE LA ZONA RURAL NORTE DEL MUNICIPIO DE SINCELEJO*. SINCELEJO. Obtenido de <https://elknol.files.wordpress.com/2013/06/123734143-estudio-de->

vulnerabilidad-sismica-de-las-instituciones-educativas-de-la-zona-rural-norte-de-sincelejo.pdf

- ✓ Bustamante Vergara;Castro Navarro;Marquez Zavala. (s.f.).
- ✓ Caballero Guerrero, A. (2007). *Determinacion de la Vulnerabilidad Sísmica por medio del Método del Índice de Vulnerabilidad en las Estructuras Ubicadas en el Centro Histórico de la Ciudad de Sincelejo, Utilizando la Tecnología del Sistema de Información Geografica.* Obtenido de <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/105/92535650.pdf?sequence=1>
- ✓ Cabrera, J. (2014). *Patrones a evitar para un adecuado diseño sismoresistente: Columna Corta.* Obtenido de <https://civilgeeks.com/2011/09/14/patrones-a-evitar-para-un-adecuado-diseno-sismorresistente%E2%80%A6i-columna-corta/>
- ✓ Castro P., C. (2011). *Seminario regional de estudios y normalización de la construcción.* Ayacucho.
- ✓ Castro P., C. (2011). *Seminario regional de estudios y normalización de la construcción - Ayacucho.*
- ✓ Composi. (2017). Obtenido de <http://composi.info/diastrofismo.html>
- ✓ Cuando la tierra se mueve. (2009). *Terremotos - Conceptos.* Obtenido de <http://cuandolatierrasemueve.blogspot.com/2009/11/terremotos.html>
- ✓ Elaboracion propia. (s.f.).
- ✓ Enciclopedia de tareas. (2014). *Efectos de Columna Corta.* Obtenido de <https://www.encyclopediadetareas.net/2014/08/efectos-de-columna-corta.html>
- ✓ EPOEM N°118, E. (20 de 11 de 2016). *ONDAS SISMICAS.* Obtenido de <http://queondaconlasondasepoem118fisica.blogspot.com/2016/11/ondas-sismicas.html>
- ✓ Galapagos Conservation Trust. (s.f.). *La corteza de la tierra.* Obtenido de <http://descubriendogalapagos.ec/descubre/procesos-geograficos/ubicacion-formacion/placas-tectonicas/>
- ✓ Gómez Prado, W., & Loaysa Yañez, A. (2014). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de centros de salud del Distrito de Ayacucho.* Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/241/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- ✓ Google. (23 de Junio de 2001). *El terremoto*. Obtenido de http://www.drmonline.net/drmlibrary/peru_photos.htm
- ✓ INDECI. (2006). *Programa de Capacitación para la Estimación del Riesgo*.
- ✓ Ingenieros.com. (s.f.). Obtenido de <https://www.google.com.pe/url?sa=i&source=imgres&cd=&ved=2ahUKEwihokW76KLeAhUlv1MKHbYqA2YQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fmyg-ingenieros.com%2Fsismo-del-15agosto2007-peru%2F&psig=AOvVaw3DPiJrulzfLyal3bw8Y-G0&ust=1540598950275465>
- ✓ Instituto de Investigaciones en Ingeniería . (2009). *Blog del daño Sísmico Estructural*. Obtenido de <http://www.lis.ucr.ac.cr/25>
- ✓ Jimenez, D., Velazquez , G., Ovalles, D., & Gonzalez, G. (2015). La construcción civil más resistente del mundo. *El Ingenio*.
- ✓ Macetas Porras, P. (2016). *Trabajo Final: Detalle de Refuerzo*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/JhimyQuispe1/detalle-de-refuerzo>
- ✓ Marcano, J. (s.f.). *Emergencias, Desastres y Gestión del Riesgo*. Obtenido de <http://www.jmarcano.com/riesgos/informa/medirsismo.html>
- ✓ Marín Marín, F. (2014). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica de los pabellones 1 y 2 de la i.e. estatal ramón castilla y marquesado del distrito de Jaén – Cajamarca*. doi:<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/83/T%20551.22%20M337%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ✓ Martínez Cuevas, S. (2014). *Evaluación De La Vulnerabilidad Sísmica Urbana Basada En Tipologías Constructivas Y Disposición Urbana De La Edificación. Aplicación En La Ciudad De Lorca, Región De Murcia*. Obtenido de http://redgeomatrica.rediris.es/redlatingeo/2014/SANDRA_MARTINEZ_CUEVAS.pdf
- ✓ Mena Hernández, U. (Julio de 2002). *Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93534/01INDICE.pdf>
- ✓ MIS CURIOSIDADES. (22 de NOVIEMBRE de 2017). *PLACAS DIVERGENTES Y CONVERGENTES*. Obtenido de <http://doyaconocercuriosidadesdetodotipo.blogspot.com/2017/11/placas-divergentes-y-convergentes.html>

- ✓ Monografias.com. (s.f.). *Terremotos*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos98/losterremotos/losterremotos.shtml>
- ✓ Moreno Rodriguez , N. (2010). Comportamiento Ante Movimientos Sísmicos de Viviendas de Mampostería de una o dos Plantas en el Barrio la Paz de Barranquilla. *Revista Inge-CUC*.
- ✓ Moreno Rodriguez, N., & Ahumada Villafañe, J. (2011). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica usando el método del Índice de Vulnerabilidad en viviendas construidas en el barrio La Paz*. Obtenido de http://www.laccei.org/LACCEI2011-Medellin/published/CE236_Ahumada.pdf
- ✓ Morrison Ingenieros. (06 de 02 de 2012). *Etabs - Mamposteria Reforzada*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=k94yUtfDDfQ>
- ✓ Muñiz PaucarMayta, A., & Gonzales Moncada, T. (2017). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica y autoconstrucción de viviendas de la urbanización Carabayllo de Comas, 2016*.
- ✓ Nuñez Vega, J., & Gastelo Castañeda, A. (2015). *Vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Chiclayo, zona oeste (av. eufemio lora y lora av. José leonardo ortiz, prolong. bolognesi, via de evitamiento, panamericana norte y av. agosto b. leguia). aplicando los índices de benedetti y petrini*. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/336>
- ✓ Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. (2000). *Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud*.
- ✓ Olarte, J., Obregoso, E., & Julca, J. (2015). *Evaluación del Riesgo Sísmico del Centro Histórico de Chiclayo*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/278130687/Riesgo-Sismico-Chiclayo>
- ✓ Ortega Villaizan, C. D. (2014). *"DETERMINACION DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES POR EFECTO DE SISMO EN EL CENTRO URBANO DEL DISTRITO DE VILLA RICA"*.
- ✓ Oviedo Sarmiento, R. (2004). *PELIGRO, VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO*. Obtenido de <http://oviedos.tripod.com/peligr.htm>
- ✓ RNE - E. 030. (2016). *DISEÑO SISMORRESISTENTE*. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III>

- %20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf
- ✓ RNE - E. 030. (2016). *DISEÑO SISMORRESISTENTE*. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
 - ✓ Rodríguez R. (s.f.). *Ensayo de Sismología y Ejercicio Práctico de Estructuras Sismorresistentes a Través del Análisis Estático simplificado*. Obtenido de http://www.academia.edu/16431186/ENSAYO_DE_SISMOLOGIA_-_ANIBAL_RODRIGUEZ
 - ✓ Salvador Safina, M. (2002). *Vulnerabilidad Sísmica de edificaciones esenciales*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6226/13CAPITULO4.pdf?sequence=13&isAllowed=y>
 - ✓ Servicio Geológico Mexicano. (22 de Marzo de 2017). *Tectónica de Placas*. Obtenido de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Tectonica-de-placas.html>
 - ✓ Significados.com. (2017). *Significado de Sismo*. Obtenido de <https://www.significados.com/sismo/>
 - ✓ Soto Rodríguez, H. (02 de 2006). *Criterios de estructuración de edificios*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/JuAn10juan10/1-criterios-estructuracion>
 - ✓ Terremotos y otros desastres naturales. (s.f.). *Placas Tectónicas*. Obtenido de <http://www.angelfire.com/nt/terremotosPlacas/>
 - ✓ Torres, M. (2012). *Diseño en Madera y Mampostería - Patologías de la Construcción*. Obtenido de http://www.academia.edu/21321377/Patolog%C3%ADas_de_estructuras
 - ✓ UNEFA, U. N. (2016). *Sismos*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Ssauryimar/sismologa-estructuras-regulares-e-irregulares>
 - ✓ Velásquez Vargas, J. (2006). *Estimación de pérdidas por sismo en edificios peruanos mediante Curvas de Fragilidad analíticas*. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/135/VELASQUEZ_JOSE_PERDIDAS_SISMO_CURVAS.pdf?sequence=1

- ✓ Vida Alterna. (2015). *¿Que es un temblor?* Obtenido de http://www.elclima.com.mx/que_es_un_temblor.htm#temblor
- ✓ Wikipedia. (2015). *Terremoto*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto>
- ✓ Wikipedia. (2017). *Vulnerabilidad sísmica*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Vulnerabilidad_s%C3%ADsmica
- ✓ Wikipedia. (2018). *Peligro Sísmico*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Peligro_s%C3%ADsmico
- ✓ Wikipedia. (2018). *Riesgo sísmico*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Riesgo_s%C3%ADsmico
- ✓ Wikipedia. (s.f.). *Escala sismológica de magnitud de momento*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismol%C3%B3gica_de_magnitud_de_momento
- ✓ Wikipedia. (s.f.). *Escala sismológica de Mercalli*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismol%C3%B3gica_de_Mercalli
- ✓ Wikipedia. (s.f.). *Escala sismológica de Richter*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Escala_sismol%C3%B3gica_de_Richter
- ✓ Wikipedia. (s.f.). *Falla*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Falla>
- ✓ Zúñiga Dávila , F. (2011). *Sismología*. Obtenido de <http://www.geociencias.unam.mx/~ramon/sismo/IntroSism.pdf>

6.2 Fuentes hemerográficas

- ✓ Castro, Cristian (2011). Seminario regional de Edificios y Normalización de la Construcción – diagnóstico de la construcción en Ayacucho.
- ✓ Silva, Wilson. (2012). Seminario de la Normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras – Criterios técnicos para la construcción de edificaciones sismorresistentes.
- ✓ Cruz, Oscar. Evaluación de la vulnerabilidad estructural en edificaciones – seminario.

6.3 Fuentes electrónicas

- ✓ <https://es.wikipedia.org>
- ✓ <http://www.google.com>
- ✓ <https://arquitexto.com/2011/06/la-vulnerabilidad-el-riesgo-sismico/>
- ✓ <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6230/03CAPITULO2.pdf>
- ✓ <http://sirve.cl/servicios/riesgo-y-vulnerabilidad-sismica>
- ✓ <https://www.significados.com/sismo/>
- ✓ <https://es.slideshare.net/Ssauryimar/sismologa-estructuras-regulares-e-irregulares>
- ✓ http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000300008

CAPITULO VII: ANEXOS

ANEXO 1 – MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES
¿Cuál es el nivel de Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima?	Determinar el nivel de Vulnerabilidad Sísmica de la I.E. N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima		
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO		
<p>¿Cuáles son los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, según el método de índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en la Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima?</p> <p>¿Cómo influye la configuración estructural de una edificación en su evaluación de vulnerabilidad sísmica?</p> <p>¿Qué parámetros intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, según el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini?</p>	<p>Determinar los resultados de la Vulnerabilidad Sísmica aplicando el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini en la I.E. N° 20475 – Los Pelones del Distrito y Provincia de Barranca-Lima.</p> <p>Determinar la influencia de la configuración estructural de una edificación en su evaluación de la vulnerabilidad sísmica.</p> <p>Identificar los parámetros que intervienen en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, según el método del índice de vulnerabilidad de Benedetti y Petrini</p>	<p>NIVELES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño sísmico estructural. • Proceso constructivo. • Conservación de la estructura. • Fundación de la estructura.

Fuente: (Elaboración propia)

ANEXO 2 – PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

Anexo 2.1 Propuesta de reforzamiento del bloque A:

Se optó por el encamisado de concreto.

Consideraciones Generales para el diseño:

- Para el diseño, se supone un comportamiento monolítico de las columnas compuestas.
- El espesor mínimo del encamisado debe ser de 10 cm para concreto premezclado y de 4cm para concreto lanzado.
- Si solo se encamisa la columna en el entrepiso se obtiene un incremento en resistencia ante carga axial y fuerza cortante, y un comportamiento dúctil, pero no se altera la resistencia original a flexión, por ello para incrementar la resistencia a flexión es necesario extender el encamisado a través de la losa, prolongando el acero longitudinal y añadiendo algunos estribos que atraviesen el alma de las vigas.

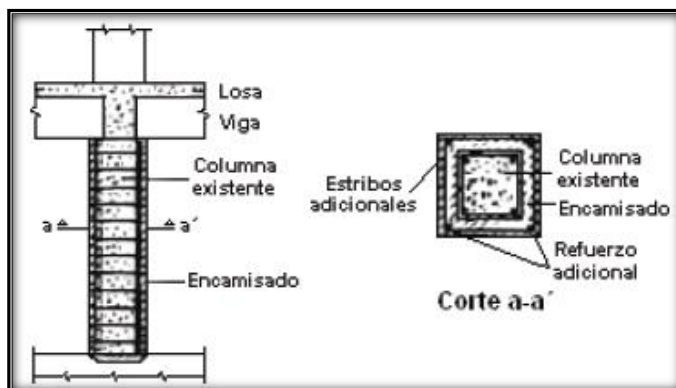


Fig. 01: Encamisado de una columna hasta el entrepiso

Fuente: Tesis de maestría, "Rehabilitación de estructuras de concreto", Emma Soto, UNAM, México 2008

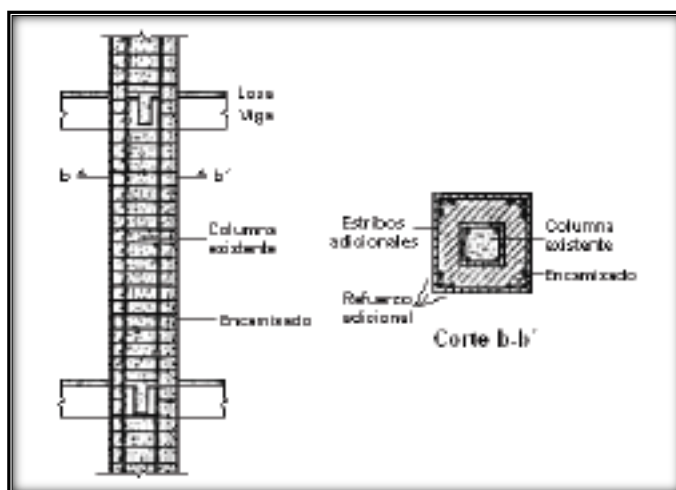


Fig. 02: Encamisado de una columna que atraviesa la losa (Asumida en el Análisis)

Fuente: Tesis de maestría, "Rehabilitación de estructuras de concreto", Emma Soto, UNAM, México 2008

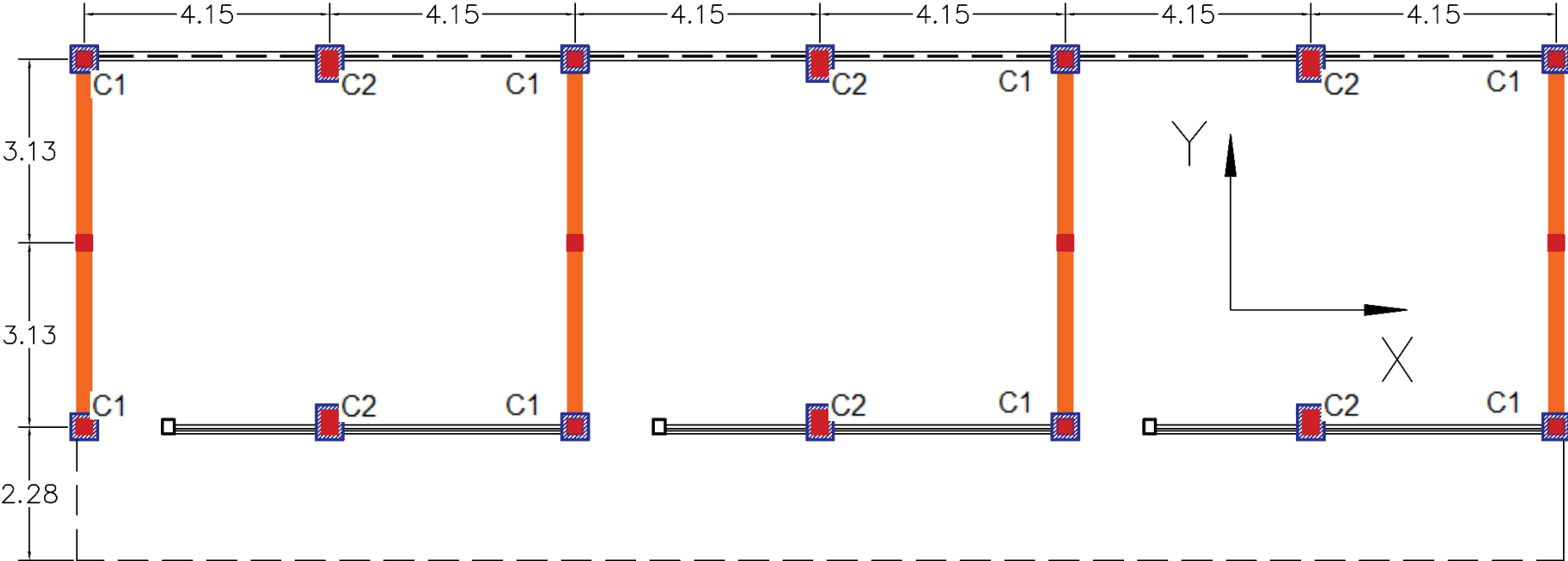
Consideraciones constructivas:




- Propiedades de materiales:
 - $f'c$ del concreto nuevo= 210 Kg/cm²
 - $f'c$ del concreto existente= 175 Kg/cm²
 - $f'y$ del acero = 4200 Kg/cm²
- La superficie del elemento debe estar limpia y rugosa para garantizar una buena adherencia entre el hormigón nuevo y el existente, promoviendo con ello un comportamiento monolítico.
- En columnas, el refuerzo longitudinal debe extenderse a través de la losa de entrepiso, para proporcionar continuidad e incrementar la resistencia a flexión en los extremos del elemento.
- Para garantizar un comportamiento monolítico del elemento encamisado, es necesario tener un adecuado mecanismo de transferencia de cortante en la zona de contacto entre el encamisado y el elemento existente, tal que evite el movimiento relativo entre ambos concretos, por ello es necesario el uso de aditivo de adherencia entre hormigón nuevo y viejo.

Detalle de las columnas a encamisar:

Columna	Original		Con encamisado	
	b (cm)	h (cm)	b (cm)	h (cm)
C1	25	25	45	45
C2	25	40	45	60

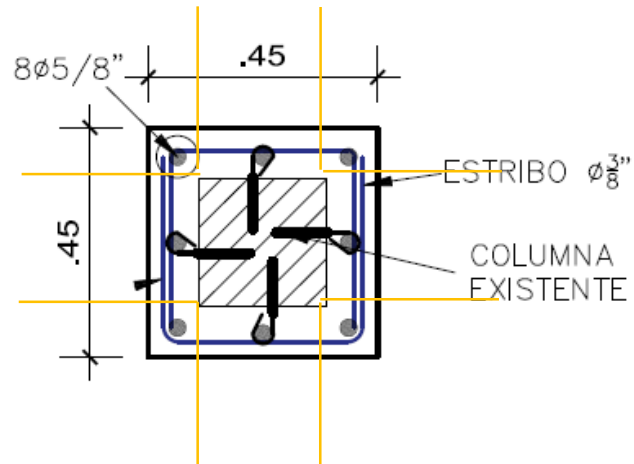
Croquis módulo de 3 aulas, resultante del bloque A:



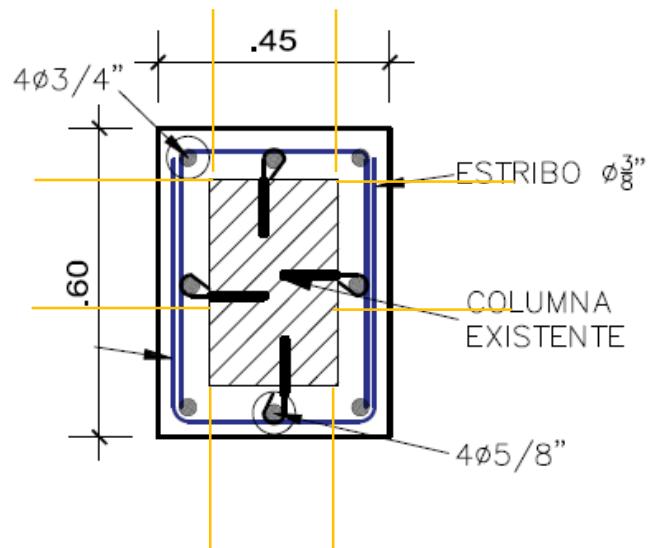
-  Encamisado de concreto
-  Columna existente
-  Albañilería e=0.23m

Sección Propuesta:

C1:



C2:



Modelado en Etabs módulo de 3 aulas, resultante del bloque A:

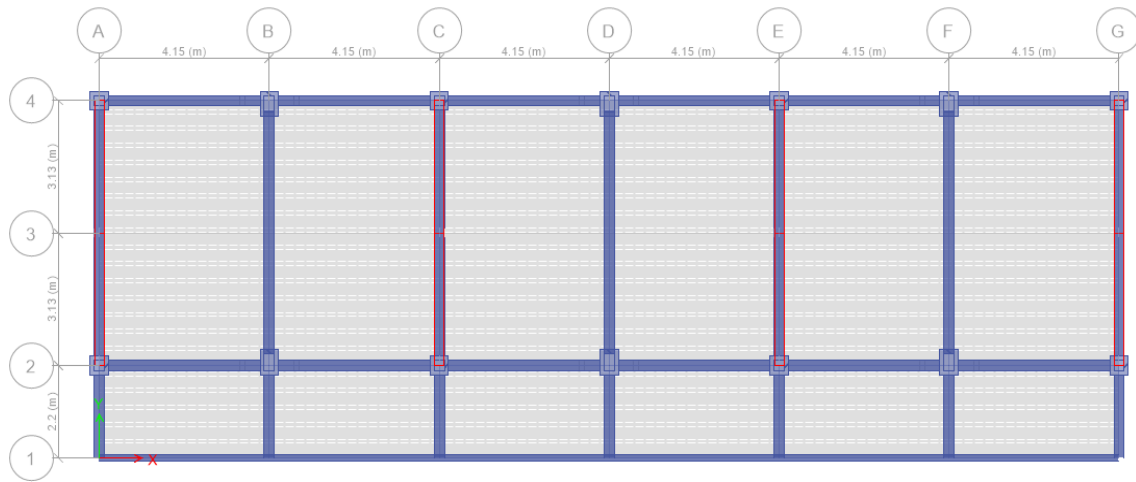


Fig. 03: Planta Típica nuevo bloque A

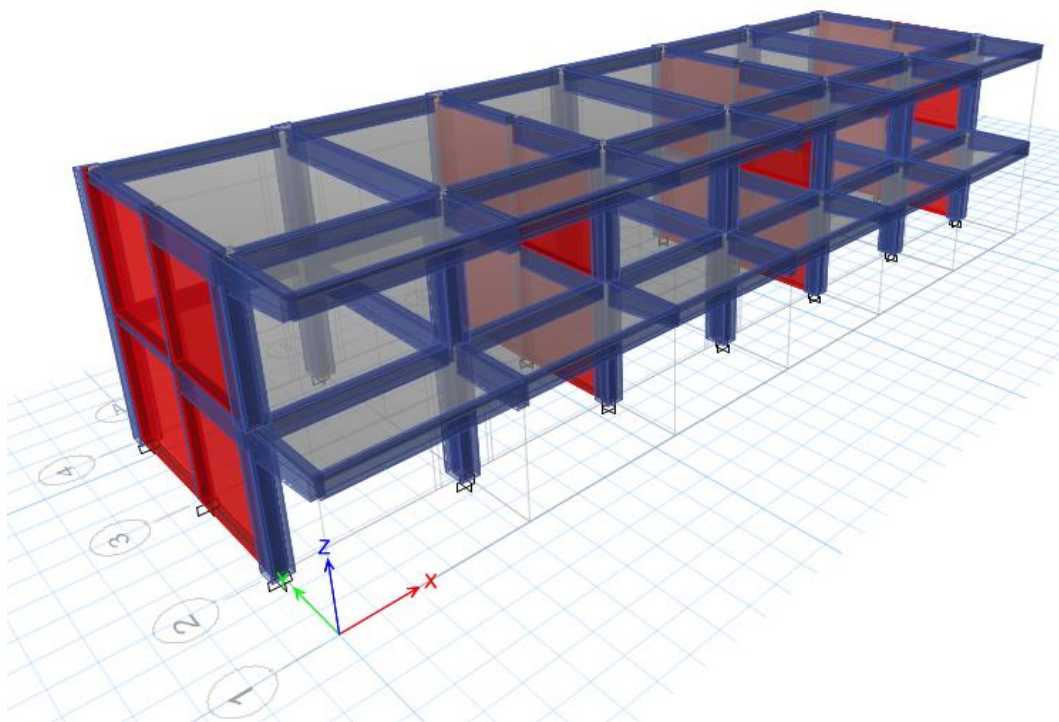


Fig. 04: Vista en 3D nuevo bloque A

Acero utilizado en vigas y columnas del módulo de 3 aulas, resultante del bloque A, según plano E-01 y E02 (Anexo 03) obtenidos de la dirección de la I.E. N° 20475:

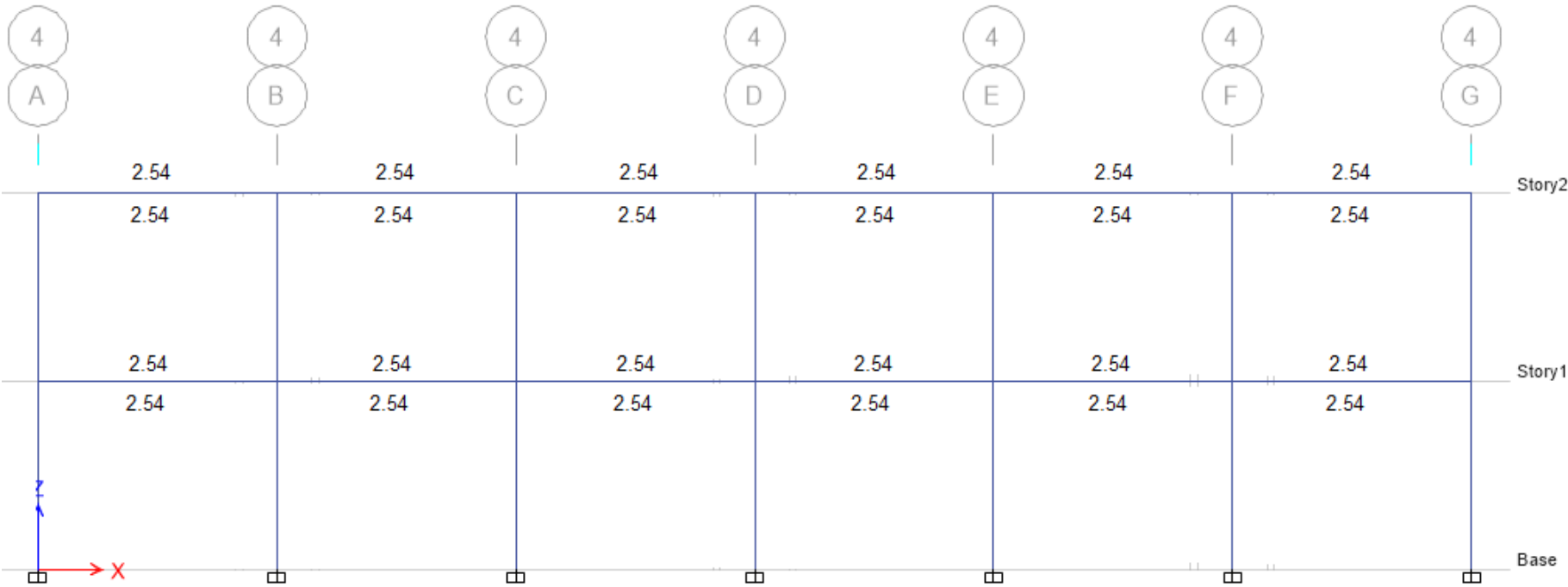


Fig. 05: Acero uniforme en vigas (cm2) utilizado en el Eje 2 y el eje 4.

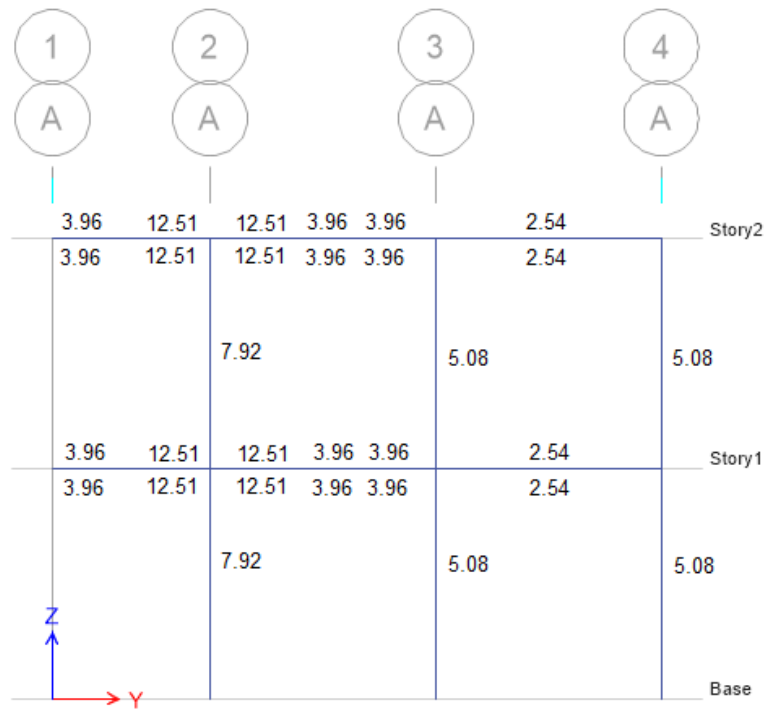


Fig. 06: Acero en vigas y columnas ejes A, C, E y G.

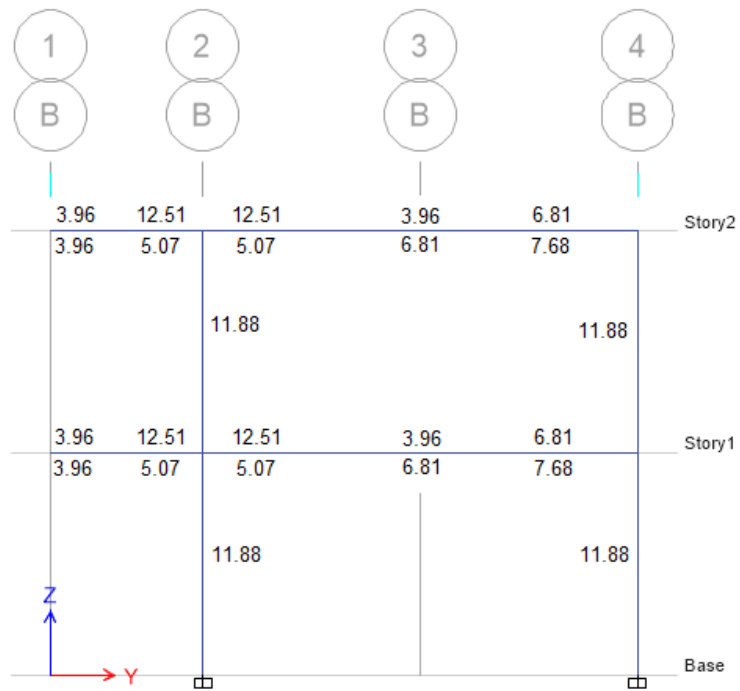
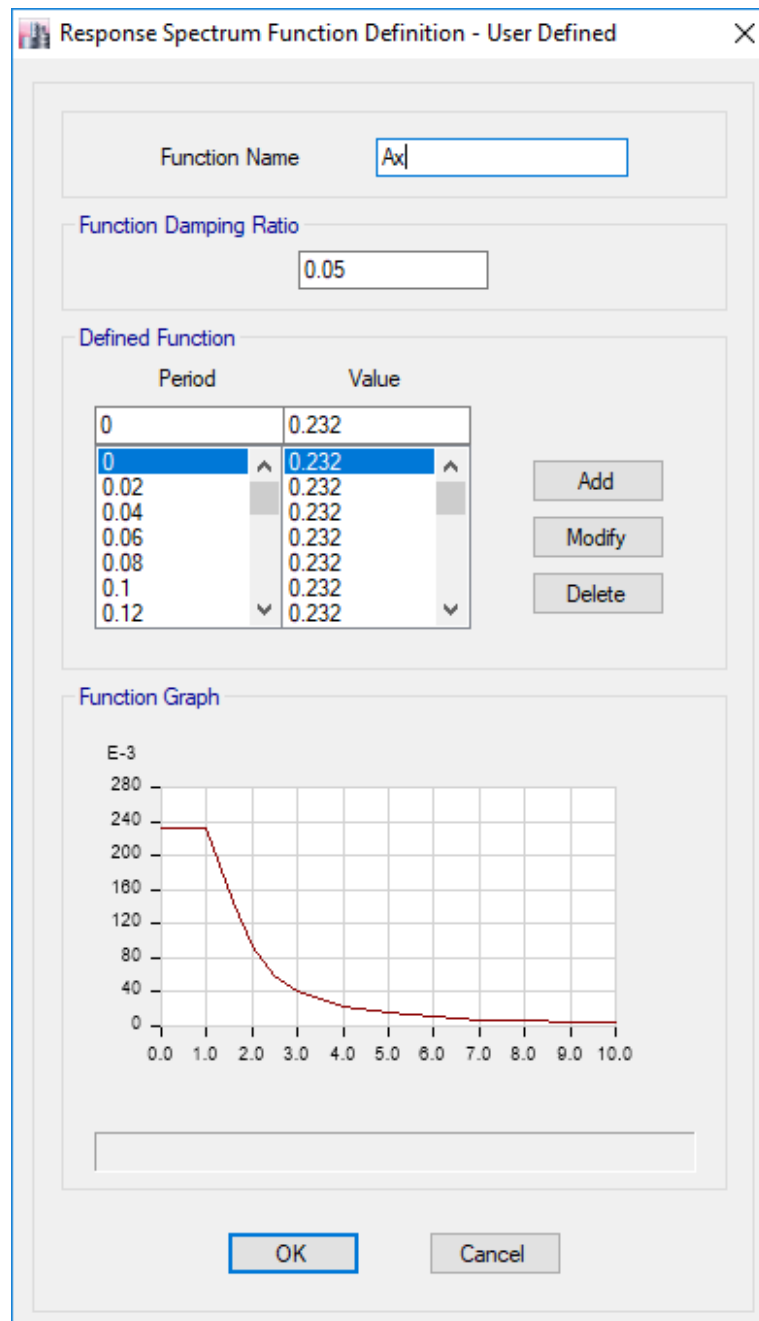


Fig. 07: Acero en vigas y columnas ejes B, D, F.

Análisis dinámico espectral en Etabs con la nueva sección propuesta:

Espectro de Diseño dirección X:



Espectro de Diseño dirección Y:

Response Spectrum Function Definition - User Defined

Function Name:

Function Damping Ratio:

Defined Function

Period	Value
0	0.6188
0	0.6188
0.02	0.6188
0.04	0.6188
0.06	0.6188
0.08	0.6188
0.1	0.6188
0.12	0.6188

Add
Modify
Delete

Function Graph

The graph displays a function with a constant value of 600 (E-3) for periods from 0.0 to 1.0. After 1.0, the value decays rapidly, reaching approximately 100 (E-3) at a period of 3.0 and continuing to decrease towards zero as the period increases to 10.0.

OK Cancel

Definición de análisis sísmico dinámico en X:

Load Case Data ×

General

Load Case Name: EQXX Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Ax	9.81
Acceleration	U3	Ax	6.54

ⓘ Add Delete
 Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Definición de análisis sísmico dinámico en Y:

Load Case Data ×

General

Load Case Name: EQYY Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Ay	9.81
Acceleration	U3	Ay	6.54

Add
Delete
 Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK
Cancel

RESULTADOS:

Control de derivas:

Dirección X: Drift max = 0.007 CUMPLE

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story2	DX Max	X	0.004954
Story1	DX Max	X	0.005294

Dirección Y: Drift max = 0.005 CUMPLE

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story2	DY Max	Y	0.000666
Story1	DY Max	Y	0.000833

Verificación de acero de diseño: (ENVOLVENTE)

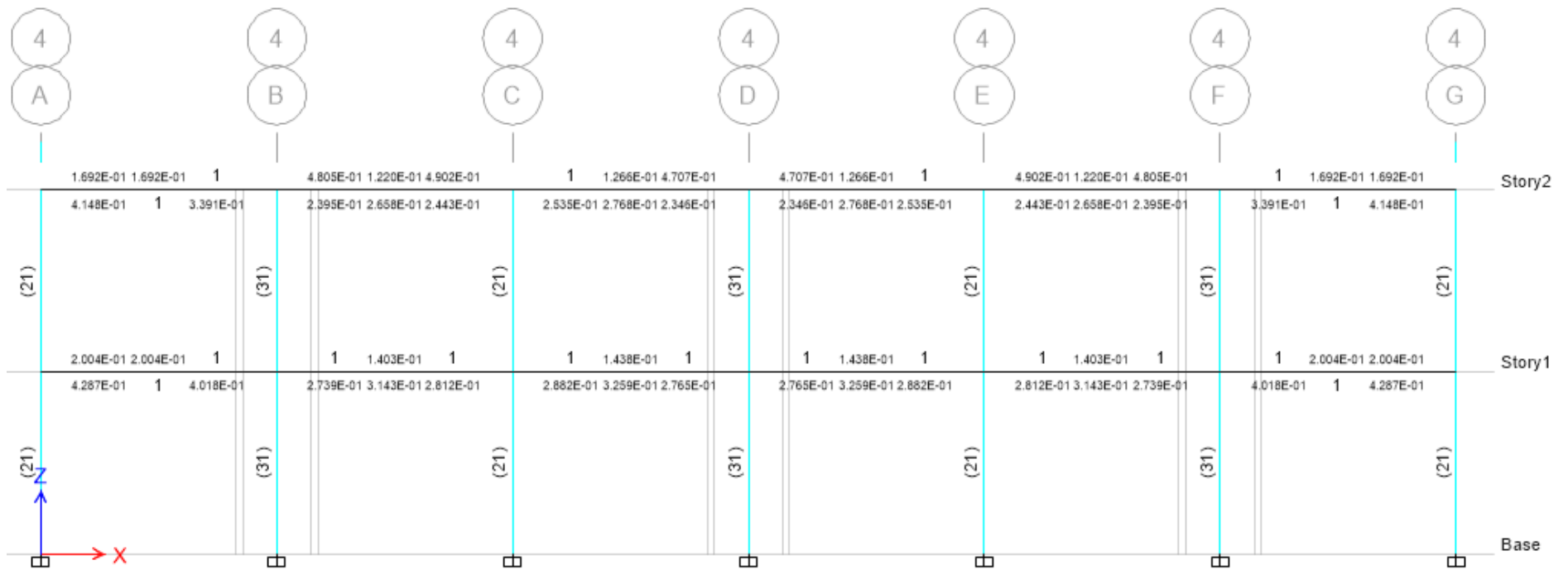


Fig. 08: Chequeo de acero longitudinal en columnas y vigas en Etabs del eje 4 del nuevo bloque A (el área de acero se encuentra en cm2)

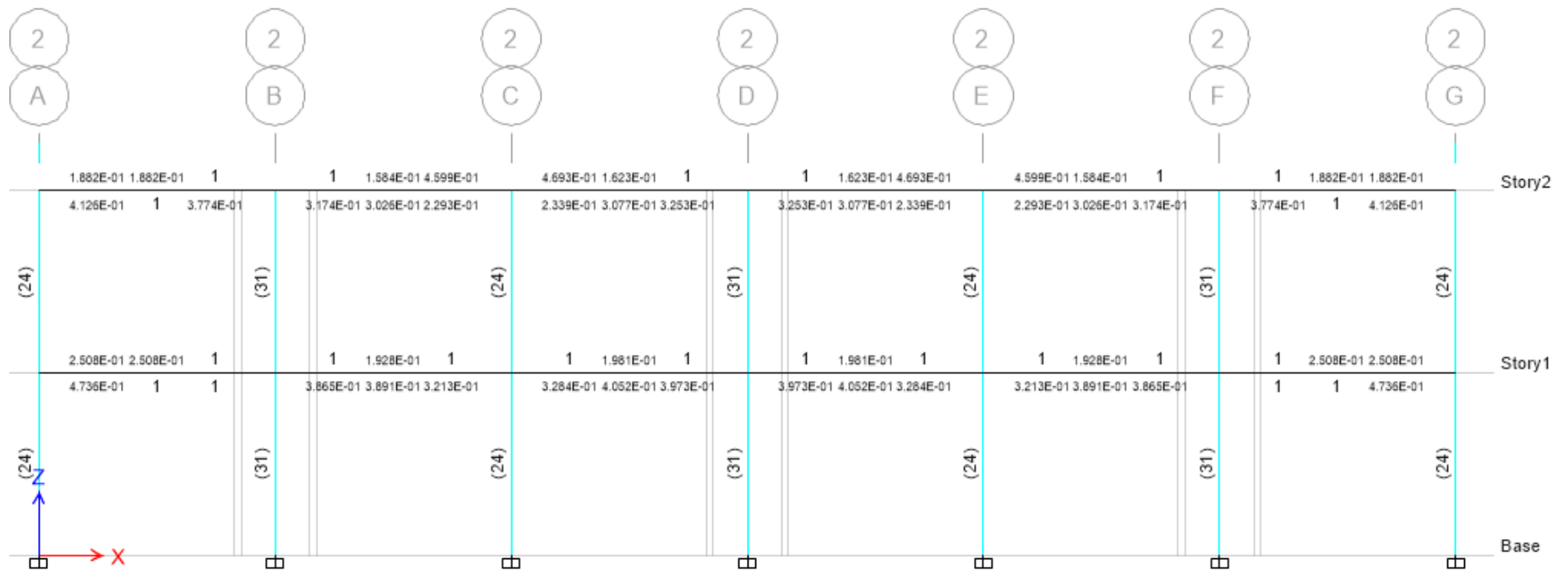


Fig. 09: Chequeo de acero longitudinal en columnas y vigas en Etabs del eje 2 del nuevo bloque A (el área de acero se encuentra en cm2)

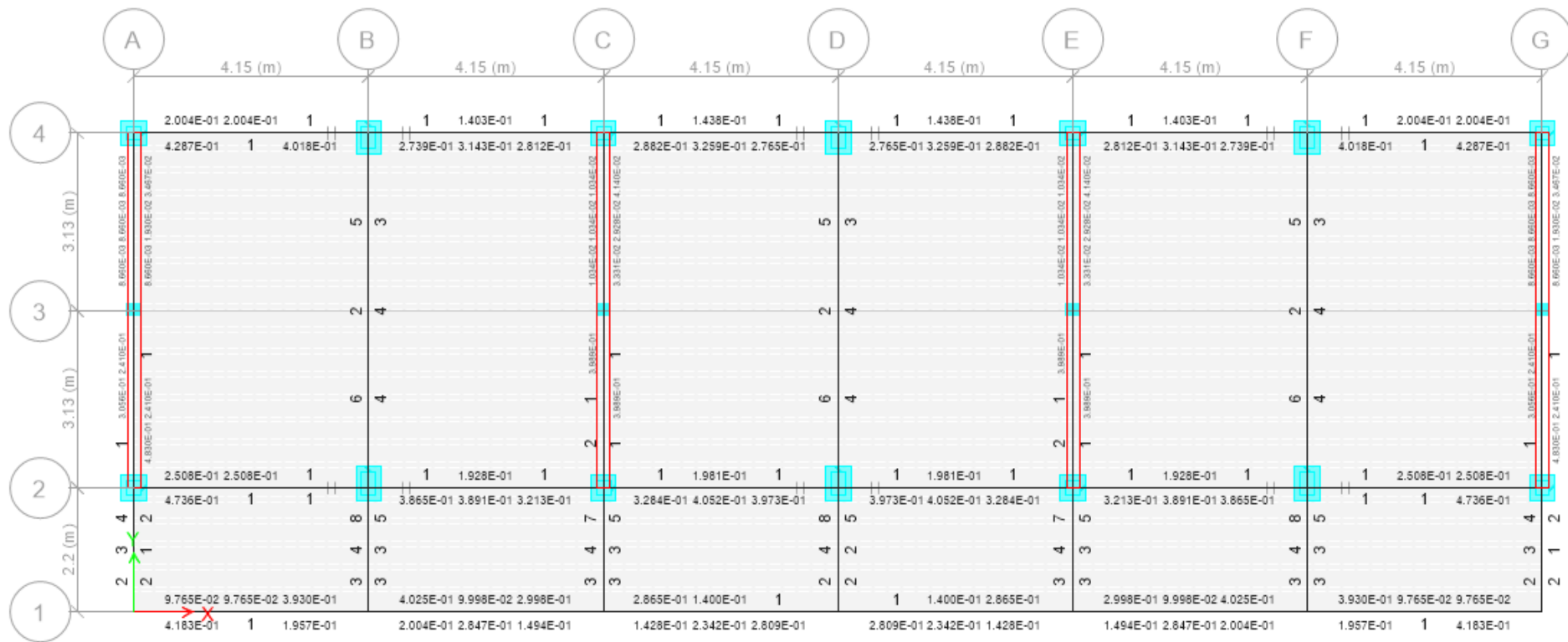


Fig. 10: Chequeo de acero longitudinal en vigas del primer piso (el área de acero se encuentra en cm²)

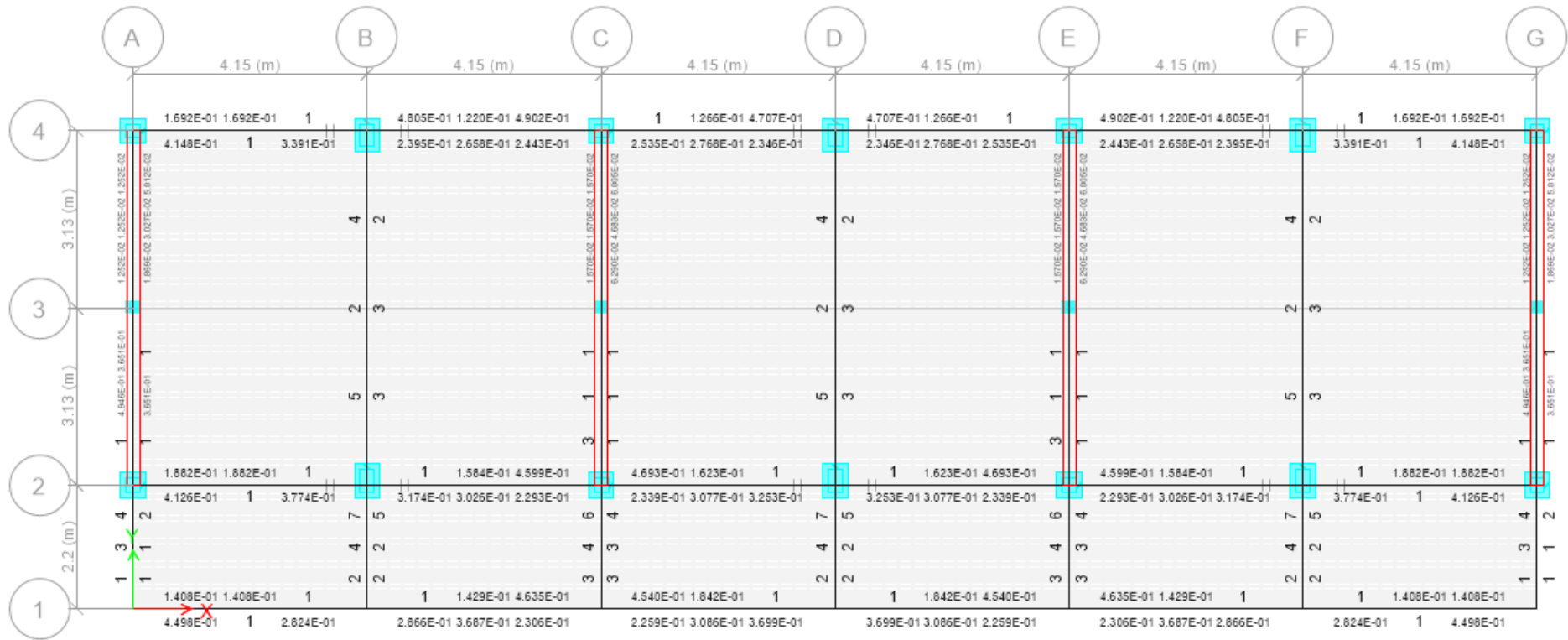


Fig. 10: Chequeo de acero longitudinal en vigas del segundo piso (el área de acero se encuentra en cm²)

CONCLUSIÓN:

- La sección propuesta es válida, ya que:
 - Se cumple con las derivas permitidas por la norma E.030, en ambas direcciones de análisis.
 - El acero mínimo propuesto en las columnas es suficiente para soportar los esfuerzos en las columnas.
 - El acero de diseño requerido en vigas según las figuras N° 10 y N° 11, es menor al existente indicado en las figuras N° 5, 6 y 7.

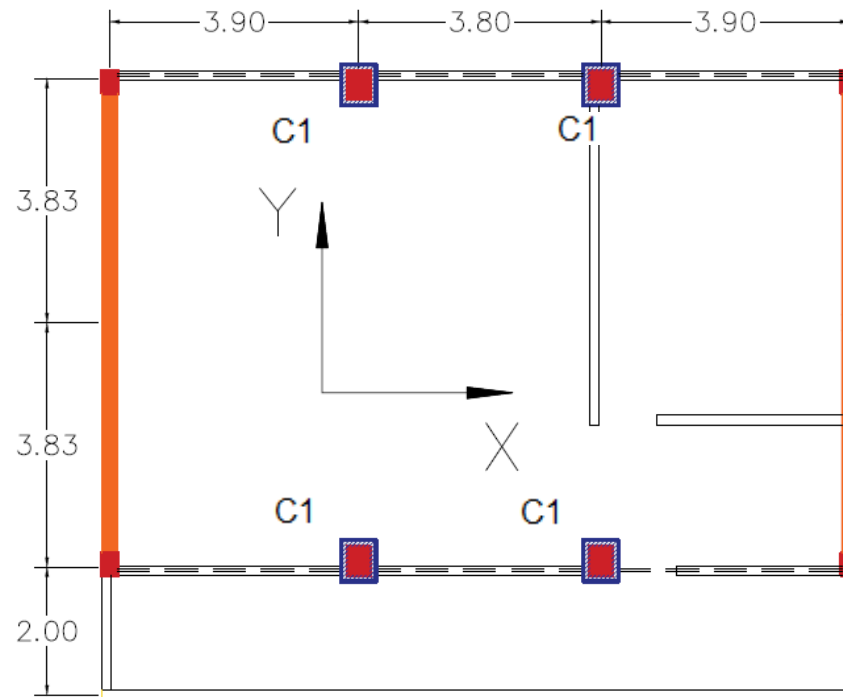
NOTA:




Cabe señalar que el acero y resistencia del concreto existente ha sido tomado de los planos E-01 y E-02 (Anexo 3) proporcionados por la dirección de la I.E. N° 20475, sin embargo, se recomienda verificar mediante ensayos y pruebas de laboratorio el cumplimiento de éstos parámetros.

Anexo 2.2 Propuesta de reforzamiento del bloque B:

Bajo las mismas condiciones del bloque anterior, se propone reforzar las columnas centrales laterales, mediante un encamisado de concreto de 10 cm de espesor, sin embargo, para este caso no se conoce el acero existente en vigas y columnas por ende el análisis a realizarse se limitará a las características geométricas de los elementos estructurales obtenidas en campo.

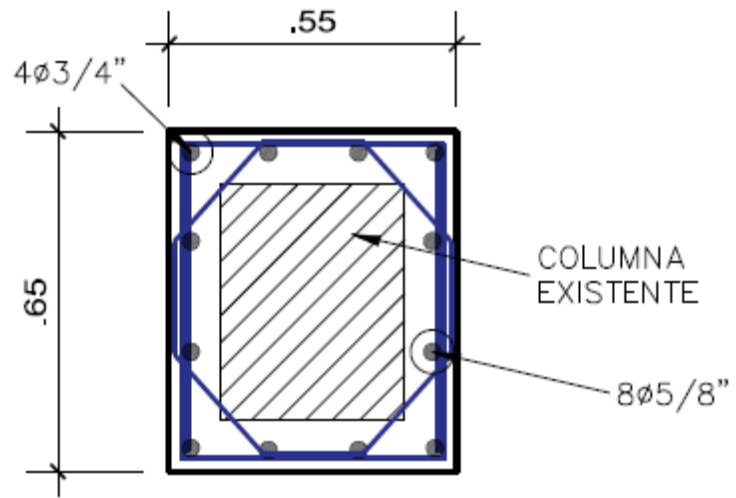
Croquis del bloque B:



-  Encamisado de concreto
-  Columna existente
-  Albañilería $e=0.23m$

Columna	Original		Con encamisado	
	b (cm)	h (cm)	b (cm)	h (cm)
C1	35	45	55	65

Sección Propuesta: C1



Modelado en Etabs del bloque B:

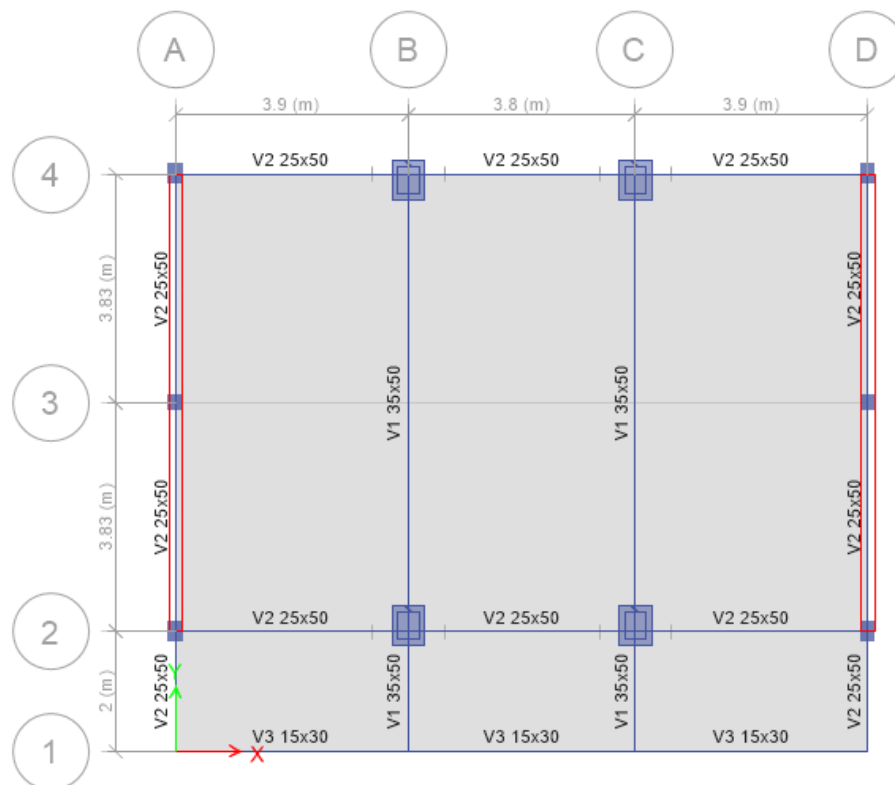


Fig. 11: Planta primer piso bloque B

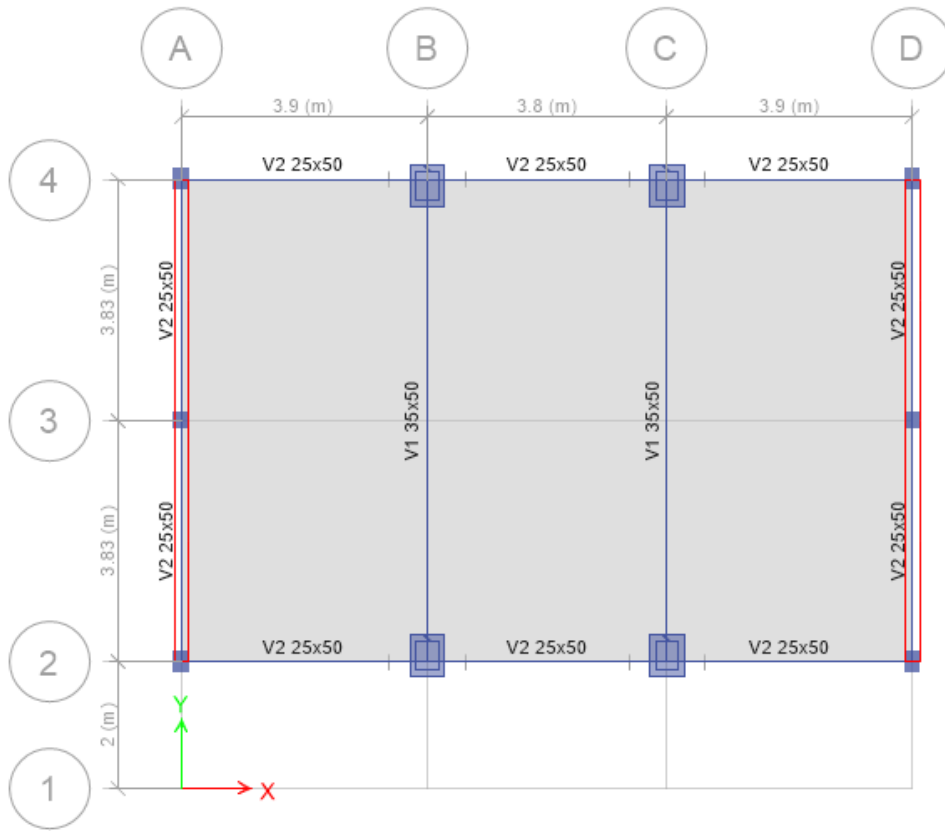


Fig. 12: Planta segundo piso bloque B

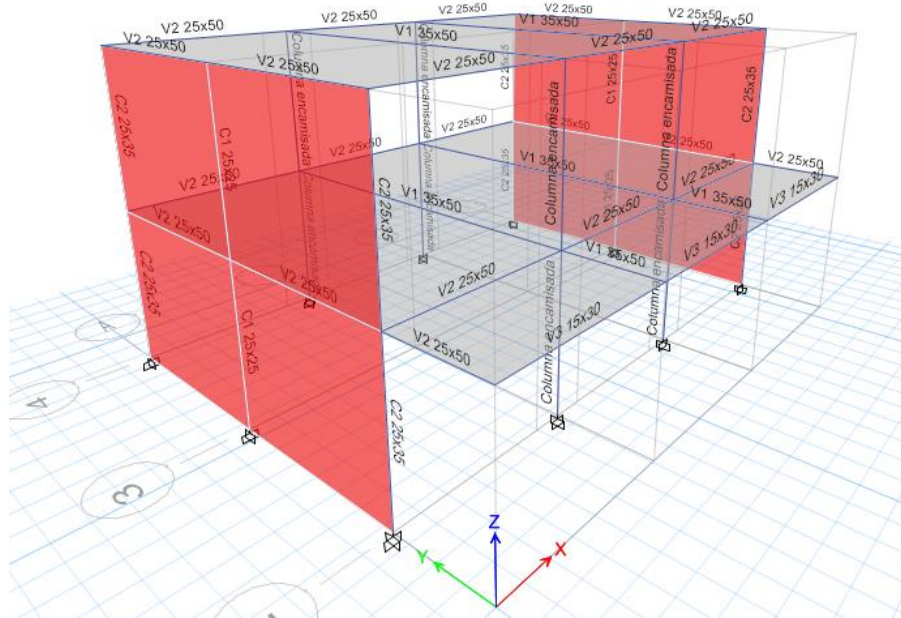
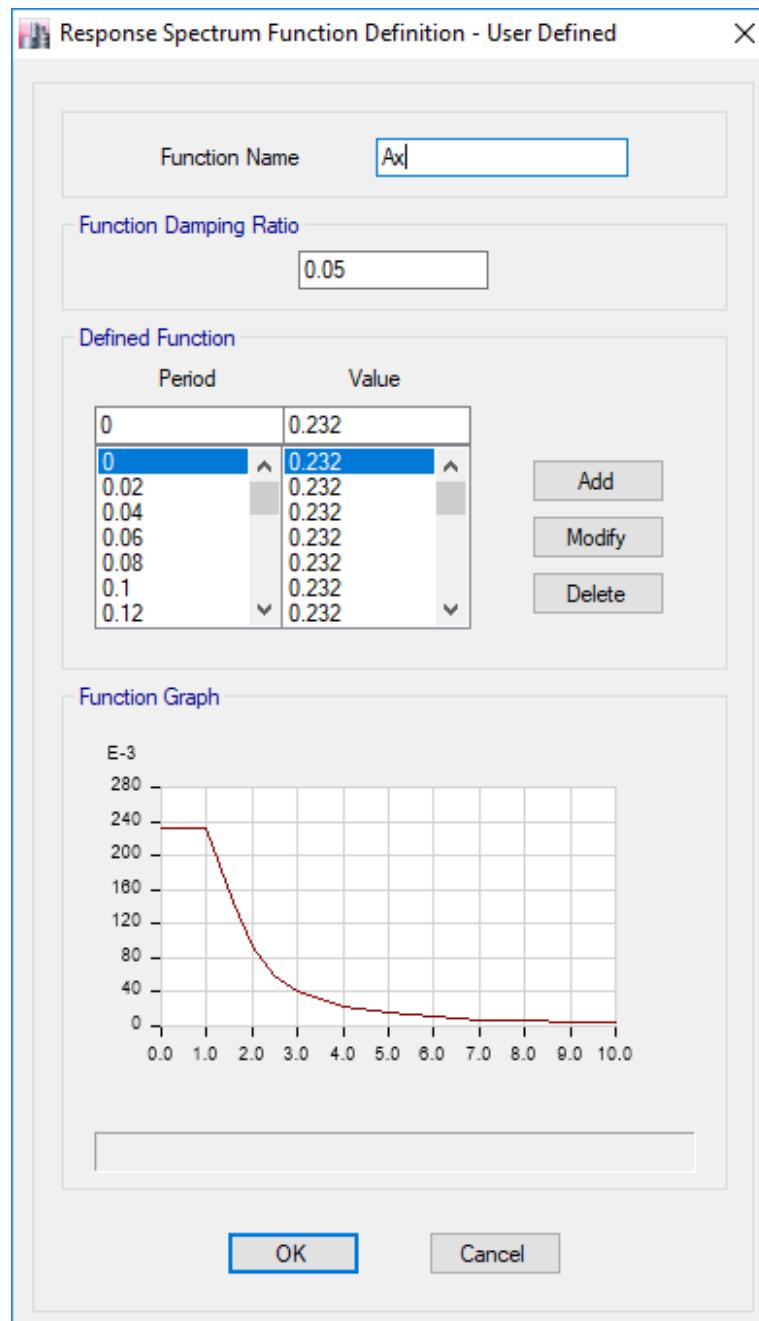


Fig. 13: Modelado final del bloque B en Etabs

Análisis dinámico espectral en Etabs con la nueva sección propuesta:

Espectro de Diseño dirección X:



Espectro de Diseño dirección Y:

Response Spectrum Function Definition - User Defined

Function Name:

Function Damping Ratio:

Defined Function

Period	Value
0	0.6188
0	0.6188
0.02	0.6188
0.04	0.6188
0.06	0.6188
0.08	0.6188
0.1	0.6188
0.12	0.6188

Add
Modify
Delete

Function Graph

E-3

700
600
500
400
300
200
100
0

0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0

OK Cancel

Definición de análisis sísmico dinámico en X:

Load Case Data ×

General

Load Case Name: EQXX Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Ax	9.81
Acceleration	U3	Ax	6.54

Add

Delete

Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Definición de análisis sísmico dinámico en Y:

Load Case Data X

General

Load Case Name: EQYY Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Ay	9.81
Acceleration	U3	Ay	6.54

1
 Add
 Delete
 Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

RESULTADOS:

Control de derivas:

Dirección X: Drift max = 0.007 **CUMPLE**

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Piso 2	DX Max	X	0.004693
Piso 1	DX Max	X	0.004464

Dirección Y: Drift max = 0.005 **CUMPLE**

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Piso 2	DY Max	Y	0.000499
Piso 1	DY Max	Y	0.000586

Verificación de acero de diseño: (ENVOLVENTE)

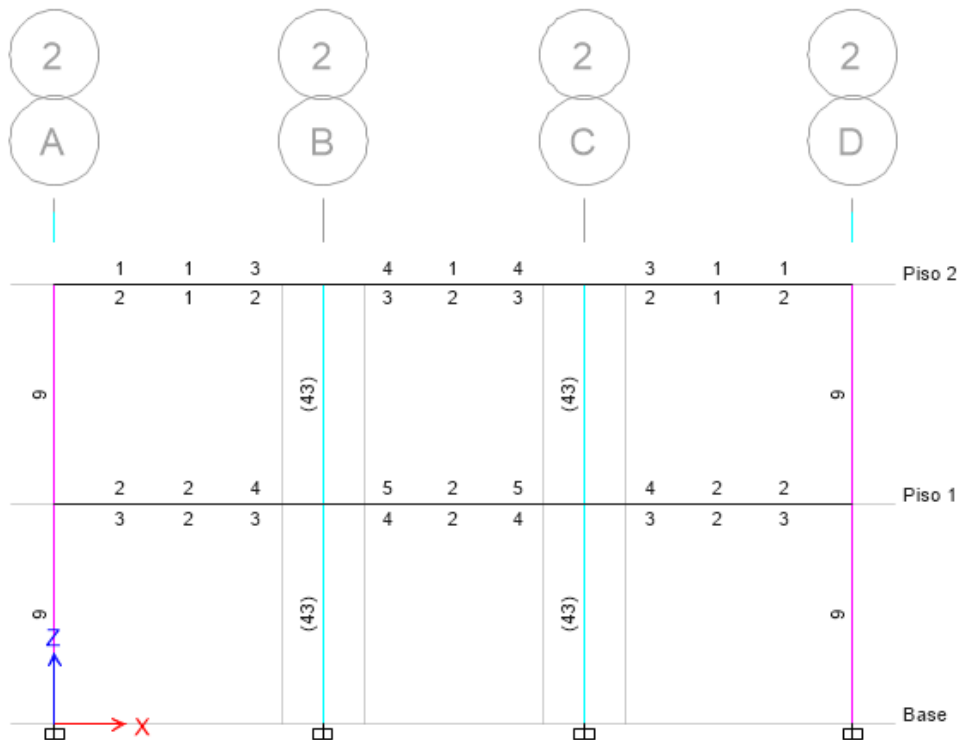


Fig. 14: Chequeo de acero longitudinal en columnas en Etabs del eje 2 del bloque B (el área de acero se encuentra en cm²)

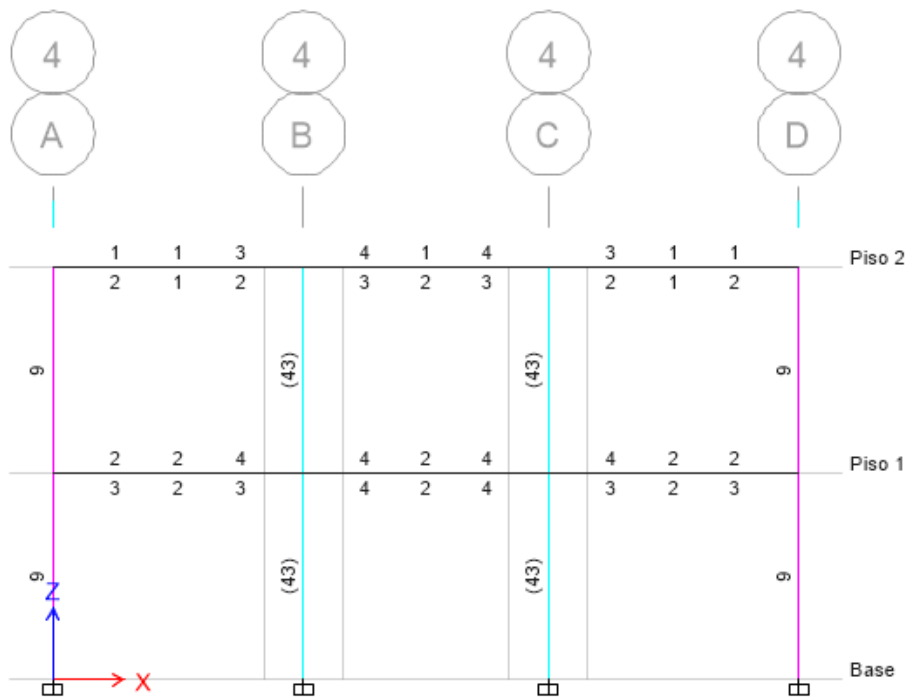
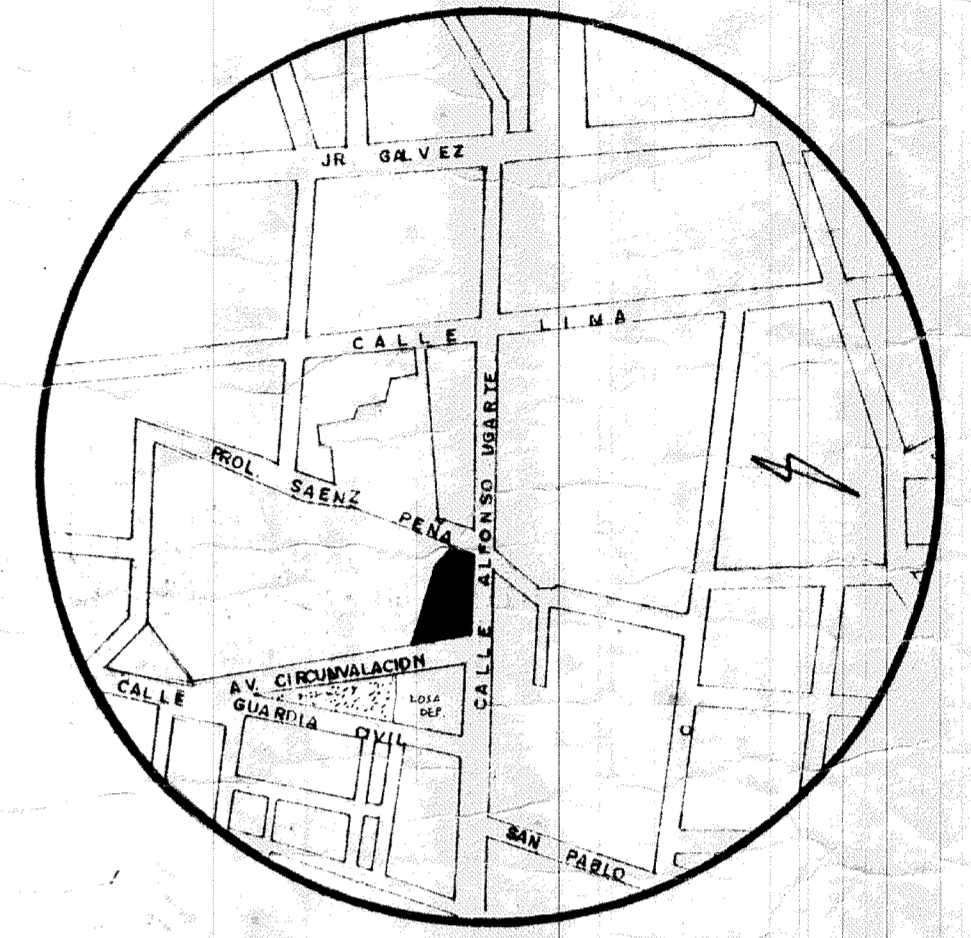
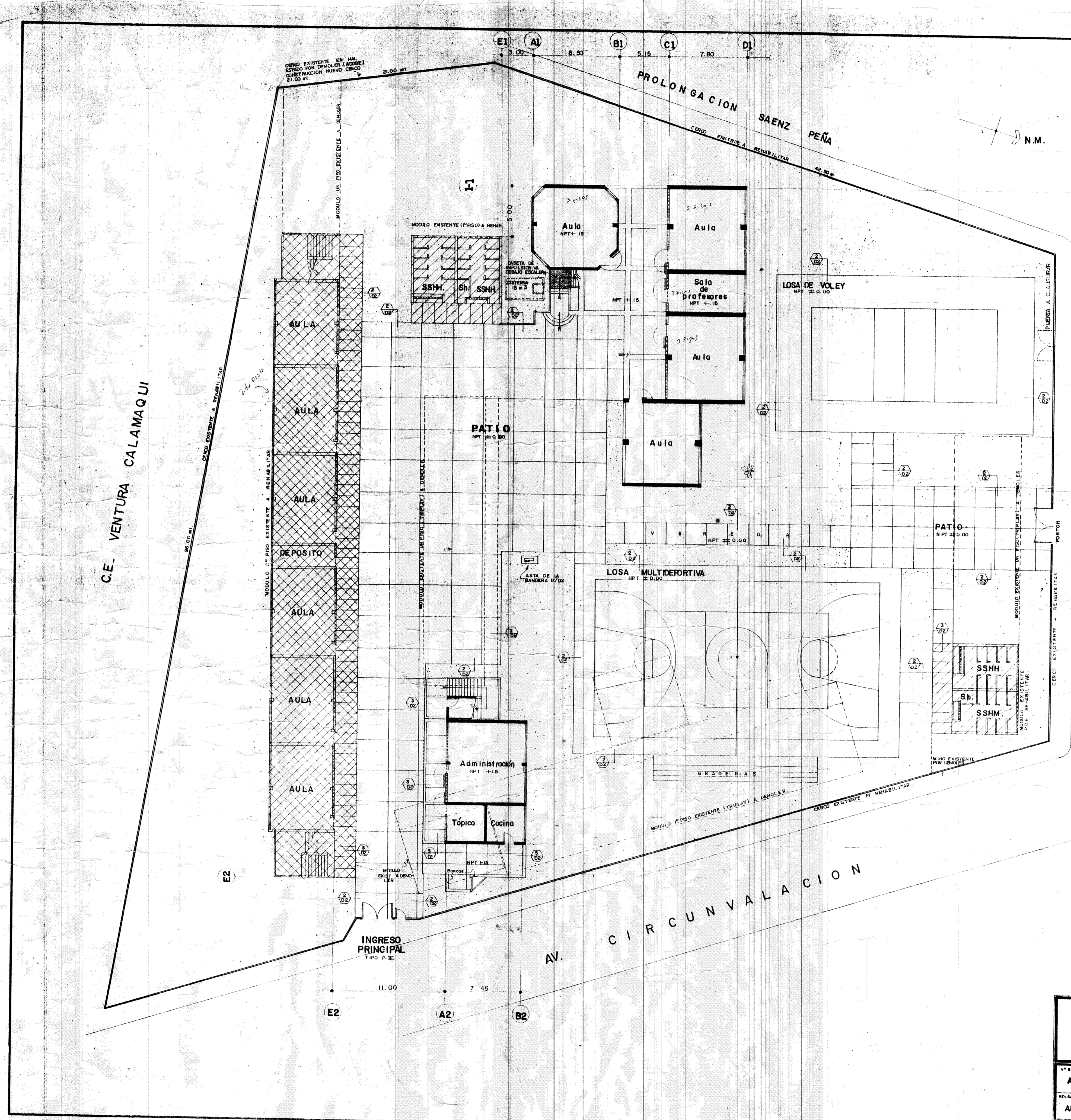


Fig. 15: Chequeo de acero longitudinal en columnas en Etabs del eje 4 del bloque B (el área de acero se encuentra en cm²)

CONCLUSION: Como podemos observar en las figuras N° 14 y N°15, ningún elemento falla, pues como se sabe el Etabs indica con el color rojo si algún elemento estructural falla, además en el cálculo de derivas vemos que la estructura reforzada tiene desplazamientos tolerables, aún así no se podrá tomar esta alternativa como definitiva pues no se cuentan con parámetros exactos de la estructura existente, como cantidad de acero y resistencia del concreto, etc.

**ANEXO 3 – COPIA DE PLANOS DE LA I.E. N°
20475 – LOS PELONES**



PLANO DE LOCALIZACION.

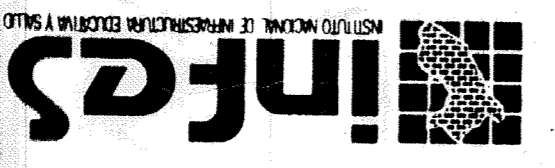
ALFONSO UGARTE

METAS :

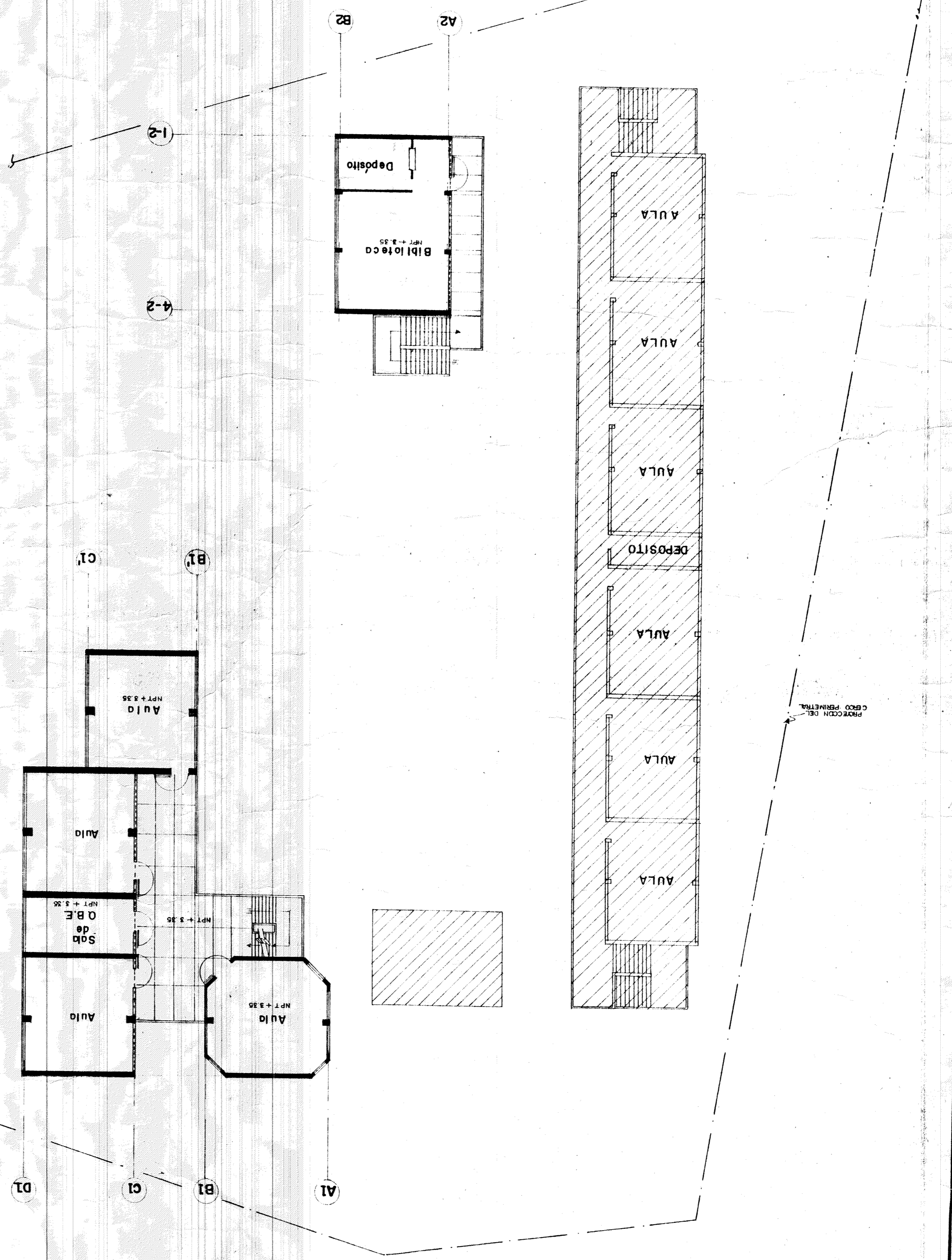
1º piso :	01 ADMINISTRACION 04 AULAS 01 SALA DE PROFESORES 01 ESCALERA (c/c)	648.00 m ²
2º piso :	04 AULAS 01 SALA DE OBE. 01 BIBLIOTECA	412.00 m ²
3º piso :	04 AULAS 01 SALA DE COMPUTO	305.40 m ²
AREA TOTAL CONSTRUIDA		1,365.40 m ²
AREA TOTAL DE TERRENO		10,784.01 m ²
PERIMETRO		296.00 ml.

	CENTRO EDUCATIVO	C.E. N° 20475 - PRIMARIO	
	PLANO DE :	ARQUITECTURA GENERAL	
	UBICACION	BARRANCA - LIMA	780
ARQ° JORGE KAWASHIRO H. <small>REVISADO Y APROBADO</small>	<small>OSERO</small> ARQ° PATRICIA HERRERA S.	<small>LAMINA</small> AG-01	
ARQ° HUMBERTO REYES T.	<small>DISEÑO</small> GFSR.	<small>ESCALA</small> 1/200	<small>FECHA</small> FEB 94

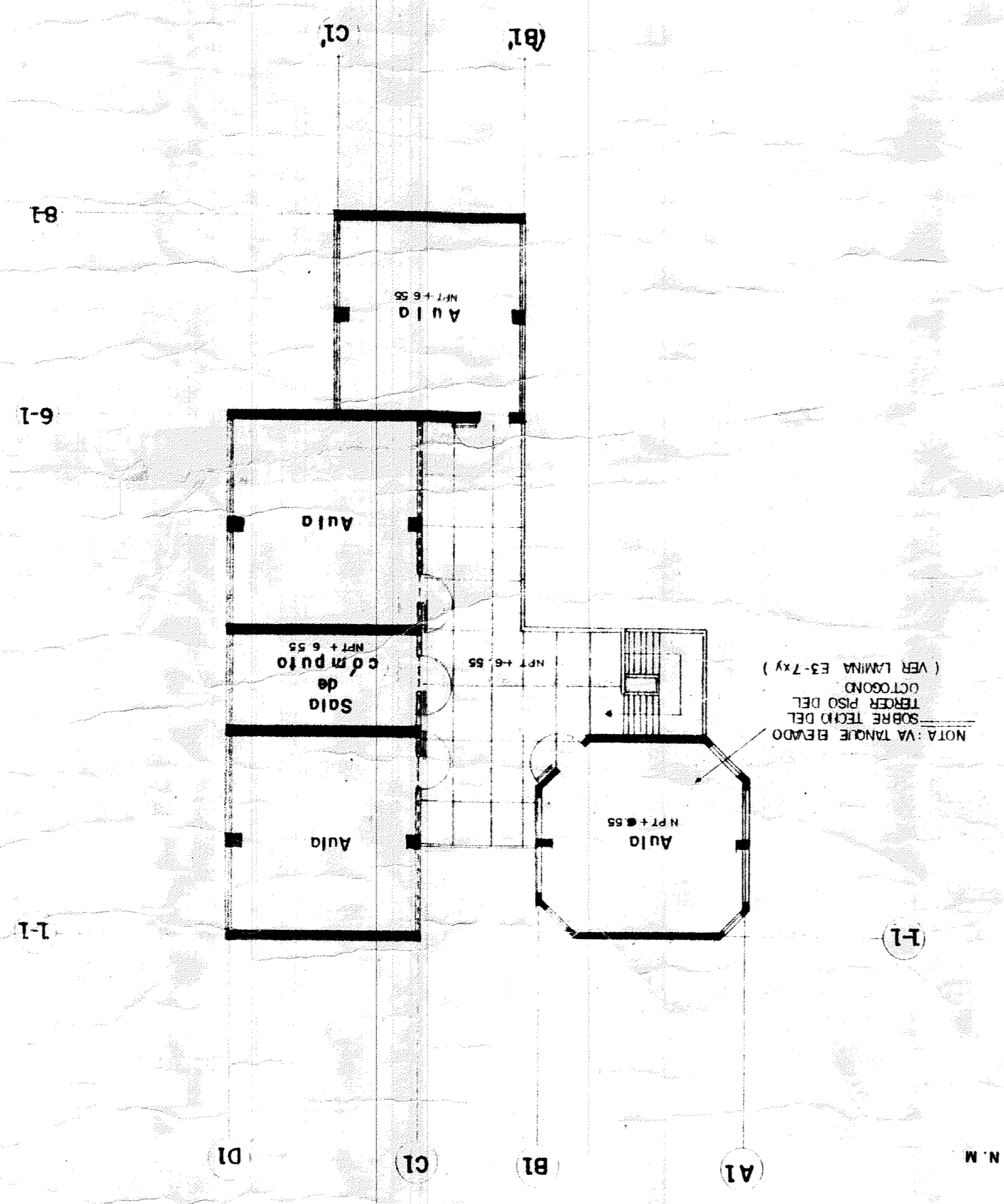
CEN: 20475 2º y 3º PISO	BARANCA - LIMA	ARQ: JORGE KANASHIRO H.	ARQ: HUMBERTO REYES T.
		ARQ: PATRICIA HERRERA S.	GS.
780		AG-02	FEB-94



PLANTA SEGUNDO PISO

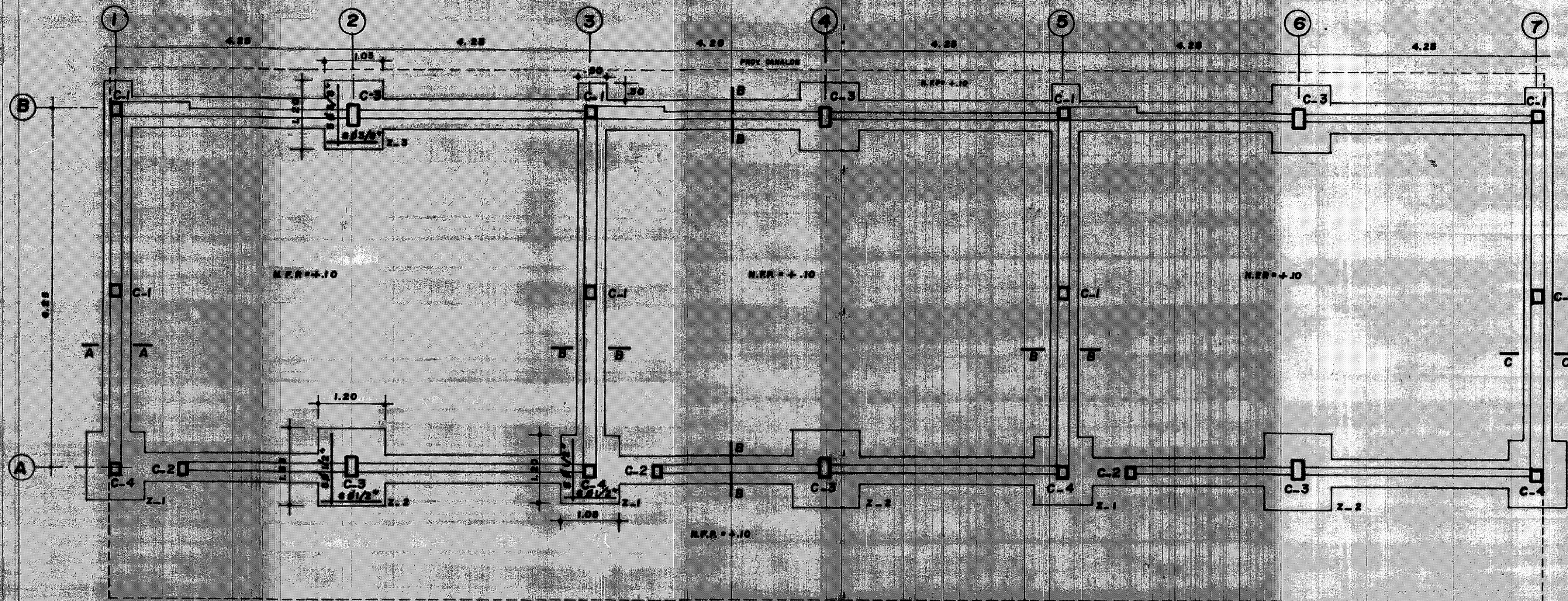


PLANTA TERCER PISO

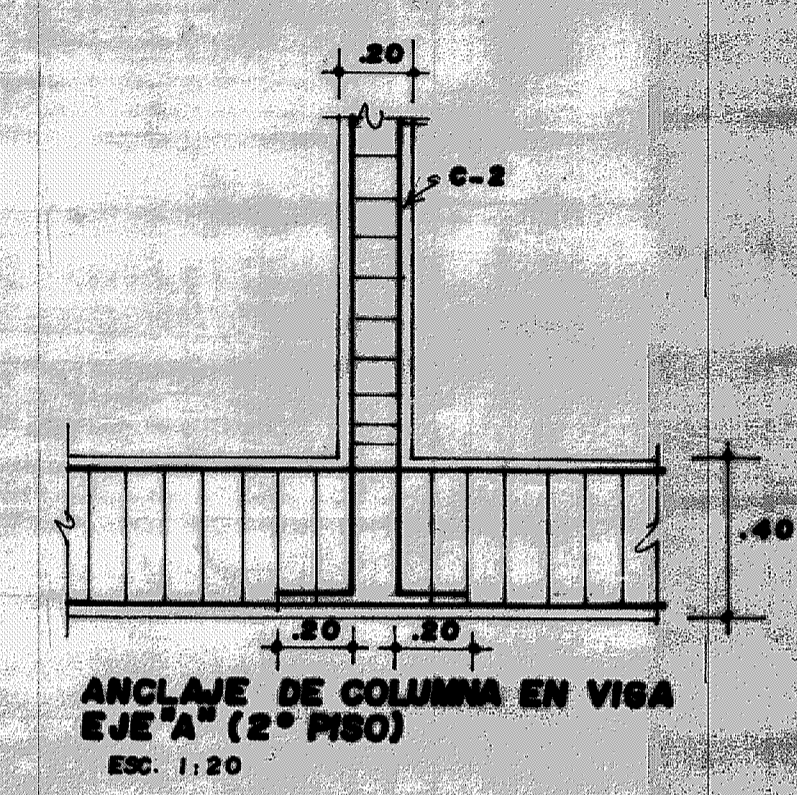


NOTA: VA TUBO BOMBO
SOBRE TUBO DEL
TERCER PISO DEL
OCTAVO (EN LÍNEA E3-74)

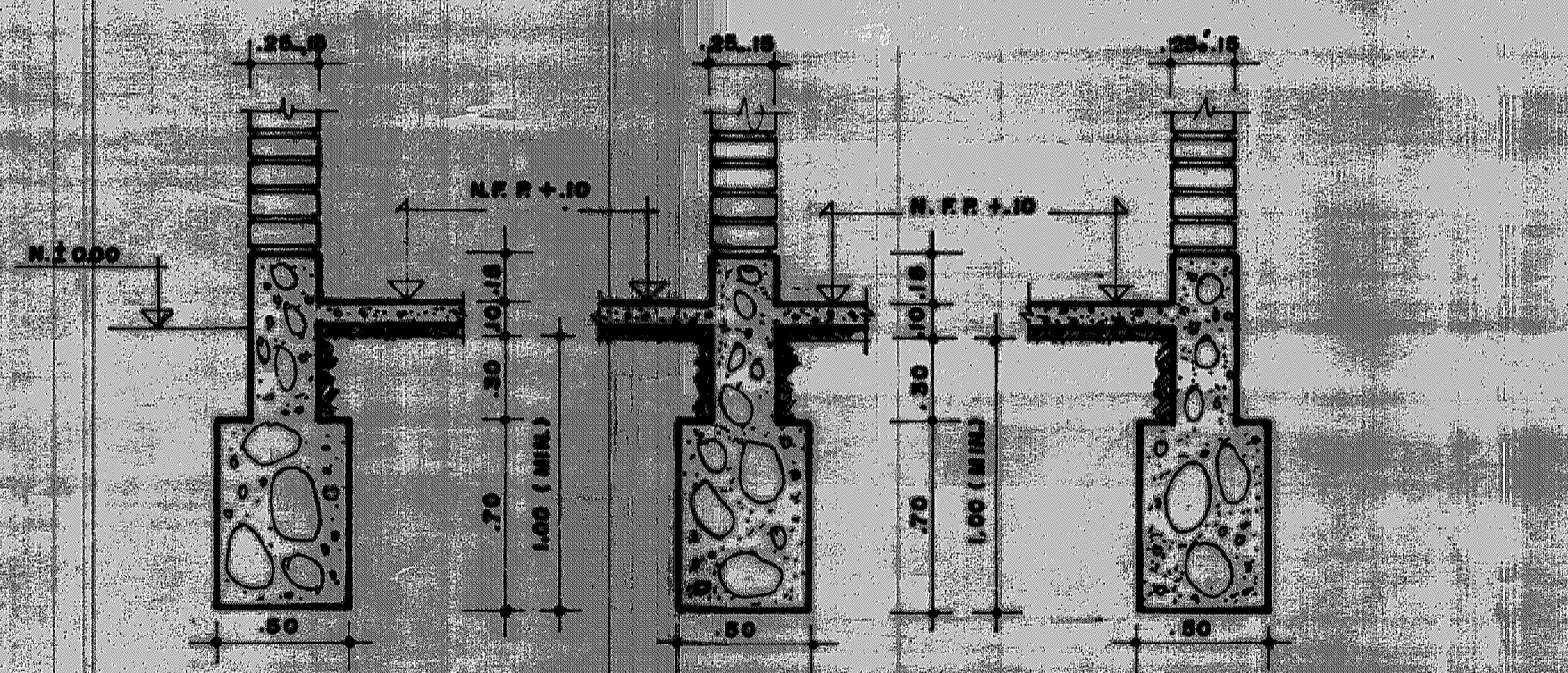
PROYECTA DEL



NOTA:
EL PLANO DE CIMENTACION TAMBIEN ES VALIDO EN CASO DE QUE VARIARE LA UBICACION DE COLUMNAS C-2, Y BOQUETAS EN EJE "B"



CIMENTACION
ESC. 1:50



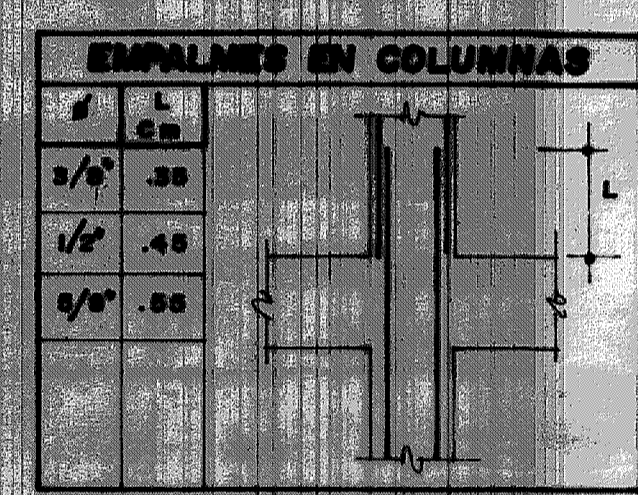
ESPECIFICACIONES GENERALES

ESFUERZOS:
 $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_t = 1.5 \text{ kg/cm}^2$ (verificar en obra)

SORRECARSA:
 S/C = 200 Kg/m^2 1er piso
 S/C = 150 Kg/m^2 2da. piso (techo amolado)
 S/C = 500 Kg/m^2 circulacion.

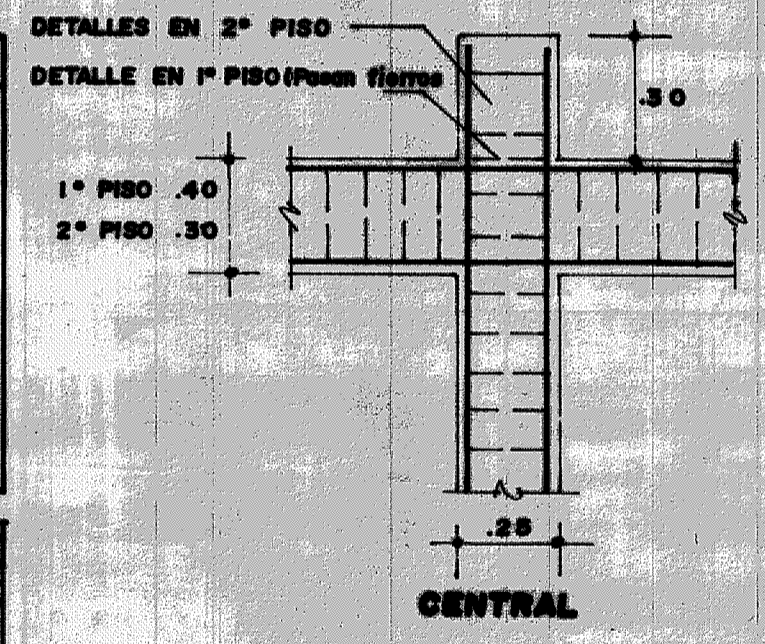
RECUBRIMIENTO:
 ZOPLETAS: 5 cm.
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTAS: 4 cm.
 ALIGERADOS Y VIGAS CHATAS: 2 cm.
 ESCALERAS Y LOSAS: 2 cm.

REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES A.C.I. 318-71

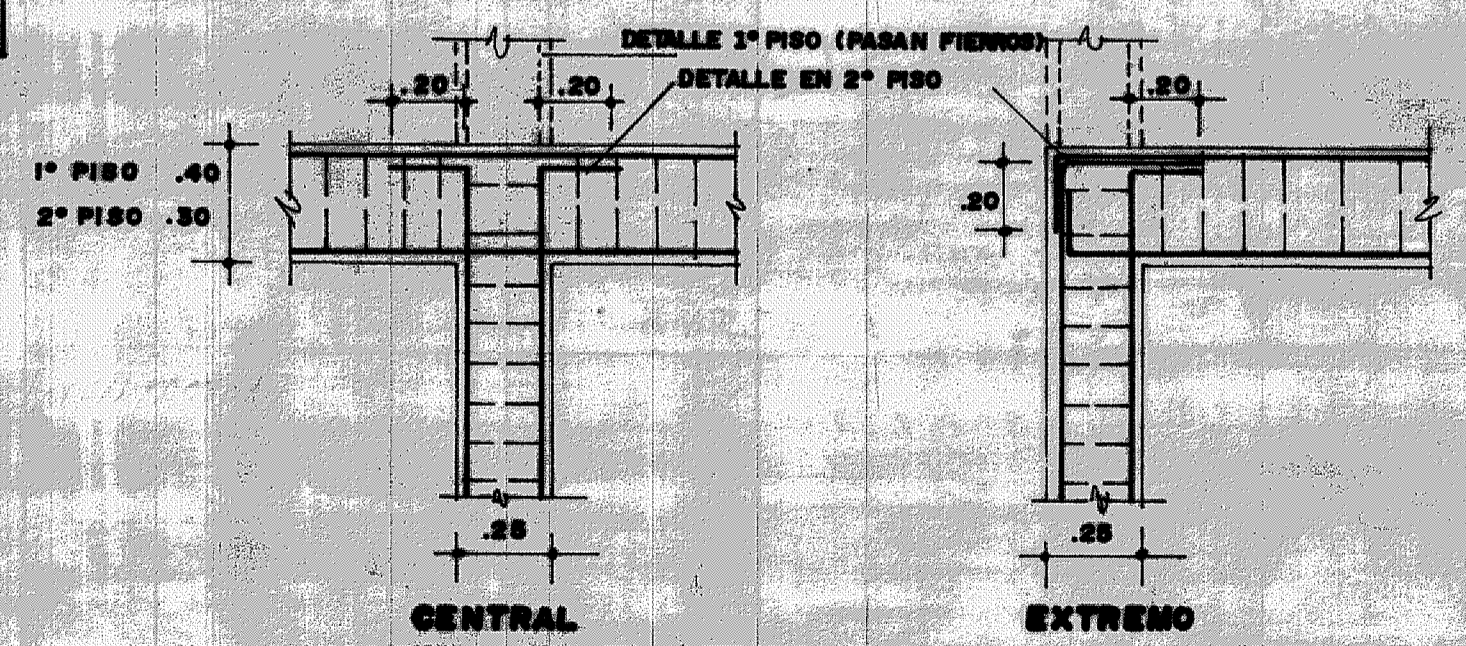


CUADRO DE ZAPATAS

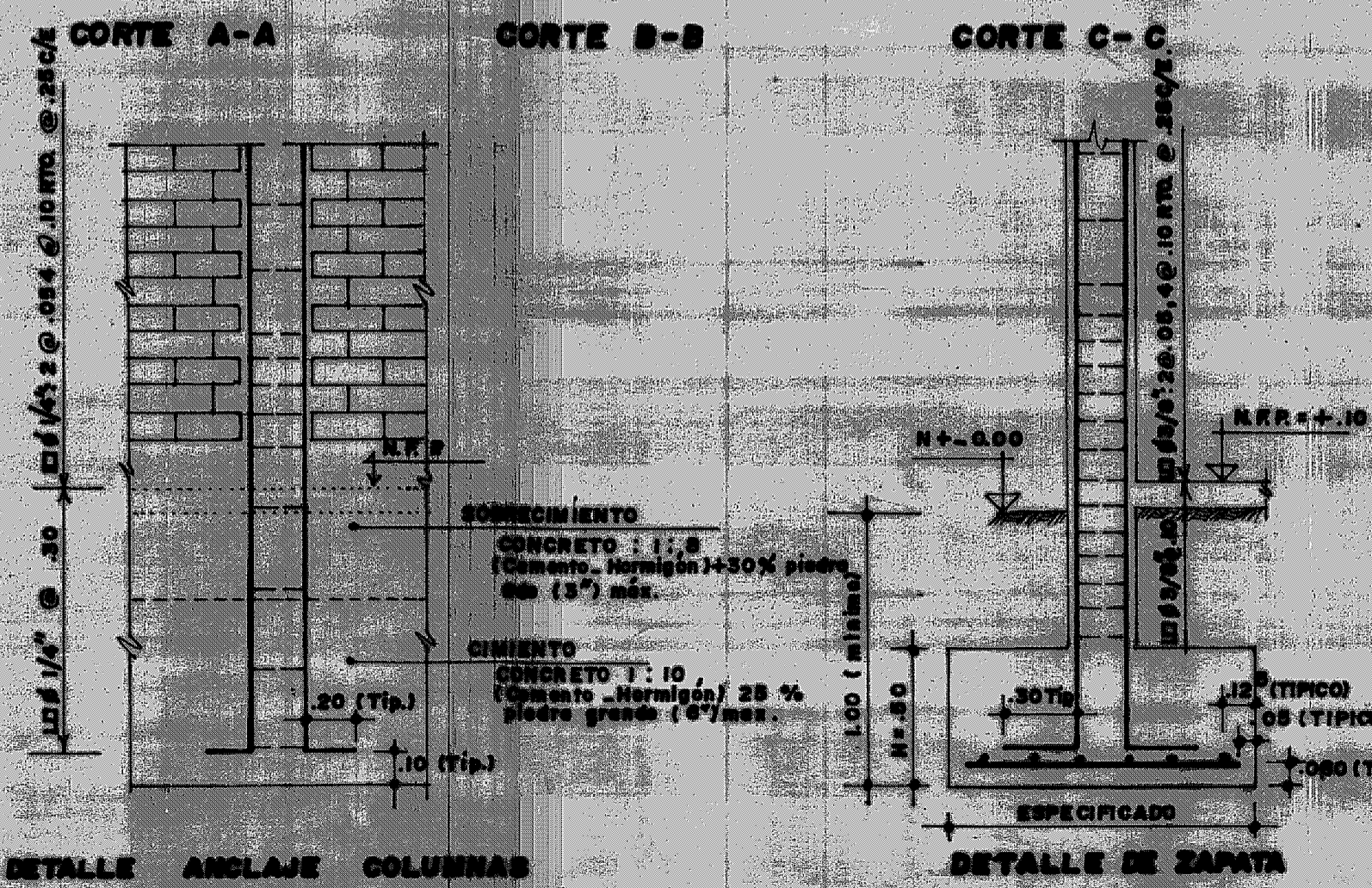
TIPO	DIMENSION	ACERO
Z-1	1.05 x 1.20	4 $\phi 1/2"$, 4 $\phi 1/2"$
Z-2	1.20 x 1.35	4 $\phi 1/2"$, 4 $\phi 1/2"$
Z-3	1.05 x 1.20	4 $\phi 3/8"$, 4 $\phi 3/8"$



DETALLES ENCUENTRO DE VIGA Y COLUMNA EJE "A" FACHADA PRINCIPAL



DETALLES ENCUENTRO DE VIGAS Y COLUMNAS EJE "B" FACHADA POSTERIOR



DETALLE ANCLAJE COLUMNAS AL CEMENTO CORRIDO ESC. 1:20

DETALLE DE ZAPATA

CUADRO DE COLUMNAS

TIPO	DIMENSION	ACERO	ESTRIBOS
C-1	(20x20)	4 $\phi 1/2"$	$\square \phi 1/4" @ 25, 4 @ .10$ RTO. @ .25 c/e.
C-2	(20x20)	4 $\phi 3/8"$	$\square \phi 1/4" @ .10$ RTO. @ .15 c/e.
C-3	(20x40)	4 $\phi 3/8"$	$\square \phi 1/4" @ 25, 4 @ .10$ RTO. @ .25 c/e.
C-4	(20x20)	4 $\phi 3/8"$	$\square \phi 1/4" @ 25, 4 @ .10$ RTO. @ .25 c/e.
C-5	(20x20)	4 $\phi 3/8"$	$\square \phi 1/4" @ 25, 4 @ .10$ RTO. @ .25 c/e.

CESAR BUSTAMANTE NAVARRO
 ING. PROTECTISTA
 C.I.R. N°3355

PROPIETARIO: **C.E. 20475**

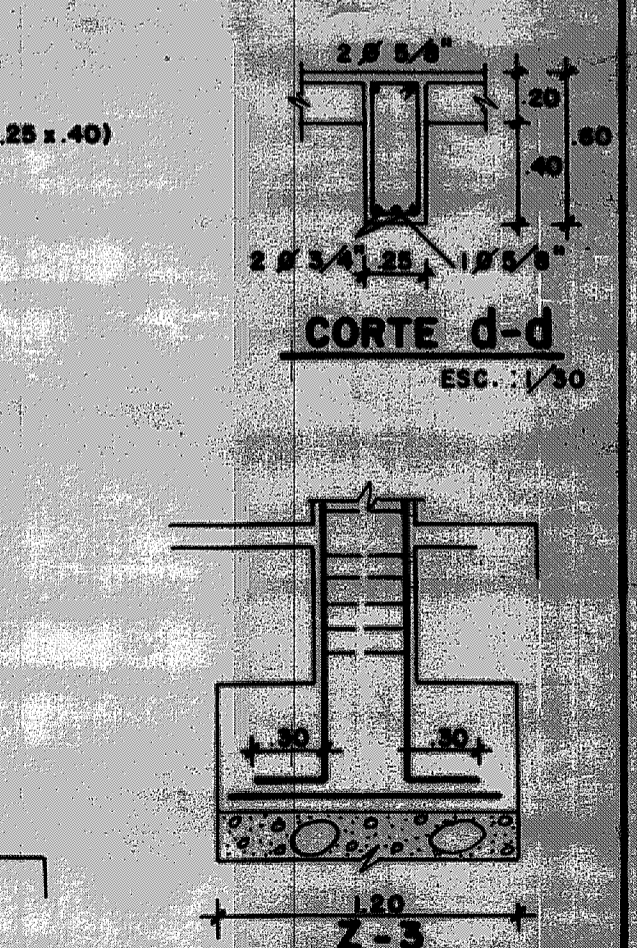
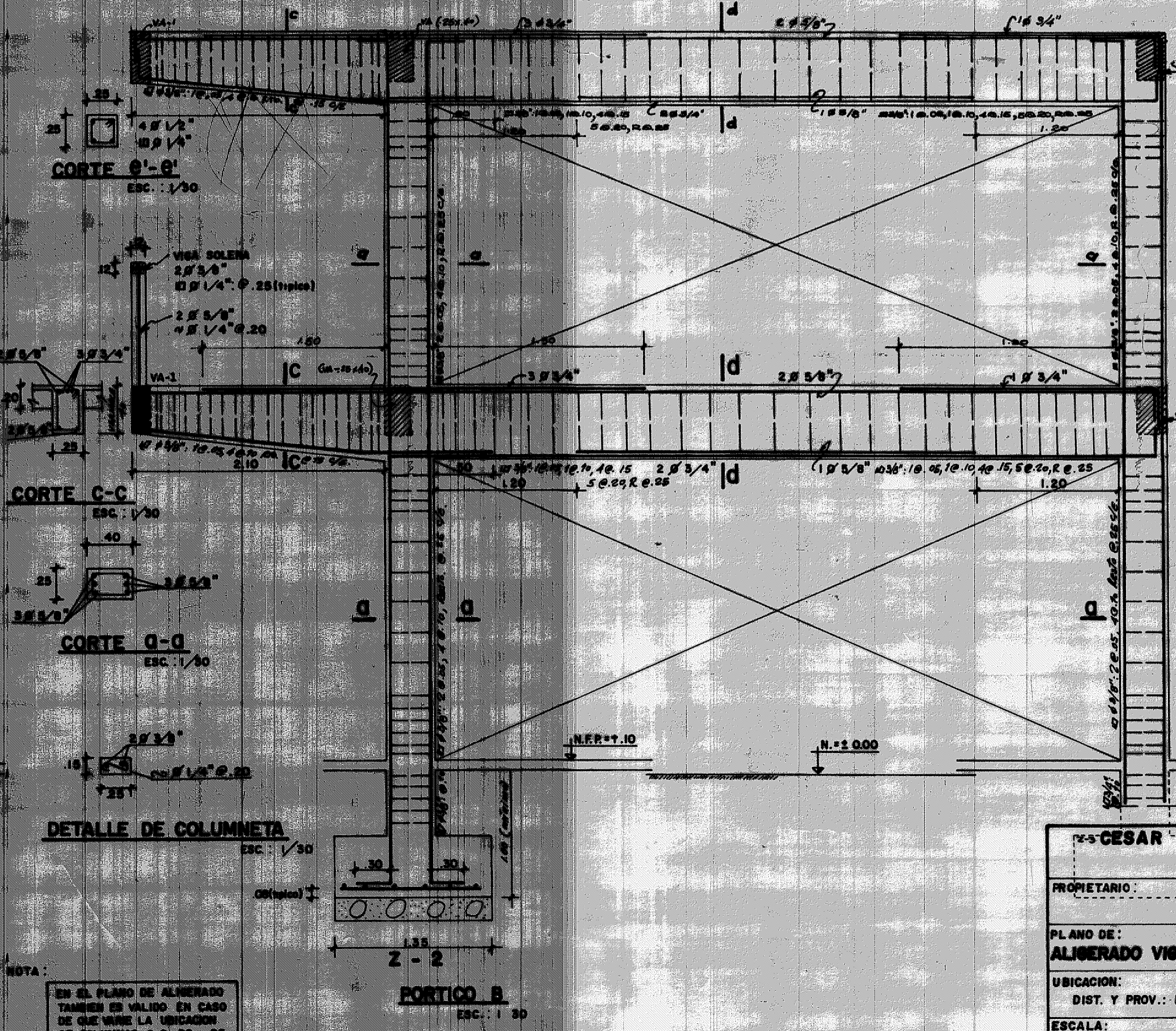
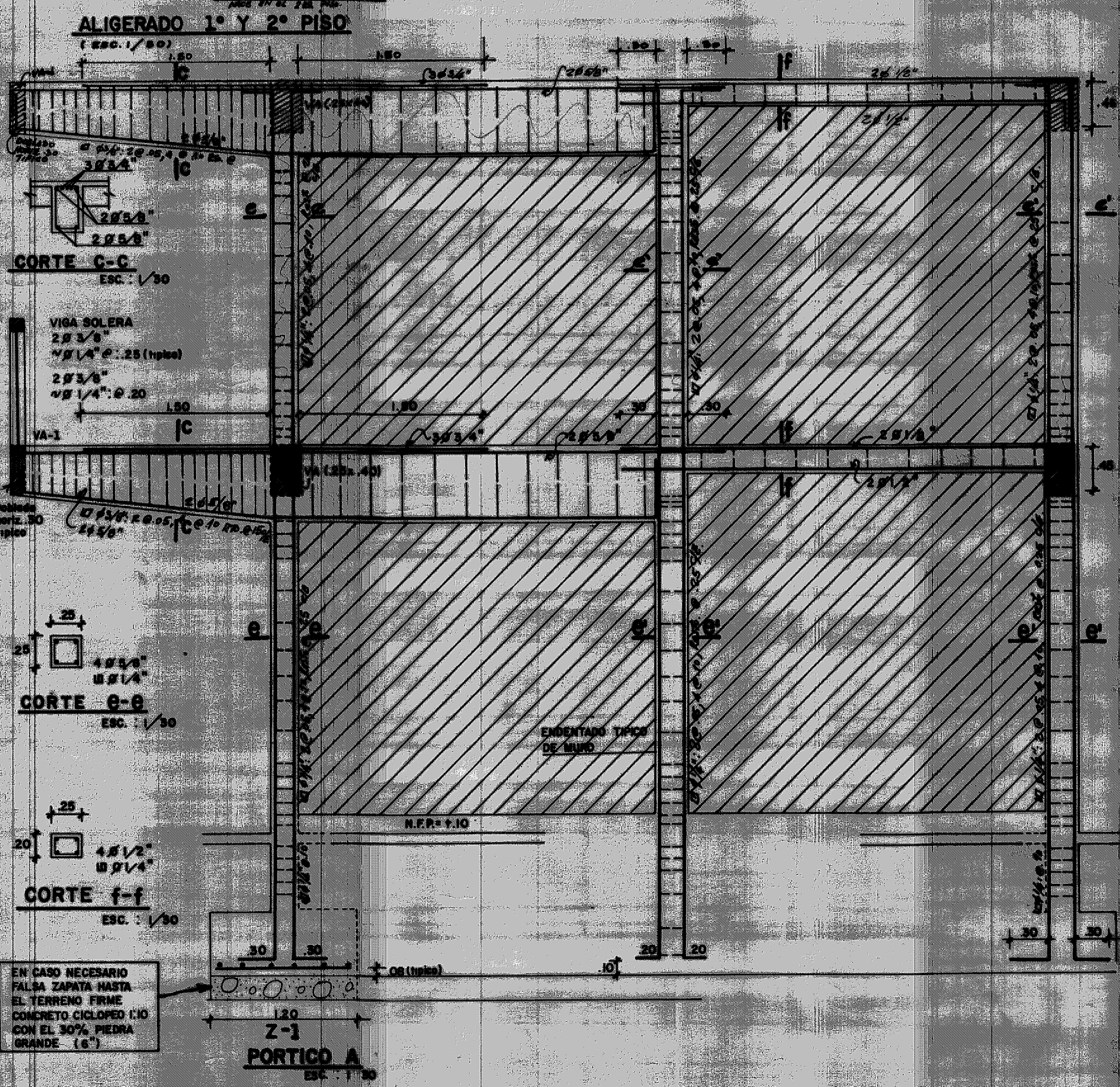
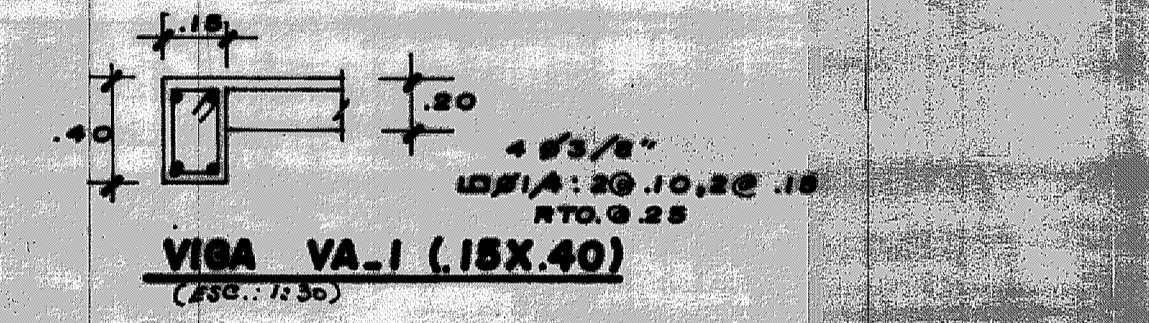
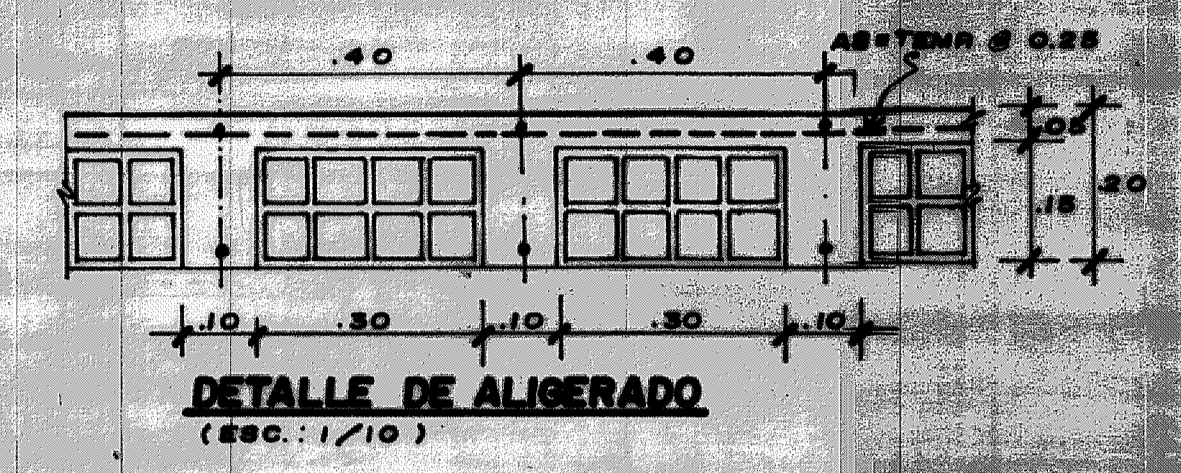
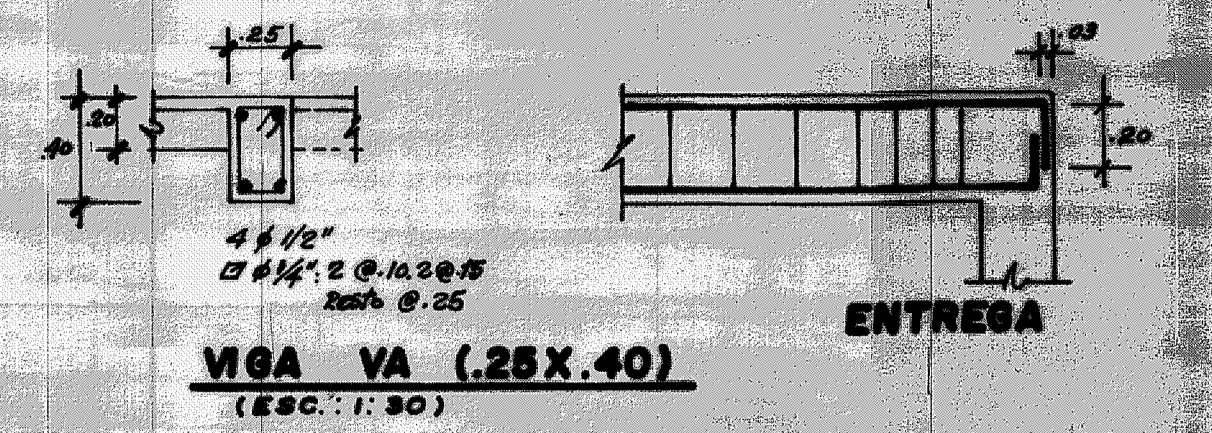
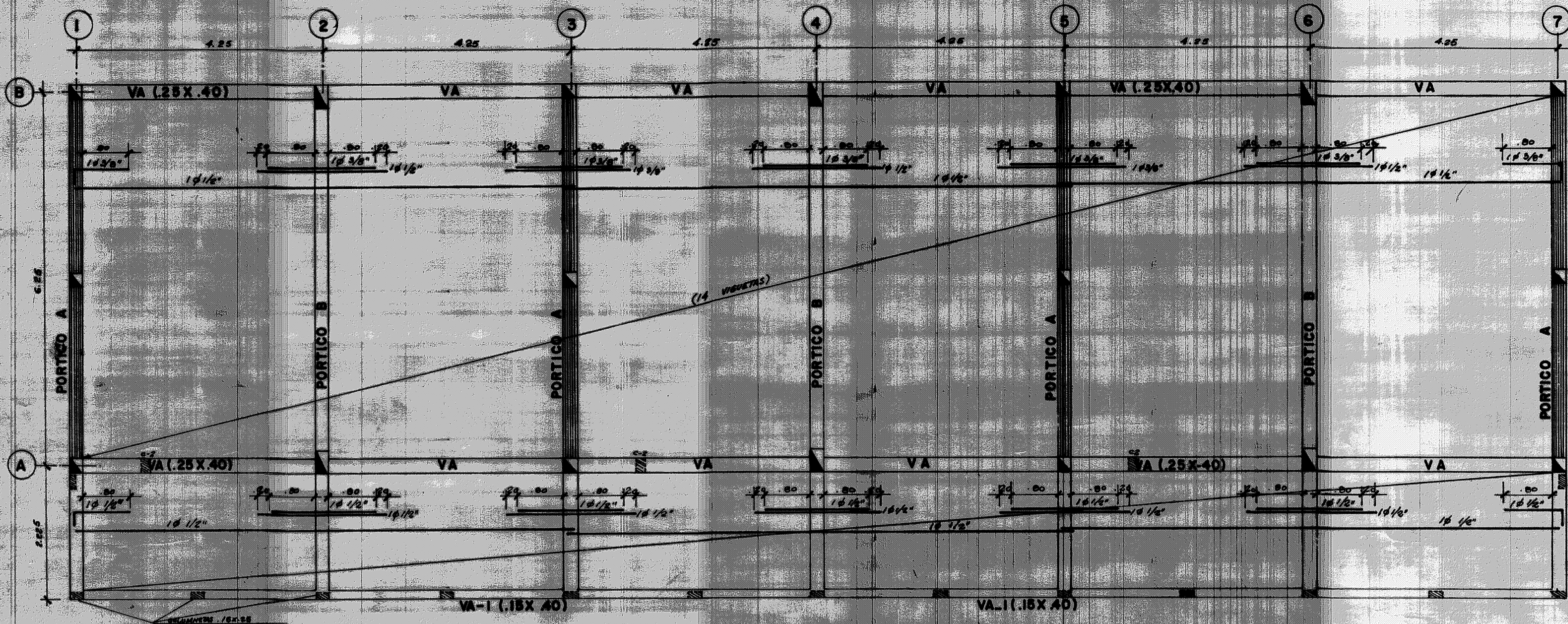
PLANO DE: AULA TIPO COSTA ALT. A,B,C LAMINA N°

CIMENTACION

UBICACION: **E-01**

DIST. Y PROV.: BARRANCA DPTO.: LIMA

ESCALA: INDICADA FECHA: ABRIL '93 DIB.: N.N.N.



EN CASO NECESARIO
 FALSA ZAPATA HASTA
 EL TERRENO FIRME
 CONCRETO CICLOPEO C10
 CON EL 30% PIEDRA
 GRANDE (6")

NOTA:
 EN EL PLANO DE ALIGERADO
 TAMBIEN ES VALIDO EN CASO
 DE QUE HUBO LA UBICACION
 DE COLUMNAS C-2, 20 x 25
 Y MOCHETAS EN EJE "B"

ING. CESAR BUSTAMANTE NAVARRO ING. PROYECTISTA C.I.P. N° 38358	
PROPIETARIO: C.E. 20478	
PLANO DE: ALIGERADO VIGAS Y PORTICO	LAMINA N° E-02
UBICACION: DIST. Y PROV.: BARRANCA DPTO. LIMA	ESCALA: INDICADA
FECHA: ABRIL '93	DES.: M.N.R.M.