

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN
EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON
LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO”**

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

AUTOR:

Bach. CONDOR PÓSITO EVER OSMAR

ASESOR:

Dr. Ing. MOSQUEIRA MORENO MIGUEL ANGEL

CAJAMARCA-PERU

2023

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos que siempre me apoyaron incondicionalmente para seguir adelante en mi carrera profesional.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por brindarme una extraordinaria formación y convertirme en profesional.

A mi asesor Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno por su apoyo y orientación para el desarrollo de la presente investigación.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la salud y guiarme por el buen camino en todas las etapas de mi vida.

A mis padres, José Francisco y Delmira por su gran apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, su esfuerzo que ponen cada día para salir adelante y la gran ayuda que me brindaron para lograr cada una de mis metas.

ÍNDICE

Agradecimiento	I
Dedicatoria	II
Listado de tablas	VII
Listado de figuras	X
Resumen	XV
Abstract	XVI
Capítulo I. Introducción	17
1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Hipótesis	18
1.4. Justificación de la investigación	18
1.5. Alcances de la investigación.....	19
1.5.1. Documentación.....	19
1.5.2. Estructura del edificio educativo en estudio.....	19
1.5.3. Suelo de fundación del edificio educativo en estudio	20
1.6. Limitaciones de la investigación.....	22
1.7. Objetivos.....	23
1.7.1. Objetivo general	23
1.7.2. Objetivos específicos	23
Capítulo II. Marco teórico	24
2.1. Antecedentes teóricos	24
2.1.1. Internacionales.....	24
2.1.2. Nacionales	26
2.2. Bases teóricas.....	28
2.2.1. Losa aligerada.....	28
2.2.2. Comportamiento estructural	31

2.2.3.	Uso de poliestireno expandido en losas.....	31
2.2.4.	Propiedades dinámicas	33
2.2.5.	Cargas	33
a)	carga viva	33
b)	carga muerta.....	34
2.2.6.	Fuerzas internas en los elementos estructurales	35
2.2.7.	Ensayo de esclerometría	37
2.2.8.	Ensayos de mecánica de suelos (ems)	41
2.3.	Definición de términos básicos	44
Capítulo III. Materiales y métodos		45
3.1.	Ubicación geográfica	45
3.1.1.	Ubicación geográfica de la investigación.....	45
3.2.	Metodología.....	46
3.2.1.	Tipo, nivel, diseño y método de la investigación	46
3.2.2.	Variables.....	46
3.2.2.1.	Variable dependiente	46
3.2.2.2.	Variable independiente	46
3.2.3.	Población de estudio.....	46
3.2.4.	Muestra.....	46
3.2.5.	Unidad de análisis.....	47
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.3.1.	Técnicas de recolección de datos.....	47
3.3.2.	Instrumentos de recopilación de información:	47
3.4.	Etapas del procedimiento de la investigación.....	47
3.5.	Ejecución del procedimiento de la investigación	49
3.5.1.	Estudio de esclerometría.....	49
3.5.2.	Características del acero	62

3.5.3.	Cargas	62
3.5.4.	Procedimiento de análisis	63
3.5.5.	Modelamiento en el programa etabs v.20.....	63
3.6.	Presentación de resultados del programa etabs v.20.....	101
3.6.1.	Periodo fundamental de vibración de la estructura	101
3.6.2.	Porcentaje de masa efectiva.....	102
3.6.3.	Masa de cada diafragma rígido por nivel	103
3.6.4.	Cortante estático	105
3.6.5.	Cortante dinámico	105
3.6.6.	Desplazamientos-sismo estático	106
3.6.7.	Desplazamientos-sismo dinámico	111
3.6.8.	Derivas.....	115
3.6.9.	Momentos	118
3.6.10.	Cortantes	119
3.6.11.	Torsión	119
Capitulo IV. Análisis y discusión de resultados		120
4.1.	Análisis y discusión de resultados del periodo fundamental de vibración de la estructura.....	120
4.2.	Análisis y discusión de resultados del porcentaje de masa efectiva	120
4.3.	Análisis y discusión de resultados de la masa de cada diafragma rígido por nivel	121
4.4.	Análisis y discusión de resultados del cortante estático	121
4.5.	Análisis y discusión de resultados del cortante dinámico.....	121
4.6.	Análisis y discusión de resultados de desplazamientos -sismo estático	122
4.7.	Análisis y discusión de resultados de desplazamientos-sismo dinámico	123
4.8.	Análisis y discusión de resultados de derivas	125
4.9.	Análisis y discusión de resultados de momentos.....	126
4.10.	Análisis y discusión de resultados de cortantes	126

4.11. Análisis y discusión de resultados de la torsión	126
4.12. Discusión de resultados contrastado con la hipótesis	126
4.13. Tabla resumen de resultados obtenidos	127
Capitulo V. Conclusiones y recomendaciones	128
5.1. Conclusiones.....	128
5.1. Recomendaciones.....	129
Capitulo VI. Referencia bibliográficas.....	130
Anexos:	137

Listado de tablas

Tabla N° 1 Características generales del ladrillo hueco 15	22
Tabla N° 2 Propiedades químicas del Poliestireno Expandido (Gómez et al., 2015)	32
Tabla N° 3 Cargas vivas mínimas repartidas (E.020, 2020).	34
Tabla N° 4 Pesos Unitarios (E.020, 2020).....	35
Tabla N° 5 Factores de corrección (Norma ASTM-C805).....	38
Tabla N° 6 Resistencia de acuerdo al índice de rebote (Norma ASTM-C805).....	39
Tabla N° 7 Análisis granulométrico por mallas (NTP 339.128 ASTM D422)	41
Tabla N° 8 Clasificación de suelos American (Society for Testing Material ASTM)	43
Tabla N° 9 Abaco de correlación número de rebotes-resistencia a la compresión simple (manual del usuario esclerómetro)	51
Tabla N° 10 Ensayo de esclerometría en columna	52
Tabla N° 11 Ensayo de esclerometría en columna	53
Tabla N° 12 Ensayo de esclerometría en columna	54
Tabla N° 13 Ensayo de esclerometría en viga.....	55
Tabla N° 14 Ensayo de esclerometría en viga.....	56
Tabla N° 15 Ensayo de esclerometría en viga.....	57
Tabla N° 16 Ensayo de esclerometría en losa	58
Tabla N° 17 Ensayo de esclerometría en losa	59
Tabla N° 18 Ensayo de esclerometría en losa	60
Tabla N° 19 Peso específico y relación de poisson del concreto	61
Tabla N° 20 Valores de zonificación (E.030-2019).	76
Tabla N° 21 Factor de amplificación de Suelo (E.030-2019).	76
Tabla N° 22 Periodos T_p y T_L (E.030-2019).	76
Tabla N° 23 Factor de importancia o de uso en las edificaciones (E.030-2019).	77
Tabla N° 24 Valores del coeficiente básico de reducción sísmica (E.030-2019).....	78
Tabla N° 25 Periodo y porcentaje de masa efectiva de la estructura.....	81
Tabla N° 26 Periodo dominante y porcentaje de masa efectiva de la estructura en la dirección X	81
Tabla N° 27 Periodo dominante y porcentaje de masa efectiva de la estructura en la dirección Y	82
Tabla N° 28 Desplazamientos máximos, promedios y en el centro de masa para la dirección X y Y	86

Tabla N° 29	Factor de irregularidad por masa o peso (E.030-2019).....	86
Tabla N° 30	Verificación de irregularidad por masa o peso	87
Tabla N° 31	Factor de irregularidad torsional (E.030-2019).....	88
Tabla N° 32	Drifts elásticos e inelásticos en la dirección X	89
Tabla N° 33	Drifts elásticos e inelásticos en la dirección Y	89
Tabla N° 34	Caso I para irregularidad torsional.....	89
Tabla N° 35	Verificación de irregularidad torsional Caso I.....	90
Tabla N° 36	Caso II para irregularidad torsional	90
Tabla N° 37	Verificación de irregularidad torsional Caso II.....	90
Tabla N° 38	Caso I para irregularidad torsional.....	91
Tabla N° 39	Verificación de irregularidad torsional Caso I.....	91
Tabla N° 40	Caso II para irregularidad torsional	91
Tabla N° 41	Verificación de irregularidad torsional Caso II.....	92
Tabla N° 42	Factor de irregularidad por esquinas entrantes (E.030-2019).....	92
Tabla N° 43	Verificación de irregularidad por esquinas entrantes en la dirección X	92
Tabla N° 44	Verificación de irregularidad por esquinas entrantes en la dirección Y	93
Tabla N° 45	Parámetros sísmicos para la definición del espectro de diseño	93
Tabla N° 46	Resumen de resultados.....	127
Tabla N° 47	Periodo fundamental de vibración de la estructura dirección Y	137
Tabla N° 48	Porcentaje de masa efectiva en la dirección X y Y	137
Tabla N° 49	Masa de diafragma rígido por nivel	138
Tabla N° 50	Desplazamientos máximos, promedio y en el centro de masa en la dirección X y Y para el sismo estático	139
Tabla N° 51	Desplazamientos máximos, promedio y en el centro de masa en la dirección X y Y para el sismo dinámico	140
Tabla N° 52	Derivas elásticas e inelástica en la dirección X para el sismo estático	140
Tabla N° 53	Derivas elásticas e inelástica en la dirección Y para el sismo estático	141
Tabla N° 54	Derivas elásticas e inelástica en la dirección X para el sismo dinámico	141
Tabla N° 55	Derivas elásticas e inelástica en la dirección Y para el sismo dinámico	141
Tabla N° 56	Periodo fundamental de vibración de la estructura dirección Y	144
Tabla N° 57	Porcentaje de masa efectiva en la dirección X y Y	144
Tabla N° 58	Masa de diafragma rígido por nivel	145

Tabla N° 59 Desplazamientos máximos, promedio y en el centro de masa en la dirección X y Y para el sismo estático	146
Tabla N° 60 Desplazamientos máximos, promedio y en el centro de masa en la dirección X y Y para el sismo dinámico	147
Tabla N° 61 Derivas elásticas e inelástica en la dirección X para el sismo estático	147
Tabla N° 62 Derivas elásticas e inelástica en la dirección Y para el sismo estático	148
Tabla N° 63 Derivas elásticas e inelástica en la dirección X para el sismo dinámico	148
Tabla N° 64 Derivas elásticas e inelástica en la dirección Y para el sismo dinámico	148

Listado de figuras

Figura N° 1 Losas aligeradas en estudio	19
Figura N° 2 Suelo predominante en la ciudad de Bambamarca.....	21
Figura N° 3 Ubicación geográfica de la plaza principal de Bambamarca y edificio educativo en estudio	21
Figura N° 4 Planta típica. Columnas, vigas (Gonzales P. , 2018).....	28
Figura N° 5 Formas de losas aligeradas (Gonzales P. , 2018).	29
Figura N° 6 Losa de concreto (Hernández C. , 2018).	29
Figura N° 7 Losa aligerada convencional	30
Figura N° 8 Losa aligerada con poliestireno expandido (EPS).....	30
Figura N° 9 Comportamiento estructural (Gómez et al., 2015)	31
Figura N° 10 Tipo de fuerzas internas (Vásquez, 2019).	35
Figura N° 11 Ubicación geográfica del edificio educativo en estudio (Google maps).	45
Figura N° 12 Ubicación geográfica del Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales (Current Position).....	45
Figura N° 13 Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales – Bambamarca.	46
Figura N° 14 Número de probetas en función del error máximo e, (ASTM C 823).....	49
Figura N° 15 Resistencia del concreto en vigas	63
Figura N° 16 Resistencia del concreto en columnas	64
Figura N° 17 Resistencia del concreto en losas	64
Figura N° 18 Definición del material acero	65
Figura N° 19 Definición de viga VP 25x50	65
Figura N° 20 Definición de viga VS 25x20	66
Figura N° 21 Definición de viga VS 25x25	66
Figura N° 22 Definición de columna C1 30x30.....	67
Figura N° 23 Definición de columna C2 40.....	67
Figura N° 24 Definición de columna C3 30x60.....	68
Figura N° 25 Definición de columna CIR 1	68
Figura N° 26 Definición de losa de ladrillo hueco 15 de 15x30x30 (cm).....	69
Figura N° 27 Losa con bloques de Poliestireno expandido (EPS) de 1.20x0.30x0.15 (m) 69	
Figura N° 28 Definición de losa con Poliestireno expandido (EPS).....	70
Figura N° 29 Definición de patrones de carga	70

Figura N° 30 Definición del peso de la estructura	71
Figura N° 31 Asignación de cargas en la estructura	72
Figura N° 32 Primera vista del modelo isométrico en Etabs V.20.....	72
Figura N° 33 Segunda vista del modelo isométrico en Etabs V.20	73
Figura N° 34 Asignación de diafragmas rígidos por nivel en Etabs V.20.	73
Figura N° 35 Asignación de brazos rígidos en Etabs V.20	74
Figura N° 36 Definición de los modos de vibración de la estructura.....	74
Figura N° 37 Mapa de zonificación del Perú (E.030-2019).....	75
Figura N° 38 Periodo Fundamental de Vibración de la estructura (E.030-2019).	79
Figura N° 39 Porcentaje de participación modal de la estructura (E.030-2019).....	80
Figura N° 40 Vista en planta del periodo fundamental de vibración de la estructura.....	82
Figura N° 41 Resultado del cortante estático en dirección X y Y.....	83
Figura N° 42 Cortante estático por nivel en dirección X	84
Figura N° 43 Cortante estático por nivel en dirección Y	84
Figura N° 44 Desplazamientos en el Centro de Masa (Dirección X e Y).....	85
Figura N° 45 Desplazamientos Máximos y Promedios (Dirección X e Y).....	85
Figura N° 46 Masa por diafragma rígido de la estructura.....	87
Figura N° 47 Drifts por nivel de la estructura	88
Figura N° 48 Espectro de diseño	94
Figura N° 49 Incorporación del espectro de diseño dirección X	94
Figura N° 50 Incorporación del espectro de diseño dirección Y	95
Figura N° 51 Definimos el caso de carga del espectro de diseño en dirección X.....	96
Figura N° 52 Definimos el caso de carga del espectro de diseño en dirección Y	96
Figura N° 53 Cortante por nivel para el sismo dinámico en dirección X	97
Figura N° 54 Cortante por nivel para el sismo dinámico en dirección Y	98
Figura N° 55 Combinaciones de carga.....	100
Figura N° 56 Periodo fundamental de vibración de la estructura: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	101
Figura N° 57 Porcentaje de masa efectiva dirección “x”: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	102
Figura N° 58 Porcentaje de masa efectiva dirección “y”: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	103

Figura N° 59 Masa de diafragma rígido por niveles: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	104
Figura N° 60 Masa de diafragma rígido de la estructura: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	104
Figura N° 61 Cortante estático de la estructura en ambas direcciones X y Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	105
Figura N° 62 Cortante dinámico de la estructura en ambas direcciones X y Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo con ladrillo vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	106
Figura N° 63 Desplazamientos máximos de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	107
Figura N° 64 Desplazamientos máximos de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	107
Figura N° 65 Desplazamientos promedios de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	108
Figura N° 66 Desplazamientos promedios de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	109
Figura N° 67 Desplazamientos en centro de masa de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	110
Figura N° 68 Desplazamientos en centro de masa de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	110
Figura N° 69 Desplazamientos máximos de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	111

Figura N° 70 Desplazamientos máximos de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	112
Figura N° 71 Desplazamientos promedios de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	113
Figura N° 72 Desplazamientos promedios de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	113
Figura N° 73 Desplazamientos en centro de masa de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	114
Figura N° 74 Desplazamientos en centro de masa de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	115
Figura N° 75 Derivas de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	116
Figura N° 76 Derivas de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	116
Figura N° 77 Derivas de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	117
Figura N° 78 Derivas de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	118
Figura N° 79 Momentos de la estructura: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).....	118
Figura N° 80 Cortantes de la estructura: entrepiso de losa aligerada con ladrillo vs entrepiso de losa aligerada con Tecnopor.....	119
Figura N° 81 Torsión de la estructura: entrepiso de losa aligerada con ladrillo vs entrepiso de losa aligerada con Tecnopor	119
Figura N° 82 Cortante estático para las direcciones X y Y	138
Figura N° 83 Cortante dinámico para las direcciones X y Y	139
Figura N° 84 Momento para la carga máximo establecida en losa	142
Figura N° 85 Cortante para la carga máximo establecida en losa.....	142

Figura N° 86	Torsión para la carga máximo establecida en losa	143
Figura N° 87	Cortante estático para las direcciones X y Y	145
Figura N° 88	Cortante dinámico para las direcciones X y Y	146
Figura N° 89	Momento para la carga máximo establecida en losa	149
Figura N° 90	Cortante para la carga máximo establecida en losa	149
Figura N° 91	Torsión para la carga máximo establecida en losa	150
Figura N° 92	Verificación de medidas de columnas	151
Figura N° 93	Verificación de medidas de columna	151
Figura N° 94	Verificación de medidas de vigas	152
Figura N° 95	Tesista en el edificio educativo en estudio	152
Figura N° 96	Realización del ensayo de esclerometría	153

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es comparar el comportamiento estructural del edificio educativo que lleva el nombre de Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales de la ciudad de Bambamarca de 6 niveles con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y poliestireno expandido (EPS), esta comparación del comportamiento estructural se analizó solo por el efecto del peso que causan las losas aligeradas a la estructura, la metodología de la investigación realizada es cuantitativa de diseño no experimental, para determinar el comportamiento estructural se utilizó el programa ETABS V 20.0, del edificio educativo en estudio se determinó la resistencia a compresión promedio para vigas de 343 Kg/cm^2 , para columnas de 307 Kg/cm^2 y para losas de 180 Kg/cm^2 por ensayos de esclerometría. Para el comportamiento estructural del edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 (ladrillo de techo de 15cm) se obtuvieron resultados tales como: El periodo fundamental de vibración es en la dirección Y es igual a 0.932 segundos, la masa de diafragma rígido obtenida de la estructura es de 62.084 ($\text{Tnf-s}^2/\text{m}$), el cortante estático en la base tanto en la dirección X como Y es de 60.88 Tn; mientras que del comportamiento estructural del edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) (densidad 15 kg/m^3) se obtuvieron resultados tales como: El periodo fundamental de vibración es en la dirección Y es igual a 0.891 segundos, la masa de diafragma rígido obtenida de la estructura es de 56.963 ($\text{Tnf-s}^2/\text{m}$), el cortante estático en la base tanto en la dirección X como Y es de 55.86 Tn. Con la comparación de los resultados obtenidos se concluyó que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural.

Palabras clave: entrepiso, comportamiento estructural, losa aligerada, ladrillo de techo, poliestireno expandido.

ABSTRACT

The objective of this research is to compare the structural behavior of the educational building that bears the name of Higher Technological Educational Institute of Industrial Research of the city of Bambamarca of 6 levels with mezzanine of slab lightened with hollow brick 15 and expanded polystyrene (EPS), this comparison of structural behavior was analyzed only by the effect of the weight caused by the lightened slabs to the structure, the methodology of the research carried out is quantitative of non-experimental design, for determine the structural behavior the ETABS V 20.0 program was used, of the educational building under study the average compressive strength for beams of 34.3 Kg/cm^2 was determined, for columns of 30.7 Kg/cm^2 and for slabs of 18.0 Kg/cm^2 by sclerometry tests. For the structural behavior of the educational building with mezzanine of slab lightened with hollow brick 15 (ceiling brick of 15cm) results were obtained such as: The fundamental period of vibration is in the direction Y es equal to 0.932 sec, the mass of rigid diaphragm obtained from the structure is 62.084 ($\text{Tn} \cdot \text{s}^2/\text{m}$), and the static shear at the base in both direction X and Y is 60.88 Tn; while the structural behavior of the educational building with mezzanine slab lightened with expanded polystyrene (EPS) (density 15 kg/m^3) results were obtained such as The fundamental period of vibration is in the direction Y es equal to 0.891 sec, the mass of rigid diaphragm obtained from the structure is 56.963 ($\text{Tn} \cdot \text{s}^2/\text{m}$), and the static shear at the base in both the X and Y directions is 55.86 Tn. With the comparison of the results obtained, it was concluded that the structure with slab mezzanine lightened with expanded polystyrene (EPS) has better structural behavior.

Key Words: mezzanine, structural behavior, lightened slab, roof brick, expanded polystyrene.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las losas de entrepisos se utilizan para proporcionar una superficie plana y utilizable. Una losa es una placa ancha y plana, generalmente horizontal, con sus superficies inferior y superior paralelas entre sí. La losa se encarga de soportar las cargas verticales y distribuir las fuerzas horizontales. La capacidad de soportar cargas verticales, soportar su propio peso, acabados, tabiques, pisos acabados y cargas vivas según su uso (Rugel, 2002).

El uso de poliestireno expandido (EPS) en la actualidad se está utilizando en diversas infraestructuras, de igual manera en el aligeramiento de las losas con el propósito de reducir el peso. La mayoría de las estructuras de losas aligeradas están hechas de ladrillos de arcilla, los cuales después de un análisis vemos que se convierten en un material casi innecesario debido a la sobrecarga creada en el edificio y al aumento de las fuerzas internas de los elementos estructurales (Verde, 2021).

El proceso de construcción de edificios, especialmente de las losas aligeradas, actualmente tiene varias opciones, cada una de las cuales suele ser repetitivo en todo el mundo, pero los cambios y avances tecnológicos han obtenido la mejor opción en términos de calidad, costo y tiempo. Uno de los materiales que ingresó al mercado de la construcción fueron los bloques de poliestireno expandido (EPS), el cual en la actualidad se tiene dudas sobre su uso (por riesgo climatológico y por ser inflamable) (Aguirre, 2022).

Así mismo, el desarrollo de edificaciones en el Perú ha continuado avanzando con diferentes tipos de sistemas de entre piso, en donde se usa diferentes tipos de materiales en las losas aligerada, como es el caso de usar bovedillas de arcilla, poliestireno expandido, bovedillas de concreto, entre otros. Estas losas se desarrollan considerando el costo unitario y el tiempo de colocación, teniendo como propósito aprovechar con mayor eficiencia estos materiales, evaluando de igual manera los rendimientos y costo unitario (Zavaleta, 2018).

Por lo expuesto, la presente investigación se centró en identificar el tipo de losa aligerada que tiene el mejor comportamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y poliestireno expandido (EPS), el comportamiento estructural se evaluó solo por el efecto del peso de las losas aligeradas en la estructura. Usándose las instalaciones del Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones

Industriales, ubicado en el Jr. Jaime Martínez 285 en Bambamarca en la Provincia de Hualgayoc en la región de Cajamarca, para el desarrollo de la investigación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El entrepiso de losa aligerada de poliestireno expandido (EPS) generará un mejor comportamiento estructural del edificio Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales en comparación con el entrepiso de losa aligerada con ladrillo?

1.3. HIPÓTESIS

La losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) en los entrepisos del edificio Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales tiene mejor comportamiento estructural.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica por la necesidad de conocer si el peso de los materiales ladrillo hueco 15 y poliestireno expandido (EPS) (densidad 15 kg/ m³) utilizados en los entrepisos de losas aligeradas contribuyen en el comportamiento estructural del edificio educativo que lleva el nombre de Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales en la ciudad de Bambamarca, distrito de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. También por la necesidad de conocer que si a mayor masa en las losas aligeradas habrá mayor o menor desplazamiento de la estructura.

Desde el punto de vista metodológico la presente investigación contribuirá con los futuros tesis que decidan investigar sobre la comparación de pesos en la construcción de losas con bloques poliestireno expandido (EPS) en lugar de los ladrillos arcilla hueco 15, aprovechando sus ventajas en favor de la sociedad.

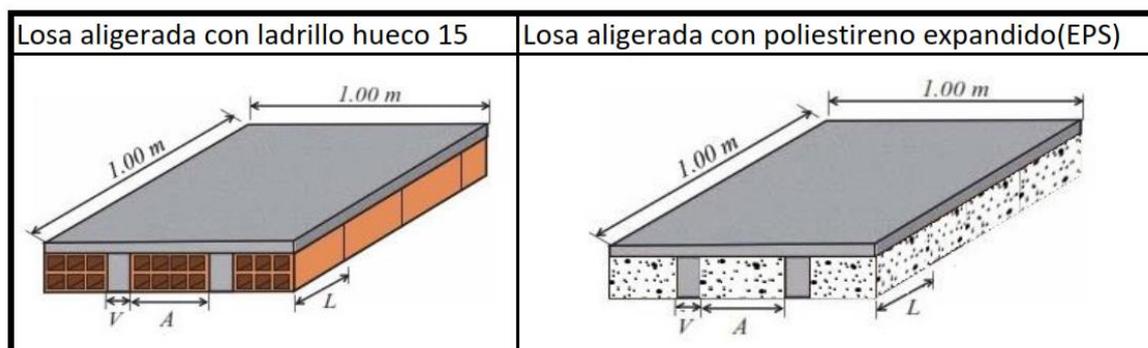
Por consiguiente, el proyecto de investigación beneficiara a que las futuras edificaciones que se desarrollen en la institución educativa lo implementen en sus diseños si fuera el caso, aprovechando sus ventajas en favor de la población estudiantil.

1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Los alcances de la presente investigación se detallan a continuación:

Figura N° 1

Losas aligeradas en estudio



El peso de un ladrillo hueco 15 para 1m^2 es de 63.45 kg, mientras que el peso del poliestireno expandido (EPS) es de 0.375 kg que representa el 0.59% del peso de ladrillo hueco 15 en 1m^2 , la densidad del poliestireno expandido (EPS) es de 15 kg/m^3 .

1.5.1. DOCUMENTACIÓN

En la presente investigación se contó con los planos Arquitectónicos en formato DWG del edificio educativo en estudio, facilitados por el propietario del edificio educativo que lleva el nombre de Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales con resolución de creación RD 0327- 2007 – ED en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca.

1.5.2. ESTRUCTURA DEL EDIFICIO EDUCATIVO EN ESTUDIO

A continuación, se detallan los alcances de la estructura del edificio educativo en estudio:

- Número de niveles: 6 niveles.
- Sistema estructural: Pórticos.
- Material Predominante: Concreto armado.

1.5.3. SUELO DE FUNDACIÓN DEL EDIFICIO EDUCATIVO EN ESTUDIO

Según el artículo 13.4.4 de la norma E.050 suelos y cimentaciones (2018) nos dice que:

El permiso para el ingreso al terreno del proyecto, el cual debe encontrarse libre (completamente desocupado en la zona de trabajo) para poder efectuar la exploración de campo y de ser el caso, contar con las autorizaciones respectivas de la entidad competente para efectuar el trabajo de exploración de campo.

Para la presente investigación, al no contar la autorización para realizar los estudios de mecánicas de suelos en el área del edificio educativo en estudio, se requirió usar los estudios de mecánica de suelos del proyecto “Mejoramiento de la Plaza Principal de la Ciudad de Bambamarca, Distrito de Bambamarca- Provincia de Hualgayoc – Departamento de Cajamarca” del año 2020. Según este estudio de mecánica de suelos, el suelo de fundación es un CH (arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas), que le corresponde según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019) un suelo blando S3. En la figura N°2 observamos un tipo de suelo cambisol-leptosol predominante en la ciudad de Bambamarca, en la figura N°3 podemos observar que el Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales en estudio y la plaza principal de la ciudad de Bambamarca pertenecen a la misma zona de influencia. Por lo tanto, por semejanza de suelo en la presente investigación se trabajará con un suelo blando S3. Los estudios de mecánica de suelos del proyecto “Mejoramiento de la Plaza Principal de la Ciudad de Bambamarca, Distrito de Bambamarca- Provincia de Hualgayoc – Departamento de Cajamarca” del año 2020 lo ubicamos en el ANEXO N° 04.

Figura N°2

Suelo predominante en la ciudad de Bambamarca

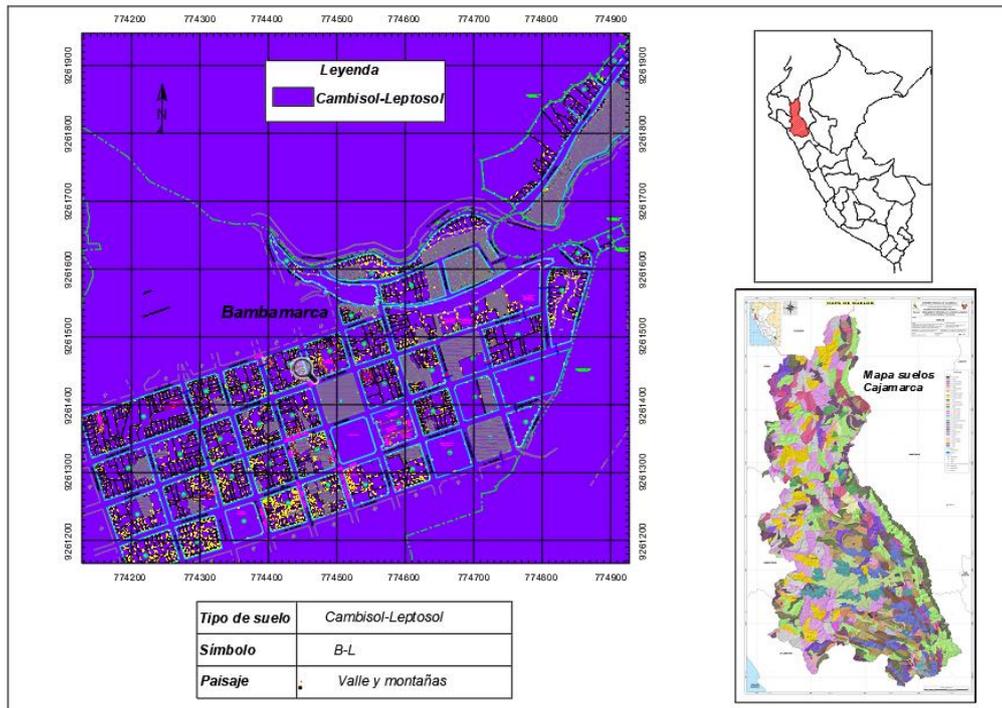
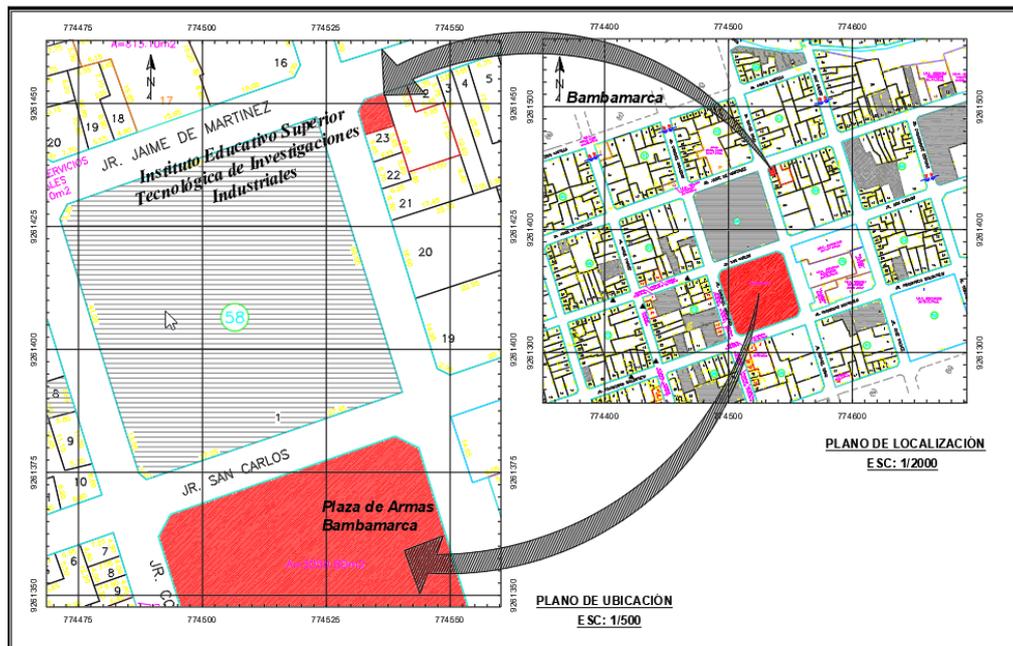


Figura N° 3

Ubicación geográfica de la plaza principal de Bambamarca y edificio educativo en estudio



1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Para la presente investigación se utilizó las características y pesos del ladrillo hueco 15 de la empresa peruana LADRILLOS LARK. A continuación, se detallan sus características generales:

Tabla N° 1

Características generales del ladrillo hueco 15

Denominación técnica:	Ladrillo hueco 15
Grupo/clase/familia:	Construcciones de techo
Dimensiones (mm):	Alto=150; Ancho=300; Largo=300
Peso:	7.05 Kg
Unidades m ² :	9

Para mayor detalle de este tipo de ladrillo hueco 15 lo encontramos en su hoja técnica ubicada en el anexo N°5 de la presente investigación.

- Para la presente investigación se utilizó poliestireno expandido (EPS) de 1.20x30x0.15 metros y con una densidad de 15 kg/m³ del modelo casetón de la empresa peruana PROMART HOMECENTER. Para mayor detalle de este tipo de poliestireno expandido (EPS) lo encontramos en su hoja técnica ubicada en el anexo N°6 de la presente investigación.
- Para la presente investigación al no contar las autorizaciones correspondientes para realizar los estudios de mecánica de suelos en el área del Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales y por ser necesario saber el tipo de suelo de esta zona para realizar el análisis sísmico de la estructura del edificio educativo en estudio se optó por semejanza de suelos (ver ANEXO N°9) utilizar los estudios de mecánica de suelos del proyecto “Mejoramiento de la Plaza Principal de la Ciudad de Bambamarca, Distrito de Bambamarca- Provincia de Hualgayoc – Departamento de Cajamarca” del año 2020, puesto que pertenecen a la misma zona (VER ANEXO N°10), para ello, se anexarán las fichas técnicas de los estudios de laboratorio (análisis granulométrico, límites, contenido de humedad, etc.), proporcionados por las autoridades responsable, como evidencia que avala los datos usados en esta investigación.

- La comparación del comportamiento estructural del Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales (edificio educativo) con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y poliestireno expandido (EPS) de la presente investigación se evaluó solo por el efecto del peso que causan las losas aligeradas antes mencionadas en la estructura, por el diferente peso que tienen los materiales (ladrillo hueco 15 y poliestireno expandido).

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar el comportamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y poliestireno expandido (EPS).

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el comportamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15.
- Determinar el comportamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS).

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. INTERNACIONALES

Molano (2017), en su investigación sobre el comportamiento de la conexión de sistemas aligerados con poliestireno expandido, muros de mortero y losa en sección compuesta con perfiles formados en frío, Colombia. tuvo como objetivo evaluar la conducta del enlace de sistemas con poliestireno expandido manipulado para muros de mortero tipo sándwich y losa en forma compuesta con perfiles hechos en frío, según las cargas elásticas y cíclicas por medio de pruebas experimentales y simulación numérica, tomando en cuenta el comportamiento no lineal de los sistemas estructurales, de acuerdo a la norma sismo resistente NSR-10. Durante su desarrollo determino, que las flechas de deflexión en las losas de entrepiso generaron un comportamiento lineal durante casi todo el proceso de ensayo y mostraron un estilo simétrico en sus amplitudes registradas. Mostrando que conforme la amplitud de la deflexión se aplicada, se presentan tres patrones de daño en las losas de entrepiso. Concluyendo que un sistema aligerado con poliestireno tiene un comportamiento más adecuado ante otros sistemas de construcción de una vivienda de mediana o baja altura.

Avecillas (2016) en su investigación sobre una alternativa estructural – constructiva de entrepisos y techos de hormigón armado con bloques de poliestireno expandido, Ecuador. Tuvo como objetivo dar a conocer soluciones estructurales y proceso constructivo para losas aligeradas con poliestireno expandido en barras para poder disminuir cargas en la losa y reducir su peso, y poder ahorrar tiempo y dinero en el armado de encofrado. Evaluar el desplazamiento, las fuerzas internas, y analizar el análisis estructural de losas. Se determinó y se identificaron los materiales más usados y principales de la estructura, las ventajas y desventajas del proceso constructivo. Concluyendo que las losas aligeradas con bovedillas de poliestireno, disminuyen el peso de la estructura y el encofrado; siendo este sistema más factible en relación a otro tipo de losas ya que el resto excede el peso requerido. Se resaltó las ventajas que tiene el poliestireno de ser un aislante térmico y acústico, aumentando el rendimiento del personal y mayor producción al momento de ejecutar el proceso constructivo.

(Gonzales, 2016) en su estudio de losas aligeradas con la utilización de casetón poliestireno y losa prefabricada en sus condiciones de servicio, costo y estado de límite de

resistencia, Guadalajara. Tuvo objetivo comparar el sistema constructivo de pre losas y losa aligerada compuesta por Poliestireno expandido (EPS); así mismo, explicar y determinar qué sistema se deberá realizar de acuerdo al cálculo que cada obra y determinar qué sistema constructivo es más eficaz de acuerdo a los rendimientos, mano de obra y presupuesto. Concluyeron que los usos de las pre losas en el área estudiada producen mejores resultados en cuanto a tiempo de ejecución de obra, material y reducción de mano de obra que repercuten beneficiando en el presupuesto a comparación del sistema de losa tradicional que se realiza con el vaciado de concreto en el lugar.

Vela (2016) desarrolló su investigación sobre los procesos constructivos de losa aligerada para una edificación ubicada en Isla Mocoví del Cantón Samborondón, Ecuador. Donde realizó los metrados de las cantidades requeridas de mano de obra, materiales, insumos y herramientas para así llegar a un presupuesto teniendo los precios en el medio local, y en caso de contar con algún instrumento, equipo o herramienta que no se encontraron en el medio local y en el medio nacional donde se requerirá un pago de flete por lo solicitado. Teniendo como conclusiones lo siguiente: el proceso constructivo planteado y desarrollado, disminuye el tiempo de ejecución de una obra, sin embargo, genera elevación en costos, del mismo modo se planteó el proceso de construcción de la construcción de la losa aligerada con poliestireno, determinando el beneficio que tiene la estructura como aislante de calor y de ruidos.

Jalca (2016) en su análisis comparativo en costo y tiempo entre losas alivianadas tradicionales y losas alivianadas con bovedilla de poliestireno en una edificación, tuvo como objetivo determinar si el sistema de alivianamiento con bloque de cemento o el sistema de alivianamiento con bovedilla de poliestireno es económicamente rentable para la construcción de losas alivianadas. Del estudio se pudo comprobar que las losas alivianadas con bovedillas de Poliestireno resultaron ser más económica, y el Poliestireno como material de alivianamiento de losas de entrepiso, proporciona que el peso propio de la losa disminuya en un 27% con respecto a losas alivianadas con bloques de cemento. Así mismo, recomienda utilizar el sistema Fert para losas nervadas en un sentido, al tener mayor porcentaje de ahorro sin perjudicar la resistencia de la estructura. En las comparaciones detalladas, se puede observar que existe una diferencia considerable de precios en materiales, mano de obra y equipo entre los dos sistemas y consecuentemente en el costo total de ambos.

2.1.2. NACIONALES

Najarro (2019) evaluó la resistencia estructural de losas aligeradas con ladrillo convencional y ladrillo utilizado en edificaciones determinando cuál de estos sistemas es más eficiente en cuanto a resistencia y productividad, realizando un estudio de enfoque cuantitativo de tipo aplicada con nivel explicativo causal. En sus resultados, el peso de la losa aligerada compuesto es menor, reduciéndose el peso propio en 8,85% comparado con la losa aligerada con ladrillo convencional, en los momentos flectores varían ligeramente pero el área de acero es el mismo, dado que las deflexiones de las losas varían entre el 2% y 5,4% verificándose que cumplen con los parámetros de flechas máximas de la norma E.020. Concluyó, indicando que el peso de la losa aligerada con ladrillo compuesto es menor a la convencional, haciendo que las deflexiones y momento flectores sean menores dado que reduce el peso propio.

(Cosinga & Gomez, 2017) investigaron sobre el análisis comparativo del costo estructural de un edificio empleando losas aligeradas con poliestireno expandido versus ladrillo de arcilla. Su estudio tiene como objetivo determinar el costo de la estructura de una edificación utilizando losas con un aligerante de poliestireno expandido contra los ladrillos de arcilla, tomando la información en el mercado del precio unitario, y el peso de cada material, se evaluó el poliestireno expandido ya que tiene las características de aligerar en un porcentaje mucho mayor que el ladrillo de arcilla. Así mismo, realizaron el análisis de costos unitarios, el rendimiento que tiene en la colocación de losas aligeradas, los metrados de la cantidad de material, para obtener el costo estructural y elegir el material más económico. Concluyeron que las dimensiones de las estructuras son invariables, por lo que la disminución del peso propio de la losa por causa del aligerante de poliestireno, se anula al ejecutar la combinación de cargas para su respectivo diseño y resaltando el aporte del costo unitario que se genera entre estos dos tipos de losas aligerada, aplicando poliestireno expandido y ladrillos de arcilla.

Rivera (2017) realizó un análisis comparativo del sistema prefabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, teniendo como objetivo comparar el sistema de losa prefabricada de una losa aligerada para obtener un mejor resultado en el proceso constructivo y la resistencia de la edificación propuesta. En su desarrollo calculó la diferencia de peso del sistema prefabricado y la losa convencional, logrando determinar el costo para la realización del presupuesto de la edificación y

determinar el tiempo en que se ejecutara la obra. En sus conclusiones menciona que usando la losa prefabricada se obtiene un ahorro en el costo, beneficiándose en 9.55% del costo directo, este porcentaje se concluyó ya que se disminuye en 88.68% el costo calculado para el encofrado y un 50% en ahorro de mano de obra; la ventaja más importante del sistema prefabricado de una losa aligerada es reducir los tiempos de 7 ejecución ya que simplifica el proceso constructivo de una losa aligerada convencional y elimina en gran porcentaje los tiempos muertos.

Becerra y Pinto (2017) compararon la influencia de las cargas de 3 tipos de tabiquería y losa aligerada en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 06 pisos, en el distrito de Surco. En sus resultados, el peso total de la edificación de 6 pisos, observaron que la opción 3 es 0,79% resulta ser más liviana que la opción 2 y esta a su vez, es 45,72% más liviana que la opción 1, de esta manera se demuestra que la opción más liviana es la opción 3. Concluyeron que la comparación de la influencia de las cargas de 3 tipos de tabiquería y losa aligerada en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 06 pisos, por lo consiguiente el análisis estructural comparativo de las 3 opciones se basa en distorsiones máximas en sentido x e y, peso total de la edificación, resumen de fuerzas cortantes en la base de las edificación, resumen de periodos fundamentales de la edificación, ratios de concreto y cuantías de acero en los elementos estructurales.

Rodríguez (2015) analizó el comportamiento estructural y económico de una losa aligerado, con una losa colaborante utilizando placas AD-600, evaluando el efecto de la lámina de acero y establecer un procedimiento válido para el diseño y modelamiento. En sus resultados, el uso de viviendas, disminuye el peso propio de la losa aligerada de 280 kg/m², disminuyendo así el peso del sistema en un sistema en 17,03%, dado que las losas colaborantes reducen el costo por m² en 23,60 soles en comparación con las losas aligerados, teniendo un mayor momento resistente 2145,89 kg-m > 735,18 kg-m. Concluyó, que el sistema compuesto con láminas colaborantes en comparación con la losa aligerada presenta un aumento en la cantidad de concreto teniendo los valores respectivos de 0,0933m³/m² pero evita el uso de recursos y tiempos en la tarea de encofrado.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. LOSA ALIGERADA

Es un estilo de construcción liviano, en donde el concreto u hormigón es reemplazado por otra clase de materiales como poliestireno, cajones de madera y esferas, en el caso de las construcciones de hogares con dos plantas, la losa aligerada, suplanta el concreto con bloques o ladrillos, de esta manera el peso de la losa se aligera, pudiendo cubrir el mismo espacio de manera más práctica y económica (Hoyos, 2020).

Los techos son un elemento muy importante en la construcción de una casa. Es el elemento estructural de la vivienda que se encarga de darle una cubierta resistente a nuestro proyecto uniendo monolíticamente vigas, muros y castillos los cuales en conjunto transmiten las cargas hasta sus cimientos (Gonzales H. , 2018).

Figura N° 4

Planta típica. Columnas, vigas (Gonzales P. , 2018).

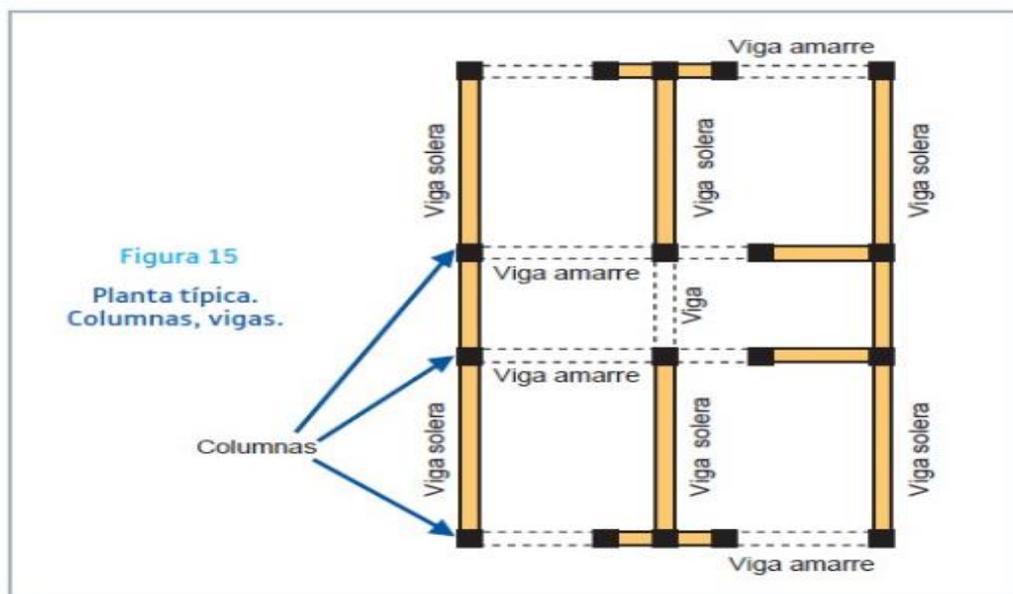
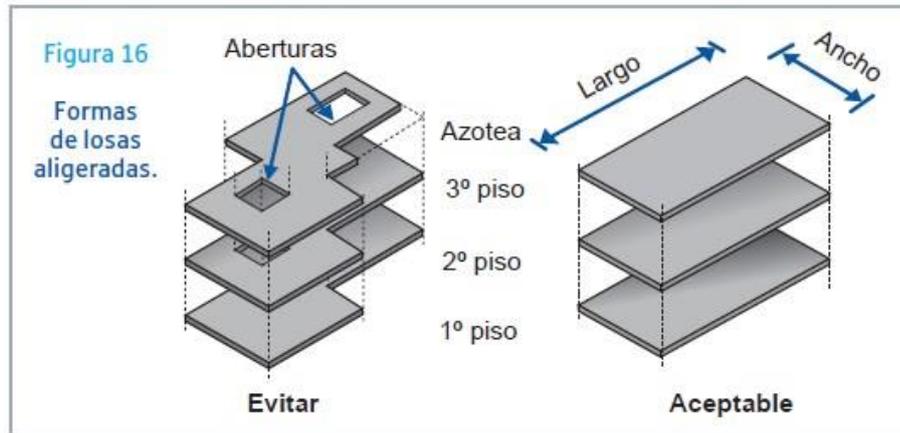


Figura N° 5

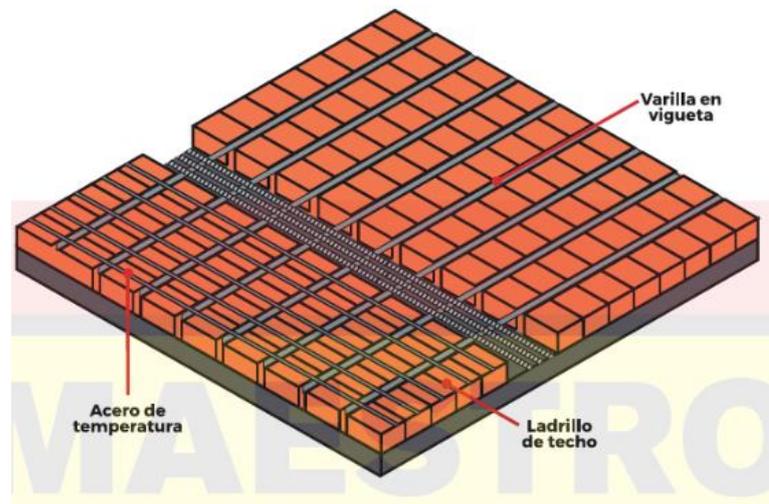
Formas de losas aligeradas (Gonzales P. , 2018).



La losa aligerada, es un techo de concreto armado, compuesto de piedra chancada, arena gruesa, agua y reforzado con varillas de acero, que para aligerar o alivianar su peso se le debe colocar ladrillos caracterizados por ser huecos (Bernabé & Torres, 2020).

Figura N° 6

Losa de concreto (Hernández C. , 2018).

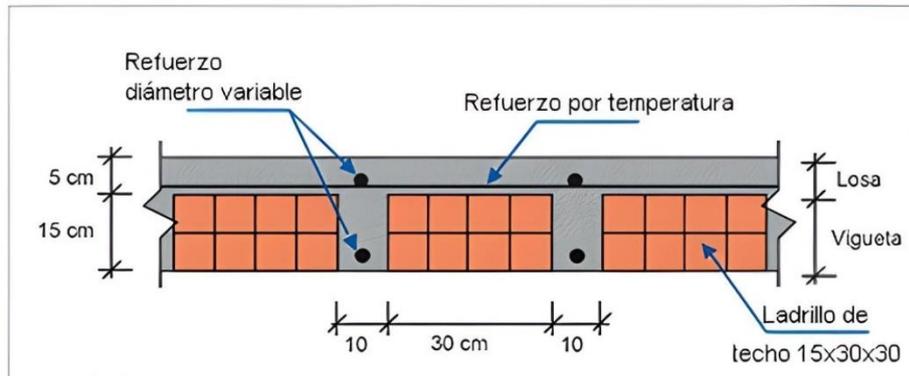


2.2.1.1. Sistema de losas aligeradas utilizadas en la construcción

A) **Losa aligerada convencional.** Son las losas más utilizadas en la industria de la construcción peruana con espesores de 20 cm y 25cm, viguetas de 10cm y espesor de losa armada de 5cm (Verde, 2021).

Figura N° 7

Losa aligerada convencional

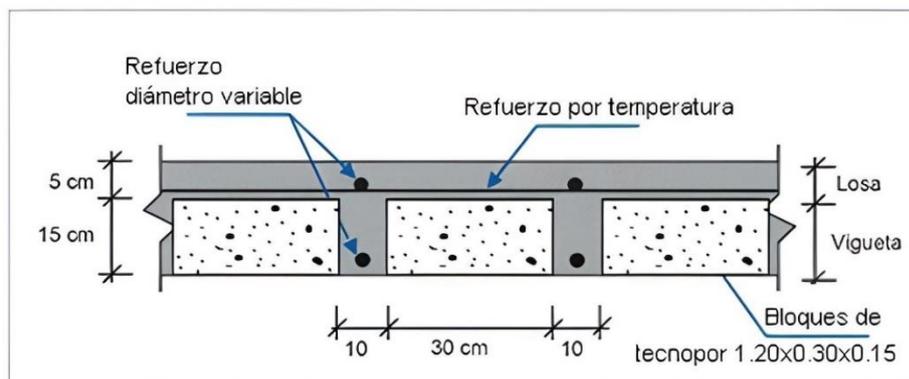


adaptado de: <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra/encofrado-de-la-loza-aligerada>

B) Losa aligerada con poliestireno expandido. Este tipo de losas se diferencian de las losas convencionales en la sustitución de los ladrillos de techo por el poliestireno expandido, siendo un material más ligero, pero con la misma función de relleno (Verde, 2021).

Figura N° 8

Losa aligerada con poliestireno expandido (EPS)



adaptado de: <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra/encofrado-de-la-loza-aligerada>

2.2.1.2. Funciones de las losas aligeradas:

De acuerdo Cervera (2018) sostiene que, desde el punto de vista estructural, las losas aligeradas cumplen tres funciones específicas:

- Transmiten hacia los muros o vigas el peso de los acabados, su mismo peso, el peso de los objetos, el de las personas, etc.
- Dirigen hacia los muros las fuerzas que producen los terremotos.
- Unen los otros elementos estructurales, tales como columnas, vigas y muros para que toda la estructura funcione en conjunto, como si fuera una sola unidad.

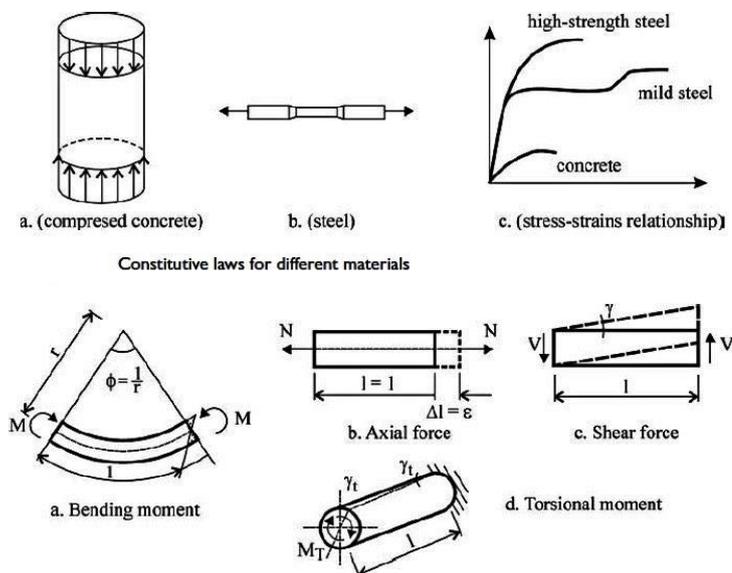
Las losas aligeradas aparecen como una variante a las losas macizas las cuales están formadas únicamente de concreto armado (Cervera, 2018).

2.2.2. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

La carga de una viga de hormigón armado, se presenta de diferentes fases de comportamiento de la vida, donde dichas fases se caracterizan por su comportamiento elástico, plástico, agrietado o no agrietado (Gómez et al., 2015).

Figura N° 9

Comportamiento estructural (Gómez et al., 2015)



2.2.3. USO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LOSAS

En el sector construcción, los materiales de uso son los convencionales sin embargo en la construcción de entrepisos se incorporó el uso del Poliestireno expandido (EPS) para la delimitación de nervaduras, un material plástico generalmente de color blanco. Por tanto,

este material sin expandir tiene una densidad de 765kg/m³, pasado el proceso de expansión logra un volumen de 50 veces mayor en comparación a su volumen original debido a que el 98% de su volumen está constituido por aire (Gómez et al., 2015).

a) Propiedades físicas

De acuerdo con Gómez et al. (2015) manifiesta las siguientes propiedades físicas:

- **Densidad**, oscila entre 10 kg/m³ a 50 kg/m³ por ello los materiales fabricados de este material que se caracteriza por su ligereza, pero resistente
- **Tensión de comprensión**, su máxima deformación por fluencia es del 2% mientras estén sometidas a una tensión permanente de comprensión.
- **Aislamiento térmico**, basada en un Poliestireno expandido (EPS) que tiene un aislamiento térmico excelente frente al frío y calor, que es en base de la propiedad se debe a su estructura de tener aire ocluido ya que el aire en reposo es un excelente aislante.

b) Propiedades químicas del poliestireno expandido (EPS)

El Poliestireno expandido (EPS) es estable frente a muchos productos químicos, como medio acuoso básico o ácido, pero sufre ataque de disolventes orgánicos tradicionales como la acetona (Gómez et al., 2015).

Tabla N° 2

Propiedades químicas del Poliestireno Expandido (Gómez et al., 2015)

Sustancia activa	Estabilidad
Solución salina	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Establece: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácido clorhídrico (35%)	
Ácido nítrico (50%)	
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	Establece: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Soluciones alcalinas	No estable: el EPS se contrae o se disuelve.
Disolventes orgánicos	Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada
Acetona, esterres...	No estable: El EPS se contrae o se disuelve

2.2.4. PROPIEDADES DINÁMICAS

Las cargas dinámicas están asociadas a las propiedades dinámicas del suelo que son la velocidad de onda cortante (V_s), módulo de cortante (G), factor de amortiguamiento (D) y el coeficiente de Poisson (ν), la medición de estos parámetros presenta diferentes aplicaciones (Gómez et al., 2015).

- a. **Velocidad de onda cortante**, es el parámetro más empleado en geofísica para la caracterización del suelo, se emplea con el propósito de calcular las demás propiedades dinámicas en el rango elástico, donde su utilidad se debe a que la partícula de movimiento se desplaza perpendicular a la dirección de propagación de la onda lo cual permite medir las propiedades de corte del esqueleto del suelo y no los líquidos que no resisten esfuerzos cortantes (Borda & Ninatanta, 2021).
- b. **Módulo cortante**, es un parámetro calculado en base a la V_s mediante la simple relación elástica $G_{max} = \rho V_s^2$ donde ρ es la densidad de masa del suelo, mientras que el módulo de corte se emplea para realizar un modelado más avanzado del suelo, y la respuesta dinámica de las interacciones suelo – estructura. (García I. , 2019)

2.2.5. CARGAS

Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de uso previsto, donde actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su norma de diseño específica. En dichos casos, las cargas empleadas en el diseño serán menores que los valores mínimos establecidos en esta Norma E.020, por su parte las cargas mínimas establecidas en esta Norma están dadas en condiciones de servicios, que se complementa con la NTE E.030 Diseño Sismorresistente y con las Normas propias de diseño de los diversos materiales estructurales (Andalucía, 2015).

A) CARGA VIVA

Se empleará como mínimo los valores que se establecen en la tabla de cargas vivas mínimas repartidas, donde se establecen los diferentes tipos de ocupación o uso, valores que incluyen un margen para condiciones ordinarias de impacto, donde la conformidad se verificará de acuerdo con las disposiciones en Artículo 6 (Almonacid, 2021).

Tabla N° 3

Cargas vivas mínimas repartidas (E.020, 2020).

Ocupación o Uso	Cargas repartidas KPa(kgf/m ²)
Centros educativos	
Aulas	2,5 (250)
Sala de cómputo	2,5 (250)
Laboratorios	3,0 (300)
Corredores y Escaleras	4,0 (400)

**Estas cargas no incluyen la posible tabiquería móvil*

B) CARGA MUERTA

Las cargas muertas en una estructura representan el peso de todos los elementos que participan en su construcción y los que se añaden posteriormente, para que estos queden fijos a ella. Por lo consiguiente, los elementos permanentes, entre los incluyen las cargas de los muros, el techo, los vidrios, las ventanas, las columnas, la plomería, los tanques, el sistema eléctrico, los aires acondicionados y demás (Vásquez, 2019).

-Tabiques

El peso de todos los tabiques, usando los pesos realizados en las ubicaciones que indican los planos, cuando exista tabiquería móvil, se aplicará los indicado en el artículo 6 (García I. , 2019).

-Dispositivos de servicio y equipos

El peso de todos los dispositivos de servicio de la edificación, incluyendo las tuberías, ductos, equipos de calefacción aire acondicionado, instalaciones eléctricas, ascensores, maquinaria para ascensores, así como otros dispositivos fijos similares, donde el peso de todo este material se incluirá en la carga muerta (Zavaleta, 2018).

-Materiales

El peso real de los materiales que conforman, así como los que deberá soportar la edificación, calculados en base a los pesos unitarios que aparecen en la tabla, pudiéndose emplear pesos unitarios menores cuando se justifique debidamente. El peso real se podrá determinar por medio de análisis o usando los datos indicados en los diseños y catálogos de los fabricantes (Zavaleta, 2018).

Tabla N° 4

Pesos Unitarios (E.020, 2020).

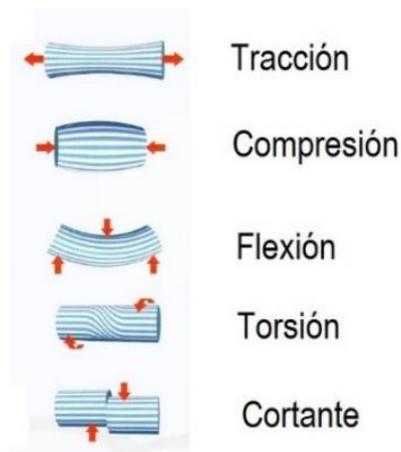
MATERIALES	PESO (KN/m3) Kgf/m3	
Albañilería de:		
Unidades de arcilla cocida solidas	18,0 (1800)	
Unidades de arcilla cocida huecas	13,5 (1350)	
Concreto simple de:		
Cascote de ladrillo	18,0 (1800)	
Grava	23,0 (2300)	
Concreto armado	Añadir 1,0 (100) al peso del concreto simple	
Losas aligeradas armadas en una sola dirección de concreto Armado		
Con vigueta 0,10m de ancho y 0,40m entre ejes.		
Espesor del aligerado en (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio KPa (kgf/m2)
0,17	0,05	2,8 (280)
0,20	0,05	3,0 (300)
0,25	0,05	3,5 (350)
0,30	0,05	4,2 (420)

2.2.6. FUERZAS INTERNAS EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Las fuerzas internas que se generan en una estructura producto del peso propio, sobrecarga o fuerza sísmica, dependerán del sentido o dirección que son fuerza axial, corte, flexión y torsión (De la Torre & Guerra, 2019).

Figura N° 10

Tipo de fuerzas internas (Vásquez, 2019).



a. Momento flector en vigas

Se genera cuando las vigas se flexionan o se curvan, producto de una fuerza aplicada en dicho elemento, donde las fuerzas de flexión se basan en la cantidad de acero longitudinal en las vigas, que dependerá del diagrama de momentos (Becerra & Pino, 2017).

En dicha sección, las vigas producto de la flexión, son generados por medio de dos áreas, una sometida a compresión, mientras que la otra por tracción que son separadas por un eje neutro, donde las vigas pretensadas el eje neutro se traslada a la basa de la viga, generando que toda la sección transversal trabaje a compresión (García I. , 2019).

b. Fuerza cortante en vigas

Son fuerzas de deslizamiento de una parte del cuerpo con respecto a otra, donde las vigas los diagramas de fuerza cortante conceptualizan el confinamiento de los estribos (García I. , 2019).

Un diagrama de fuerza cortante, representa la variación de la magnitud de fuerza en un elemento estructural, basándose en el espaciamiento de los estribos (García I. , 2019).

c. Fuerza axial en vigas

La fuerza de tracción o compresión en la dirección del eje longitudinal que experimenta las estructuras sometidas a una fuerza externa, donde sus partículas internas sufren una alteración. A la vez, comprenden en una fuerza que actúa directamente sobre el centro axial de un objeto en la dirección del eje longitudinal. Estas fuerzas pueden ser de compresión o de tensión, dependiendo del sentido en el que se ejerza la fuerza (Cervera, 2018).

d. Esfuerzo de torsión

La torsión es presentada cuando el cuerpo es sometido a giro, generándose un esfuerzo torsional. También, es la sollicitación (reacción interna) que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas (Andalucia, 2015).

2.2.7. ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

a. Resistencia a la compresión

La más común de todas las pruebas sobre el concreto es la prueba de la resistencia a compresión ($f'c$), en parte porque muchas de las características del concreto están relacionadas con su resistencia, pero fundamentalmente por la importancia en su diseño estructural.

b. Ensayo no destructivo

Este ensayo se desarrolla en base a la ASTM C805 (Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete) y la UNE-EN-12504-2 (Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2: Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote). Ambas normas requieren de una superficie lisa y seca con un espesor mayor a los 100 mm, con el esclerómetro en posición perpendicular a la superficie de ensayo y distanciando los puntos de ensayo un mínimo de 25 mm. Usando la ASTM C805 se necesita un número de 10 lecturas y usando la UNE se necesita de 9 lecturas. (Sanjuan, 2013)

Una vez hemos obtenido estos datos, solo se consideran validos cuando:

- **ASTM C805:** Se descartan todas las lecturas que difieran en más de 6 unidades de la media. Si existen más de dos lecturas que cumplan esta condición debe descartarse el conjunto.
- **UNE-EN-12504-2:** Si el número de lecturas que difieren de la mediana es igual o superior al 20% se descarta el conjunto.

c. Determinación de la resistencia a compresión del concreto ($f'c$)

Los valores obtenidos de índice de rebote son adimensionales. Para traducir este valor a la resistencia a compresión cada esclerómetro tiene una curva dimensionada de acuerdo con sus características, y en algunos casos, con los hormigones típicos de la zona. (Sanjuan, 2013).

El valor general lo determinan las siguientes ecuaciones para un índice de rebote (IR) determinado:

Para un índice de rebote entre 20 y 24:

$$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1,73 \times \text{IR} - 34,5$$

Para un índice de rebote entre 25 y 50:

$$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 1,25 \times \text{IR} - 23,0$$

d. Factor de corrección

la carbonatación superficial ofrece unos valores de resistencia superficiales sobreestimados. Por esto, se muestran los factores de corrección aplicables en función de la profundidad de carbonatación que presente la pieza a ensayar. (Sanjuan, 2013).

El factor de corrección está de acuerdo a la carbonatación del concreto. ver tabla N° 5.

Tabla N° 5

Factores de corrección (Norma ASTM-C805)

Profundidad de carbonatación (cm)	Factor de corrección
0,5	0,97
1	0,94
1,5	0,90
2	0,87
2,5	0,84
3	0,80
3,5	0,78
4	0,74
4,5	0,72
5	0,68
5,5	0,65
6 o mayor	0,62

Otro punto de vista para el análisis de $f'c$ obtenido, está de acuerdo al índice de rebote de acuerdo a la norma ASTM-C805. Ver Tabla N° 6.

Tabla N° 6

Resistencia de acuerdo al índice de rebote (Norma ASTM-C805)

		IMPACT ANGLE α				
REBOUND VALUE R	R	$\alpha - 90^\circ$	$\alpha - 45^\circ$	0°	$\alpha + 45^\circ$	$\alpha + 90^\circ$
		20	125	115		
	21	135	125			
	22	145	135	110		
	23	160	145	120		
	24	170	160	130		-45°
	25	180	170	140	100	-90°
	26	198	185	158	115	
	27	210	200	165	130	105
	28	220	210	180	140	120
	29	238	220	190	150	138
	30	250	238	210	170	145
	31	260	250	220	180	160
	32	280	265	238	190	170
	33	290	280	250	210	190
	34	310	290	260	220	200
	35	320	310	280	238	218
	36	340	320	290	250	230
	37	350	340	310	265	245
	38	370	350	320	280	260
	39	380	370	340	300	280
	40	400	380	350	310	295
	41	410	400	370	330	310
	42	425	415	380	345	325
	43	440	430	400	360	340
	44	460	450	420	380	360
	45	470	460	430	395	375
	46	490	480	450	410	390
	47	500	495	465	430	410
	48	520	510	480	445	430
	49	540	525	500	460	445
	50	550	540	515	480	460
	51	570	560	530	500	480
	52	580	570	550	515	500
	53	600	590	565	530	520
	54	OVER 600	OVER 600	580	550	530
	55	OVER 600	OVER 600	600	570	550

e. Procedimiento

El procedimiento para determinar la resistencia del concreto usando el esclerómetro, se desarrolla bajo lo indicado por la ASTM C805. Así mismo, al momento de usar la ASTM para este ensayo (Aldana & Pilco, 2020), indican los siguientes pasos:

1. Se toma 2 muestras, se traza una cuadrícula de 4x3 para la muestra 1, a una distancia de 50mm de la misma forma para la muestra 2 se trazó una cuadrícula de 3x4 con una separación de 40mm, siendo necesario tener en cuenta que el mínimo de distancia entre vértices de las cuadrículas debe ser entre 25 mm a 50 mm.
2. Se toma en total 10 medidas con el equipo Esclerómetro, para las dos muestras.
3. Se calcula el índice de rebote, dicho índice es la mediana de todas las lecturas y es expresada en número entero. Los n datos obtenidos se ordenan de mayor a menor y se calcula el valor de la mediana:

- Cuando n es impar, la mediana es el valor que ocupa la posición $(n+1) / 2$.
- Cuando n es par, la mediana es la media aritmética de las dos observaciones centrales.

4. Con un índice de rebote (IR) y con un ángulo de instrumento de 0° se obtiene la resistencia del concreto.

5. Se determina el factor de carbonatación superficial, ya que influye con la medida del ensayo esclerómetro. Utilizando la siguiente formula.

$$C = R\sqrt{T}$$

Donde:

R = resistencia del concreto medido

T = antigüedad del concreto

6. Se aplica el factor de corrección y se obtiene la resistencia F_c del concreto

f. Ventajas del ensayo de esclerometría

-Es un ensayo no destructivo lo que permite realizar un gran número de determinaciones sin alterar la resistencia, estética y funcionalidad de una estructura.

-Es un ensayo muy económico.

-Puede operar en horizontal o en vertical.

Permite ensayar muchos elementos en un corto espacio de tiempo con escasos medios auxiliares.

g. Desventajas del ensayo de esclerometría

-El resultado obtenido depende de demasiados factores.

-Se necesita una superficie perfectamente lisa para realizar el ensayo por lo que no es útil en elementos no encofrados.

-Requiere de una calibración.

-Solo afecta a los primeros centímetros de la pieza (2-3cm).

-Puede variar según la pericia del operador.

2.2.8. ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS)

a. Densidad

La norma NTP 339.143, ASTM D 1556- 64, Cono de Arena, nos dice que el ensayo de densidad in Situ permite determinar la densidad del suelo, a través del peso del suelo húmedo extraída de una pequeña excavación de forma algo irregular (hoyo) sobre la superficie del suelo. Para ello se obtiene el volumen del hoyo utilizando material pasante de la malla N ° 20 y retenido en la malla N°30. La densidad del suelo húmedo se determina utilizando la siguiente ecuación.

$$\gamma_{\text{Húmedo}} = \text{Peso del suelo húmedo} / \text{Volumen del hoyo}$$

b. Análisis granulométrico

La norma NTP 339.128, ASTM D422, menciona que, en cualquier masa de suelo, los tamaños de los granos varían en forma considerable. Para ello, se pesa la cantidad de suelo retenido en cada malla, para luego determinar el porcentaje acumulado de suelo que pasa a través de cada malla. Ver tabla N°18.

Tabla N° 7

Análisis granulométrico por mallas (NTP 339.128 ASTM D422)

Malla No.	Abertura mm.	Malla No.	Abertura mm.
3"	75.00	16	1.18
2"	50.00	20	0.85
1 ½"	37.50	30	0.60
1"	25.00	40	0.425
¾"	19.00	50	0.30
⅜"	9.50	60	0.25
4	4.75	100	0.15
8	2.36	140	0.106
10	2.00	200	0.075

-Coeficiente de uniformidad

Es la variación o rango del tamaño de los granos presentes en la muestra de suelo, es decir evalúa la uniformidad del tamaño de las partículas.

$$Cu = D60 / D10$$

Cuando se da el caso de que las partículas son muy similares en tamaño, es decir no difieren mucho, el coeficiente C_u será pequeño y el suelo se dice que es “uniforme” o “mal gradado”.

-Coeficiente de curvatura

El coeficiente de curvatura, conocido también como factor de forma, permite diferenciar entre suelos seleccionados y pobremente seleccionados, cuya consideración conduce a una definición más precisa del suelo, dando información sobre el equilibrio relativo que existe entre los diferentes intervalos de tamaño de partículas del suelo.

$$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} * D_{60})$$

Cuando los valores de C_c son están comprendidos entre 1 y 3 indican que son suelos bien graduados

c. Límites de Atterberg

La norma NTP 339.129, ASTM D4318, menciona que algunos suelos cambian de consistencia en función al contenido de humedad. Cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, este puede fluir como un semilíquido. Si el suelo se seca en forma gradual se comportará como un material plástico, semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de agua.

-Limite liquido

El límite líquido es similar a al ensayo de resistencia, por medio de la copa de Casagrande y se define como el contenido de agua que se obtiene en la ranura de 12.70 mm al aplicar 25 golpes.

-Limite plástico

El límite plástico se define como el contenido de humedad por el cual el suelo se rompe o resquebraja, cuando se enrolla en forma de cilindro con un diámetro de 3.18 mm (1/8 pulg.)

-Índice de plasticidad

Es el índice de plasticidad de un suelo, siendo la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - Lp$$

d. Contenido de humedad

La norma NTP 339.127 ASTM D 2216, nos dice que es el porcentaje de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso seco.

$$W = (Ww / Ws) * 100$$

Dónde:

Ww: es el peso del agua

Ws: es el peso de la muestra.

Fórmula para determinar la densidad seca:

$$\gamma_{seco} = \gamma_{humedo} / (1 + W)$$

e. Clasificación de suelos

La norma NTP 339.134, ASTM D2487, menciona que este método describe un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánicos minerales, basado en la determinación de las características de granulometría, límite líquido e índice plástico.

Tabla N° 8

Clasificación de suelos American (Society for Testing Material ASTM)

DIVISION PRINCIPAL	SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION		
SUELOS DE GRANOS GRISESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Mayor que 4 $C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$ Entre 1 y 3 Si los criterios para GW no se cumplen	
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos		
	GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo	Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla		
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz #4	GRAVAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Superior a 6 $C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para SW
			SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos	
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo	Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	
	SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas	<p>GRÁFICO DE PLASTICIDAD</p> <p>Para la clasificación de los suelos finos y de la fracción fina de los suelos granulares</p> <p>Los límites de Atterberg situados en el área sombreada corresponden a la clasificación de frontera y requieren símbolos dobles.</p> <p>Ecuación de la línea A: $IP = 0.73(ILL - 20)$</p>
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla	
OL			Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		
LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%		MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas		
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media		
Suelos altamente orgánicos	PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488		

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- a. **Comportamiento estructural**, corresponde en la forma como responde toda una estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, ante la aplicación de fuerzas externas, donde las relaciones matemáticas existentes entre las fuerzas generalizadas y los desplazamientos generalizados son conocidas usualmente como relaciones (Cervera, 2018).
- b. **Edificio educativo**, es un espacio abierto, campo escolar, patio o jardín del que una parte debe quedar libre para los recreos, juegos y la otra preparada para la enseñanza (Guerra, 2017).
- c. **Losa aligerada**, elemento estructural de espesor reducido respecto a sus otras dimensiones usado como techo o piso, generalmente horizontal y armado en una o dos direcciones según el tipo de apoyo existente en su contorno. (norma E.0.60)
- d. **Bloques de poliestireno**, es un plástico versátil usado para fabricar una amplia variedad de productos de consumo, dado que es un plástico duro y sólido, que se usa frecuentemente en productos que requieren transparencia (Guerra, 2017).
- e. **Carga**, son acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos. (norma, E.020)
- f. **Carga muerta**, es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que se propone sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo. (norma, E.020)
- g. **Carga viva**, es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación. (norma, E.020)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

Figura N° 11

Ubicación geográfica del edificio educativo en estudio (Google maps).



La ubicación geográfica del Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales, con resolución de creación RD 0327- 2007 – ED, con dirección Jr. Jaime de Martínez 285 – Bambamarca, con coordenadas E= 774286.776 m; N= 9261088.862; Z=2537.30 m.

Figura N° 12

Ubicación geográfica del Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales (Current Position).

E	774286.776m. (17S)
N	9261088.862m.
Z	2518.33m
Exactitud	2.30m

Figura N° 13

Instituto Educativo Superior Tecnológica de Investigaciones Industriales – Bambamarca.



3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

TIPO	: Aplicada
NIVEL	: Descriptivo
DISEÑO	: No experimental
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	: Cuantitativa

3.2.2. VARIABLES

3.2.2.1.variable dependiente

Evaluación del comportamiento estructural

3.2.2.2.variable independiente

Entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y poliestireno expandido

3.2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población está determinada por un edificio de 6 niveles de uso educativo con entrepiso de losa aligerada construido en el distrito de Bambamarca en la provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca.

3.2.4. MUESTRA

La muestra es un edificio con entrepiso de losa aligerada de 6 niveles en el distrito de Bambamarca en la provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca.

3.2.5. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis considerada es un edificio educativo de 6 pisos con entrepiso de losa aligerada, analizada por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Con el propósito de obtener información, se realizará un estudio estadístico descriptivo, ya que se recolectará, ordenará, analizará y se representará gráficamente, considerando los siguientes aspectos:

- **Revisión bibliográfica**, se realizará para conocer las teorías y normas que tratan este tipo de proyectos.
- **Datos de campo**, se usa para constatar las dimensiones de los elementos estructurales acorde a sus respectivos planos, realizar los ensayos de esclerometría y mecánica de suelos (EMS).
- **Ensayos no destructivos**, se realizará ensayos de esclerometría mediante la norma ASTM C 823 para la determinación del $f'c$.
- **Modelamiento estructural**, se realizará para analizar y modelar la estructura en el programa ETABS V.20.

3.3.2. INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN:

El investigador mediante la selección estadística decide los instrumentos que intervendrán en la recolección de datos, usando como instrumento los siguientes:

- **Guía de observación**, para el registro de los datos del ensayo de esclerometría y estudio de mecánica de suelos (EMS).
- **Software**, programas como ETABS V.20 para diseño estructural y Microsoft Excel para el análisis de los datos.

3.4. ETAPAS DEL PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Utilizando un conjunto de procedimientos analíticos, se realizará la metodología para la presente investigación y alcanzar los objetivos propuestos que se describen por etapas de la siguiente manera:

- A. Primera Etapa**, la fase inicial es la definición de los objetivos del proyecto de investigación a realizar.
- B. Segunda Etapa**, elegir el lugar donde se ejecutará el proyecto en estudio.

C. Tercera Etapa, revisar los planos arquitectónicos del edificio educativo seleccionado para el proyecto, revisar los estudios de tipo de suelo, zonificación sísmica, resistencia de elementos estructurales.

D. Cuarta Etapa, realizar el análisis estructural, utilizando el software ETABS V.20, para obtener resultados de varios parámetros.

d.1. Fuerza interna de los elementos estructurales

Se calcula las fuerzas internas de los elementos estructurales por las cargas permanentes, que se ejerce en los distintos elementos debido al funcionamiento de la estructura y se los combinará en función de los requisitos estructurales de la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

d.2. Parámetros dinámicos

El análisis sísmico se procede de manera estática y modal espectral. El primero consiste en hallar la cortante basal actuante en la estructura, pero en ello se calcula el peso del edificio, considerando un 50% de sobrecarga como indica la Norma E 030 Sismo – Resistente para edificaciones de categoría A2 y para el análisis modal espectral se lo realiza incorporando el espectro de diseño según la norma E.030 Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

E. Quinta Etapa, realizar el análisis comparativo e interpretación de resultados de derivas, desplazamientos, cortantes estáticos y dinámicos, momentos, cortantes, torsión; de los dos tipos de losas aligeradas establecidas mediante los resultados obtenidos del software ETABS V.20.

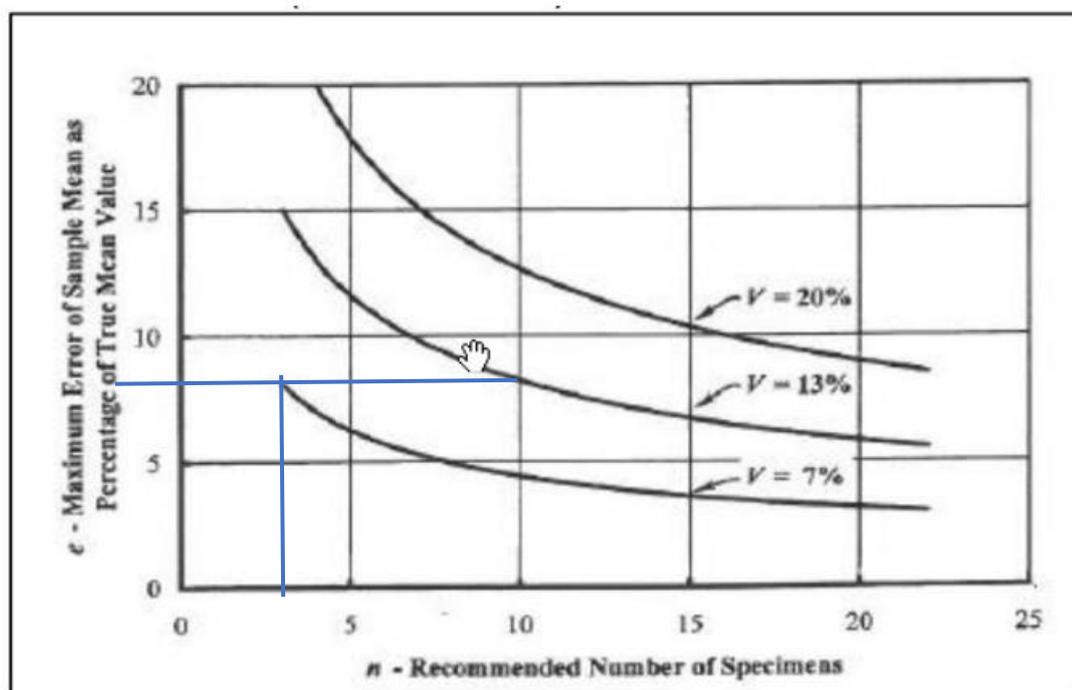
3.5. EJECUCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. ESTUDIO DE ESCLEROMETRÍA

Para estimar la cantidad de ensayos por espécimen de esclerometría a realizarse en la presente investigación se estimó mediante la norma ASTM C 823.

Figura N° 14

Número de probetas en función del error máximo e , (ASTM C 823)



Para un error de muestreo $e=8\%$ y un coeficiente de variación $v=7\%$ en la figura N°14 tenemos que el número de ensayos por espécimen a considerar será 3, haciendo un total de 9 ensayos de esclerometría (3 en columnas, 3 en vigas y 3 en losas).

Las zonas donde se realizaron los ensayos de esclerometría en el edificio educativo en estudio fueron tomado a criterio por el tesista (ver ANEXO N°11).

A continuación, se detalla los ensayos de esclerometría realizados en el edificio educativo en estudio de acorde a la normativa ASTM C805M-13a, en resumen, se realizaron los ensayos de la siguiente manera:

Primero, se eligió la zona donde se va a realizar el ensayo de esclerometría.

Segundo, se realizó una cuadrícula con espacios de 1 pulgada haciendo un total de 12 espacios.

Tercero, se retiró el tarrajeo de la zona donde se realizó el ensayo.

Cuarto, anotamos en el registro, el nombre del proyecto, fecha, número de ensayo, ángulo de inclinación, registro de rebotes (R) y la fotografía.

Quinto, colocamos el punzón del esclerómetro perpendicularmente sobre la superficie de un cuadradito de la cuadrícula marcada,

Sexto, realizamos el ensayo en los 12 cuadraditos de la cuadrícula marcada, el ensayo termina tras tener 12 valores cuyo valor mínimo y máximo no excedan en 6 unidades al promedio de todos ellos.

Luego de obtener el número de rebotes (R) utilizando el programa Microsoft Excel se calculó el promedio y desviación estándar de las lecturas válidas obtenidas.

Finalmente, para el procesamiento de datos del ensayo de esclerometría se realizó de la siguiente manera: con el promedio de rebotes y ángulo de inclinación (α) con el que se realizó el ensayo verificamos en la tabla N°1 la correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto ($F'c$).

Tabla N° 9

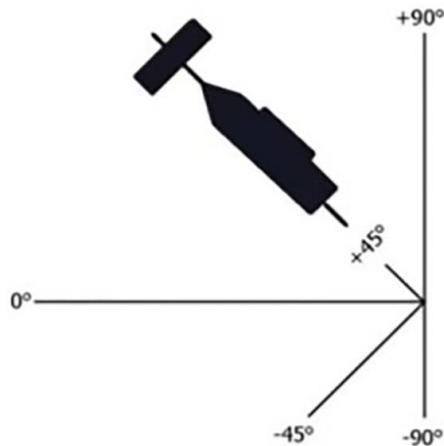
Abaco de correlación número de rebotes-resistencia a la compresión simple (manual del usuario esclerómetro)



**ZHEJIANG TUGONG
INSTRUMENT CO., LTD.**

**MANUAL DEL USUARIO
ESCLEROMETRO**

R	$\alpha - 90^\circ$	$\alpha - 45^\circ$	$\alpha - 0^\circ$	$\alpha + 45^\circ$	$\alpha + 90^\circ$
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Por encima 600	Por encima 600	580	550	530
55	Por encima 600	Por encima 600	600	570	550



A continuación, se detallan las fichas de ensayos y resultados obtenidos de los ensayos de esclerometría realizados al edificio educativo en estudio.

Tabla N° 10

Ensayo de esclerometría en columna

ENSAYO N°1	
Fecha de ensayo:	14/10/2022
Identificación del martillo	
Marca-modelo:	A&A (ZCE-A)
Número de serie:	503
Fecha de calibración	14/10/2022
Información número de rebotes	
Estructura:	Columna N°1
Ángulo de impacto:	$\alpha=0^\circ$
Registro de lecturas	
N° Lectura	Rebote (R)
1	37
2	38
3	36
4	39
5	36
6	37
7	39
8	37
9	39
10	37
11	39
12	39
Procesamiento de datos del ensayo de esclerometría	
Promedio de lecturas (R):	38
Desviación estándar de lecturas:	1.2
Correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (ver tabla N°9)	320 kg/cm²



Tabla N° 11

Ensayo de esclerometría en columna

ENSAYO N°2	
Fecha de ensayo:	14/10/2022
Identificación del martillo	
Marca-modelo:	A&A (ZCE-A)
Número de serie:	503
Fecha de calibración	14/10/2022
Información número de rebotes	
Estructura:	Columna N°2
Ángulo de impacto:	$\alpha=0^\circ$
Registro de lecturas	
N° Lectura	Rebote (R)
1	35
2	35
3	39
4	37
5	36
6	35
7	36
8	38
9	35
10	37
11	37
12	37
Procesamiento de datos del ensayo de esclerometría	
Promedio de lecturas válidas:	36
Desviación estándar de lecturas:	1.3
Correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (ver tabla N°9)	290 kg/cm²



Tabla N° 12

Ensayo de esclerometría en columna

ENSAYO N°3	
Fecha de ensayo:	14/10/2022
Identificación del martillo	
Marca-modelo:	A&A (ZCE-A)
Número de serie:	503
Fecha de calibración	14/10/2022
Información número de rebotes	
Estructura:	Columna N°3
Ángulo de impacto:	$\alpha=0^\circ$
Registro de lecturas	
N° Lectura	Rebote (R)
1	36
2	37
3	38
4	35
5	38
6	39
7	37
8	35
9	36
10	39
11	38
12	38
Procesamiento de datos del ensayo de esclerometría	
Promedio de lecturas válidas:	37
Desviación estándar de lecturas:	1.4
Correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (ver tabla N°9)	310 kg/cm2



Tabla N° 13

Ensayo de esclerometría en viga

ENSAYO N°4	
Fecha de ensayo:	14/10/2022
Identificación del martillo	
Marca-modelo:	A&A (ZCE-A)
Número de serie:	503
Fecha de calibración	14/10/2022
Información número de rebotes	
Estructura:	Viga N°01
Ángulo de impacto:	$\alpha=0^\circ$
Registro de lecturas	
N° Lectura	Rebote (R)
1	40
2	39
3	41
4	41
5	39
6	40
7	37
8	39
9	38
10	38
11	40
12	39
Procesamiento de datos del ensayo de esclerometría	
Promedio de lecturas válidas:	39
Desviación estándar de lecturas:	1.22
Correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (ver tabla N°9)	340 kg/cm²



Tabla N° 14

Ensayo de esclerometría en viga

ENSAYO N°05	
Fecha de ensayo:	14/10/2022
Identificación del martillo	
Marca-modelo:	A&A (ZCE-A)
Número de serie:	503
Fecha de calibración	14/10/2022
Información número de rebotes	
Estructura:	Viga N°02
Ángulo de impacto:	$\alpha=0^\circ$
Registro de lecturas	
N° Lectura	Rebote (R)
1	39
2	41
3	40
4	37
5	40
6	38
7	41
8	38
9	37
10	37
11	38
12	39
Procesamiento de datos del ensayo de esclerometría	
Promedio de lecturas válidas:	39
Desviación estándar de lecturas:	1.5
Correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (ver tabla N°9)	340 kg/cm²



Tabla N° 15

Ensayo de esclerometría en viga

ENSAYO N°06	
Fecha de ensayo:	14/10/2022
Identificación del martillo	
Marca-modelo:	A&A (ZCE-A)
Número de serie:	503
Fecha de calibración	14/10/2022
Información número de rebotes	
Estructura:	Viga N°03
Ángulo de impacto:	$\alpha=0^\circ$
Registro de lecturas	
N° Lectura	Rebote (R)
1	41
2	40
3	38
4	40
5	38
6	39
7	39
8	40
9	41
10	40
11	41
12	40
Procesamiento de datos del ensayo de esclerometría	
Promedio de lecturas válidas:	40
Desviación estándar de lecturas:	1.1
Correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (ver tabla N°9)	350 kg/cm²



Tabla N° 16

Ensayo de esclerometría en losa

ENSAYO N°07	
Fecha de ensayo:	14/10/2022
Identificación del martillo	
Marca-modelo:	A&A (ZCE-A)
Número de serie:	503
Fecha de calibración	14/10/2022
Información número de rebotes	
Estructura:	Losa N°01
Ángulo de impacto:	$\alpha=90^\circ$
Registro de lecturas	
N° Lectura	Rebote (R)
1	34
2	33
3	32
4	34
5	36
6	34
7	33
8	34
9	36
10	36
11	34
12	35
Procesamiento de datos del ensayo de esclerometría	
Promedio de lecturas válidas:	34
Desviación estándar de lecturas:	1.3
Correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (ver tabla N°9)	200 kg/cm²



Tabla N° 17

Ensayo de esclerometría en losa

ENSAYO N°08	
Fecha de ensayo:	14/10/2022
Identificación del martillo	
Marca-modelo:	A&A (ZCE-A)
Número de serie:	503
Fecha de calibración	14/10/2022
Información número de rebotes	
Estructura:	Losa N°02
Ángulo de impacto:	$\alpha=90^\circ$
Registro de lecturas	
N° Lectura	Rebote (R)
1	30
2	31
3	33
4	32
5	35
6	32
7	31
8	35
9	30
10	31
11	30
12	34
Procesamiento de datos del ensayo de esclerometría	
Promedio de lecturas válidas:	32
Desviación estándar de lecturas:	1.9
Correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (ver tabla N°9)	170 kg/cm²



Tabla N° 18

Ensayo de esclerometría en losa

ENSAYO N°09	
Fecha de ensayo:	14/10/2022
Identificación del martillo	
Marca-modelo:	A&A (ZCE-A)
Número de serie:	503
Fecha de calibración	14/10/2022
Información número de rebotes	
Estructura:	columna N°1
Ángulo de impacto:	$\alpha=90^\circ$
Registro de lecturas	
N° Lectura	Rebote (R)
1	33
2	32
3	30
4	30
5	34
6	31
7	32
8	33
9	35
10	31
11	35
12	32
Procesamiento de datos del ensayo de esclerometría	
Promedio de lecturas válidas:	32
Desviación estándar de lecturas:	1.7
Correlación entre el número promedio de rebotes (R) y la resistencia a la compresión simple del concreto (ver tabla N°9)	170 kg/cm²



Nota: todo el procedimiento y resultados obtenidos de los ensayos de esclerometría realizados en el edificio educativo en estudio fue supervisado por la empresa GUERSAN INGENIEROS SRL como lo podemos validar en el ANEXO N°4.

Para el modelamiento de la estructura del edificio educativo en estudio, para la presente investigación cada elemento estructural (columnas, vigas y losas) trabajará con su propia resistencia a compresión del concreto obtenida de los ensayos de esclerometría

realizados al edificio educativo en estudio, con el fin de utilizar una resistencia a compresión representativa para cada elemento estructural se utilizará el método SONREB.

El método SONREB es un método ampliamente empleado, empleado Solo en la NC 9002/2000, el acápite 2.3.4, "Método combinado para la estimación de la resistencia a compresión del hormigón" y en la NC 1109: 2015 en el acápite 4.4.4, "Método combinado para la estimación de la resistencia a compresión del hormigón".

En base al método SONREB tenemos:

Ensayo N°	Estructura	Resistencia a la compresión obtenido kg/cm ²	Resistencia a la compresión obtenido kg/cm ² (promedio)
1	Columna N°1	320	307
2	Columna N°2	290	
3	Columna N°3	310	
4	Viga N°1	340	343
5	Viga N°2	340	
6	Viga N°3	350	
7	Losa N°1	200	180
8	Losa N°2	170	
9	Losa N°3	170	

Por lo tanto, Para el modelamiento de la estructura del edificio educativo en estudio en el programa ETABS V.20 las columnas trabajaran con una resistencia a la compresión de 307 kg/cm², las vigas con una resistencia a la compresión de 343 kg/cm² y las losas con una resistencia a la compresión de 180 kg/cm².

El peso específico y relación de poisson del concreto es:

Tabla N° 19

Peso específico y relación de poisson del concreto

Material	Peso específico [Tn / m ³]	Relación de Poisson
Concreto	2.4	0.20

3.5.2. CARACTERÍSTICAS DEL ACERO

El acero que poseen los elementos de concreto armado presenta la siguiente resistencia.

Acero de refuerzo : ASTM A615; $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

3.5.3. CARGAS

a) Cargas Muertas

Corresponde al peso propio de los elementos estructurales (columnas, vigas, losas); y el peso de la carga muerta de elementos no estructurales (tabiques, parapetos, acabados), calculados en base a los pesos unitarios de la norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

El peso propio de los elementos estructurales es calculado directamente por el software. Las cargas muertas de los elementos no estructurales y acabados se añaden aplicando en cada caso.

Albañilería (unidades de arcilla):	1800 kg/m ³ .
Piso terminado:	100 kg/m ² .
Peso específico del concreto:	2.4 Tn/m ³ .
Peso específico del acero:	7.85 Tn/m ³ .
Ladrillo hueco 15 (15x30x30):	7.05 kg/unidad (63.45 kg/m ²).
Bloque de Poliestireno expandido (EPS) 1.20x0.30x0.15:	1.12 kg/m ² .

b) Cargas Vivas

En función del uso o tipo de ocupación de la edificación.

Aulas:	250 kg/m ² .
Sala de cómputo:	250 kg/m ² .
Corredores y escaleras:	400 kg/m ² .

c) Carga de sismo

Se genera debido a la acción sísmica sobre la estructura. Para calcular los esfuerzos que estas cargas producen en la estructura se ha utilizado el programa ETABS V.20.

3.5.4. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

- ❖ Modelamiento: Se modeló la edificación educativa como se indica en el plano arquitectónico y se le estableció las características mecánicas de sus materiales.
- ❖ Análisis Lineal estático: Se calcula el cortante estático en la base según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
- ❖ Análisis Lineal dinámico: Se desarrolla por medio de la incorporación de un espectro de diseño y se aplicó sismos en ambas direcciones.

3.5.5. MODELAMIENTO EN EL PROGRAMA ETABS V.20

3.5.6.1. definición de material de concreto

- Concreto Armado de resistencia para vigas $f'c = 343\text{kg/cm}^2$.

Figura N° 15

Resistencia del concreto en vigas

Material Property Data

General Data

Material Name: F'c 343

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

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

Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2778038.87661781 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 1157516.2 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

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

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

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

b) Concreto Armado de resistencia para columnas $f^c = 307\text{kg/cm}^2$.

Figura N° 16

Resistencia del concreto en columnas

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. The 'General Data' section includes 'Material Name' (Fc 307), 'Material Type' (Concrete), 'Directional Symmetry Type' (Isotropic), 'Material Display Color' (grey), and 'Material Notes'. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with 'Weight per Unit Volume' at 2.4 tonf/m³ and 'Mass per Unit Volume' at 0.244732 tonf-s³/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section lists 'Modulus of Elasticity, E' (2628212.32019028 tonf/m²), 'Poisson's Ratio, U' (0.2), 'Coefficient of Thermal Expansion, A' (0.0000099 1/C), and 'Shear Modulus, G' (1095088.47 tonf/m²). The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section includes buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The 'Modulus of Rupture for Cracked Deflections' section has 'Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)' selected.

c) Concreto Armado de resistencia para losas $f^c = 180\text{kg/cm}^2$.

Figura N° 17

Resistencia del concreto en losas

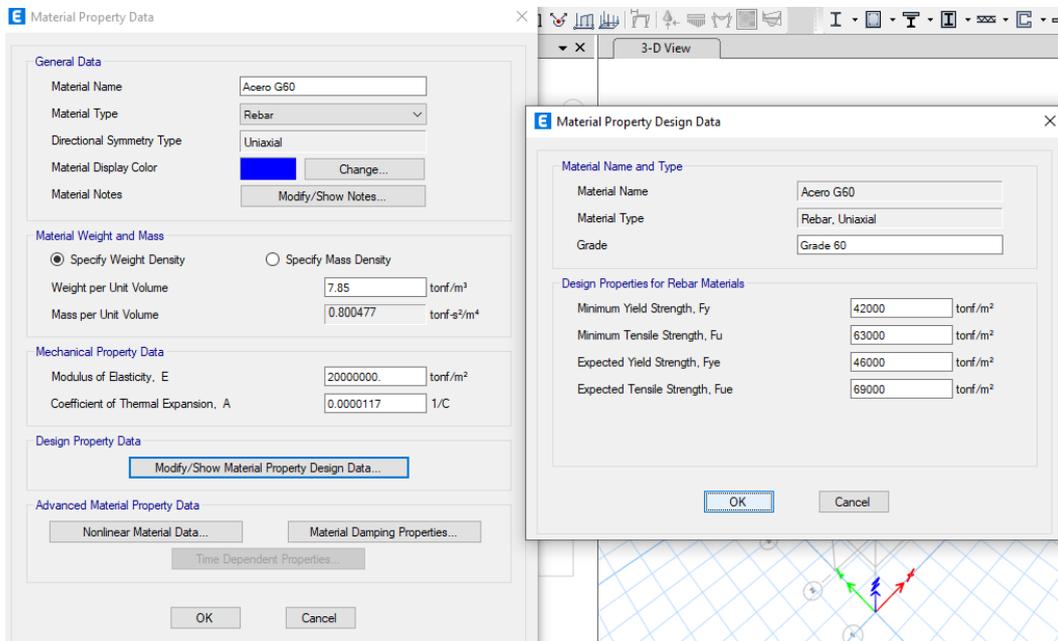
The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material. The 'General Data' section includes 'Material Name' (Fc 180), 'Material Type' (Concrete), 'Directional Symmetry Type' (Isotropic), 'Material Display Color' (grey), and 'Material Notes'. The 'Material Weight and Mass' section has 'Specify Weight Density' selected, with 'Weight per Unit Volume' at 2.4 tonf/m³ and 'Mass per Unit Volume' at 0.244732 tonf-s³/m⁴. The 'Mechanical Property Data' section lists 'Modulus of Elasticity, E' (2012461.17974981 tonf/m²), 'Poisson's Ratio, U' (0.2), 'Coefficient of Thermal Expansion, A' (0.0000099 1/C), and 'Shear Modulus, G' (838525.49 tonf/m²). The 'Design Property Data' section has a 'Modify/Show Material Property Design Data...' button. The 'Advanced Material Property Data' section includes buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. The 'Modulus of Rupture for Cracked Deflections' section has 'Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)' selected.

3.5.6.2. definición de material de acero

Acero de refuerzo (ASTM A 615 G60)

Figura N° 18

Definición del material acero

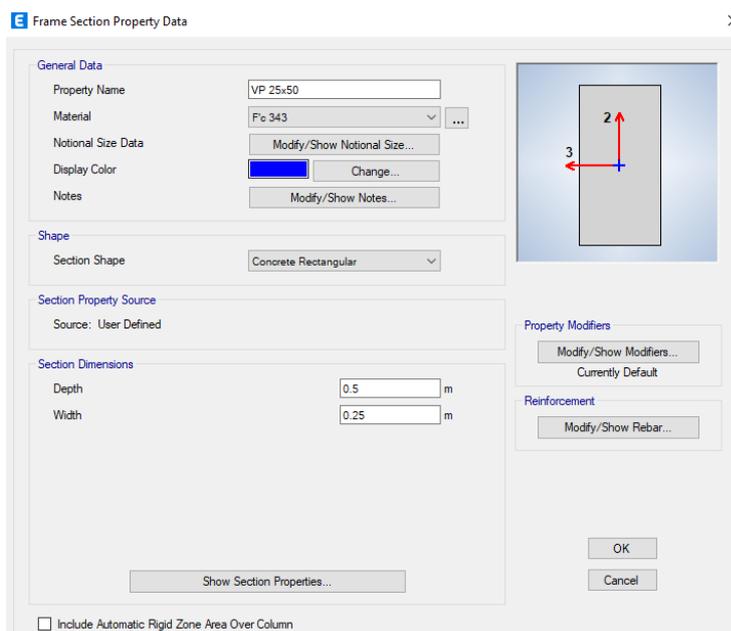


3.5.6.3. Definición de secciones (elementos frame)

Viga Principal VP 25x50.

Figura N° 19

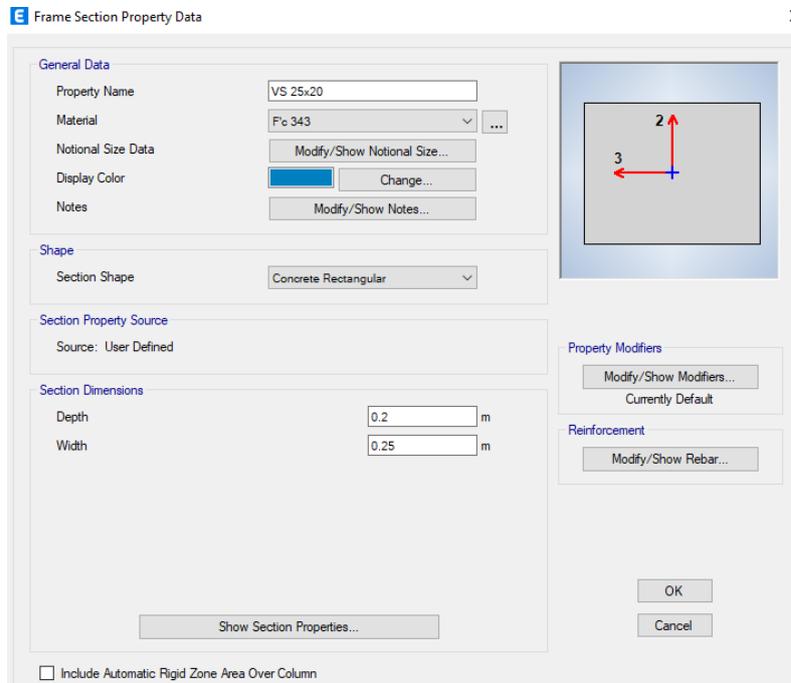
Definición de viga VP 25x50



Viga Secundaria VS 25x20.

Figura N° 20

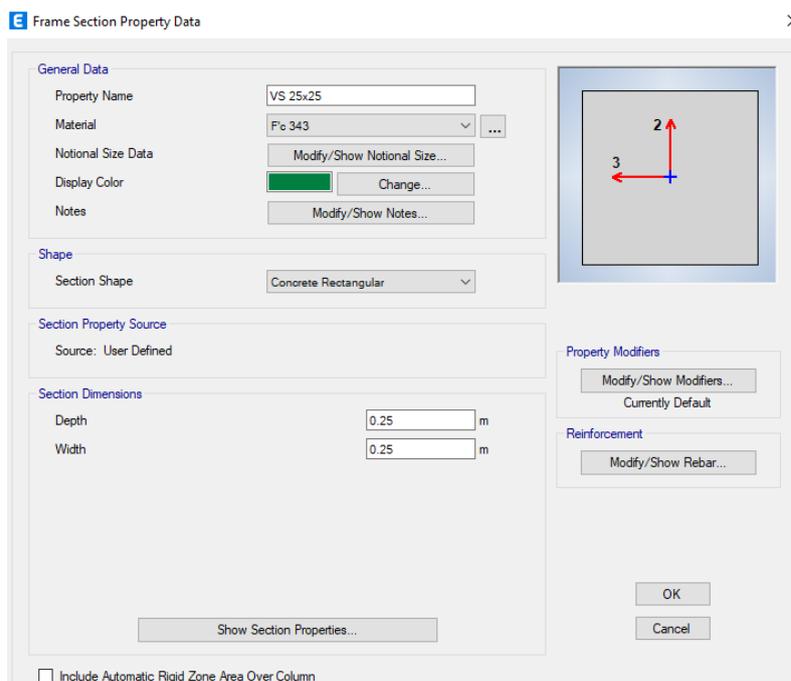
Definición de viga VS 25x20



Viga Secundaria VS 25x25.

Figura N° 21

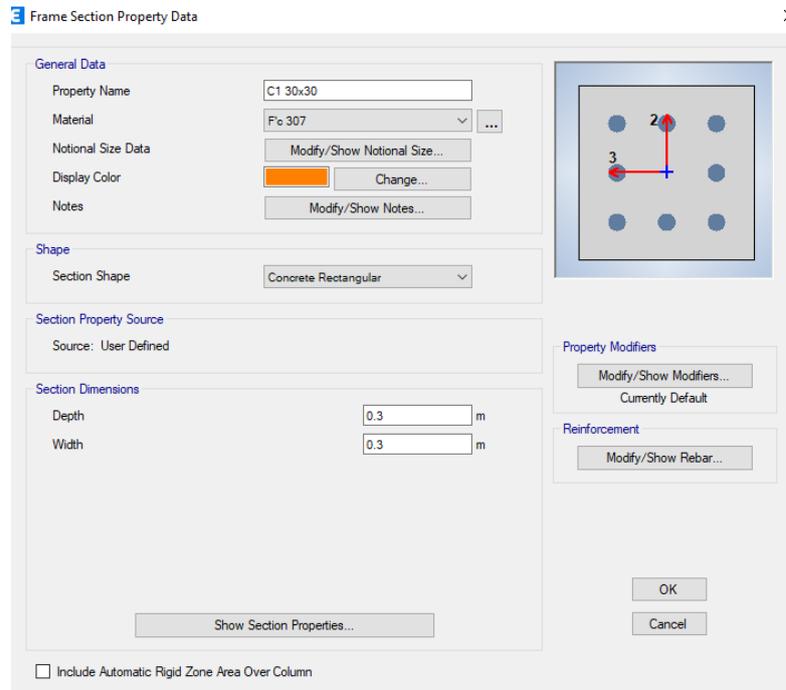
Definición de viga VS 25x25



Columna C1 30x30.

Figura N° 22

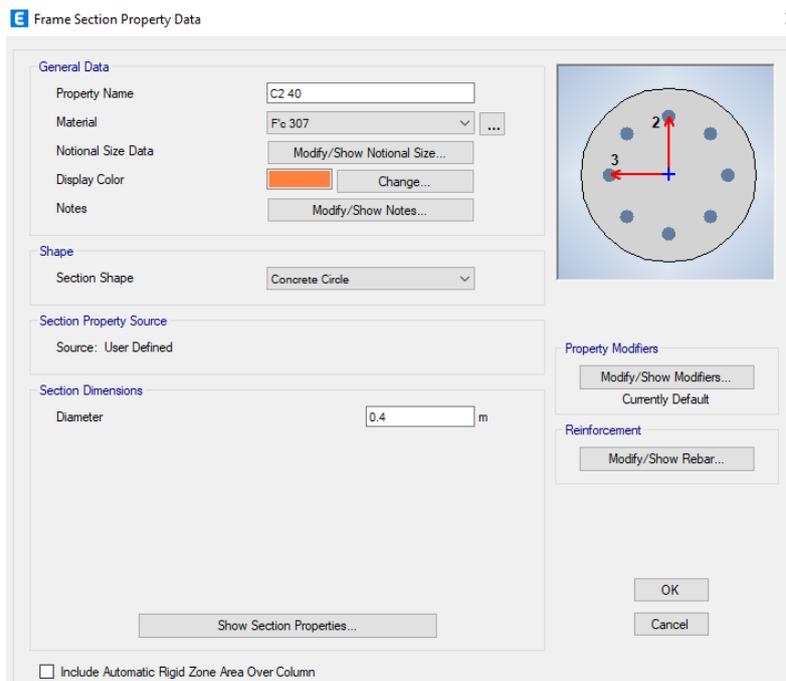
Definición de columna C1 30x30



Columna C2 40.

Figura N° 23

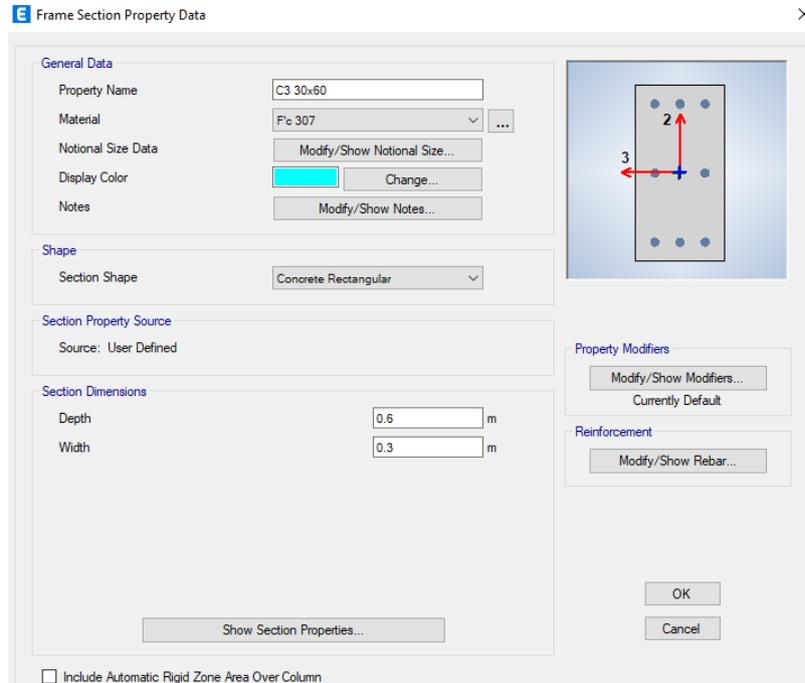
Definición de columna C2 40



Columna C3 30x60

Figura N° 24

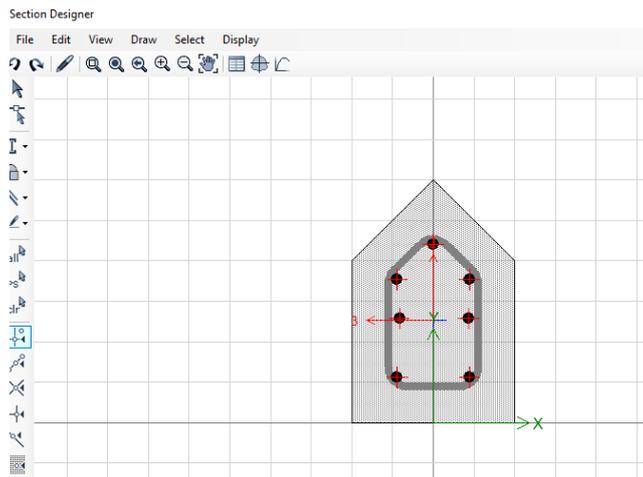
Definición de columna C3 30x60



Columna CIR 1

Figura N° 25

Definición de columna CIR 1



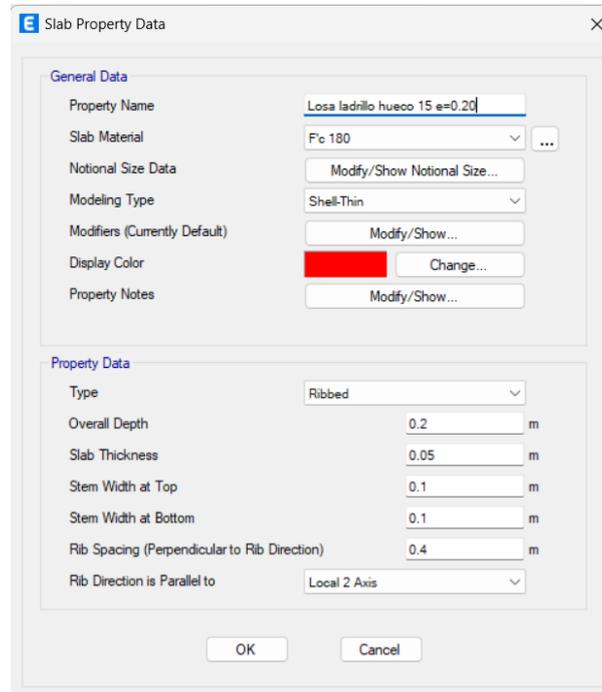
3.5.6.4. Definición de secciones (elementos shell).

Las siguientes figuras detallan la incorporación de las secciones de losas en el software Etabs V.20.

Losa aligerada de ladrillo hueco 15 de 15x30x30 (cm).

Figura N° 26

Definición de losa de ladrillo hueco 15 de 15x30x30 (cm)



Losa con bloques de Poliestireno expandido (EPS) de 1.20x0.30x0.15 (m)

Figura N° 27

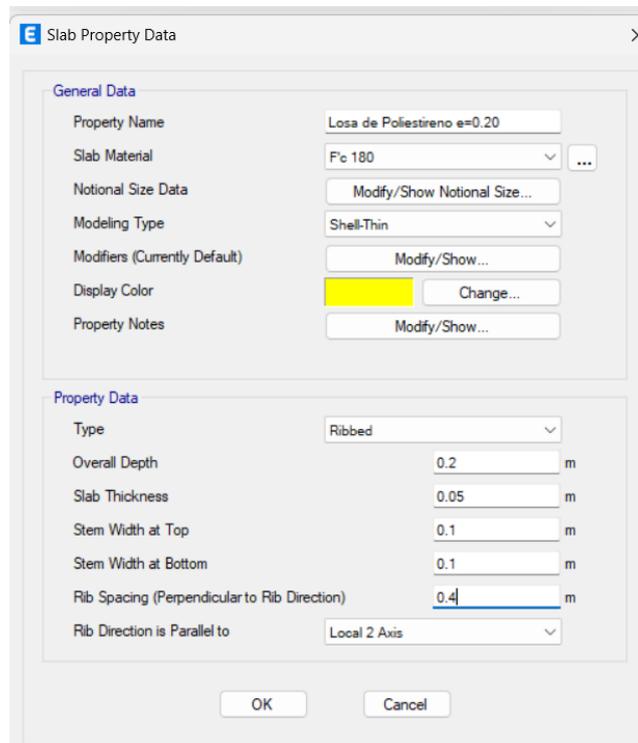
Losa con bloques de Poliestireno expandido (EPS) de 1.20x0.30x0.15 (m)



Fuente: <https://www.promart.pe/ladrillo-caseton-1-20x0-30x0-15m-11763/p> (Consultado el 10/10/22)

Figura N° 28

Definición de losa con Poliéstireno expandido (EPS)

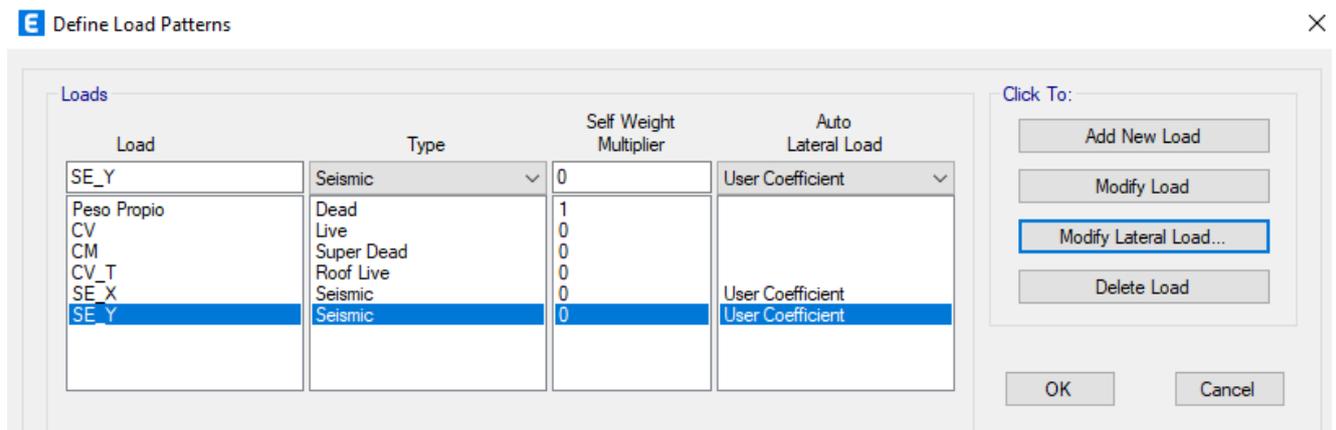


3.5.6.5. Definimos el patrón de cargas

Definimos los patrones de carga para carga muerta, carga viva, carga viva de techo, peso propio, sismo estático en X y Y. La siguiente figura muestra estos patrones de carga.

Figura N° 29

Definición de patrones de carga



3.5.6.6. Definimos el Peso de la estructura

La edificación en estudio es de Categoría A (como se verá más adelante en el Factor de Uso según la norma) por lo que se toma según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019).

Artículo 26.- Estimación del Peso (P)

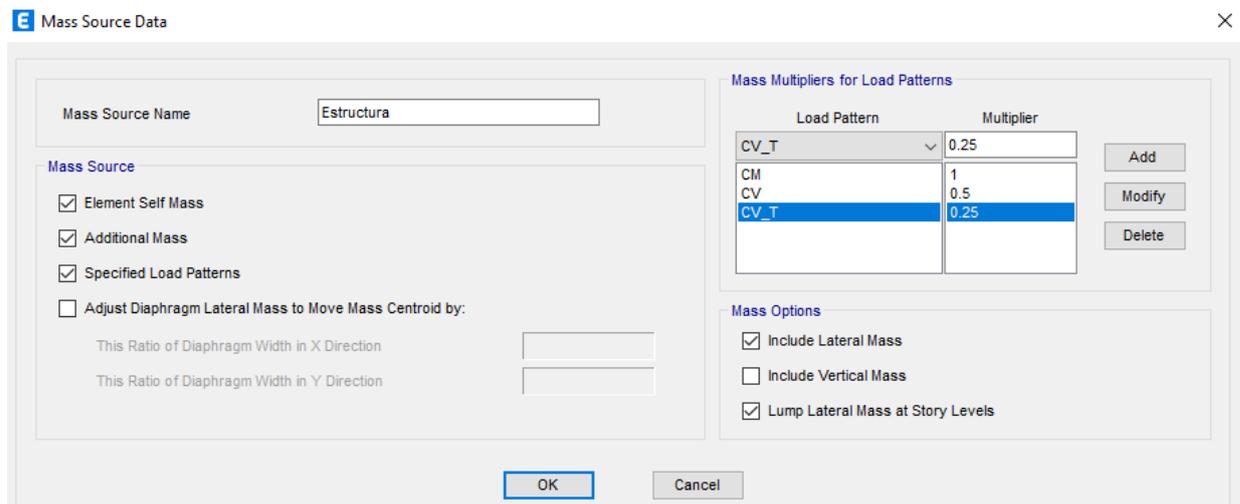
El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

- En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
- En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.

Acorde a lo mencionado, definimos en Etabs V.20 el peso estructural para nuestra edificación de Categoría A, donde se toma el 100% de carga muerta, más el 50% de carga viva, más 25% de carga viva de techo como se detalla en la siguiente figura.

Figura N° 30

Definición del peso de la estructura

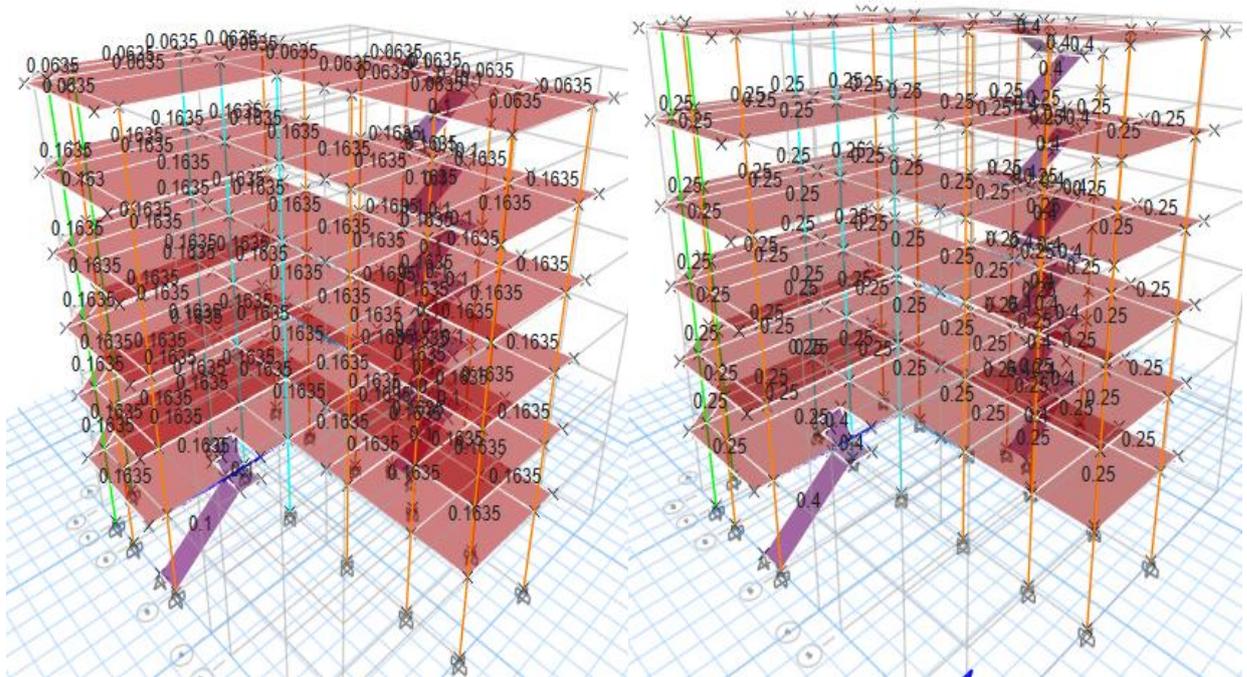


3.5.6.7. Asignación de cargas

Para el modelado en Etabs V.20 asignamos las respectivas cargas de diseño, como se observa en la siguiente figura

Figura N° 31

Asignación de cargas en la estructura



Adicionalmente, la siguiente imagen muestra la vista de modelo estructural (isométrico).

Figura N° 32

Primera vista del modelo isométrico en Etabs V.20

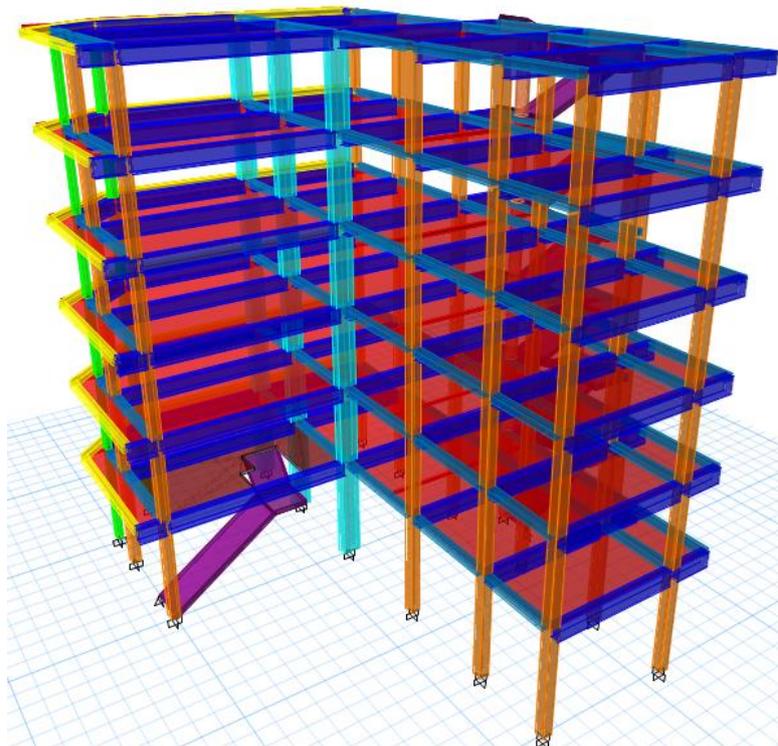
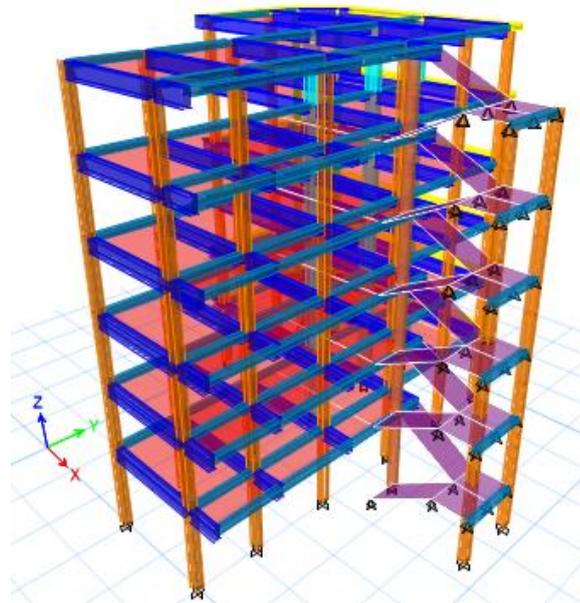


Figura N° 33

Segunda vista del modelo isométrico en Etabs V.20



3.5.6.8. Asignación de diafragmas y brazos rígidos

Se procede a asignar los diafragmas y brazos rígidos a la estructura. En las siguientes imágenes se pueden apreciar la asignación de los diafragmas y brazos rígidos en el software Etabs V.20.

Figura N° 34

Asignación de diafragmas rígidos por nivel en Etabs V.20.

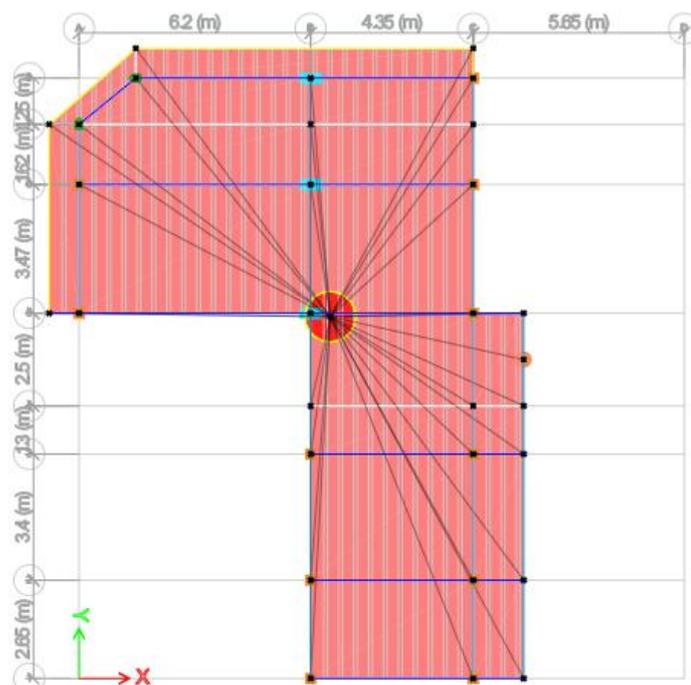
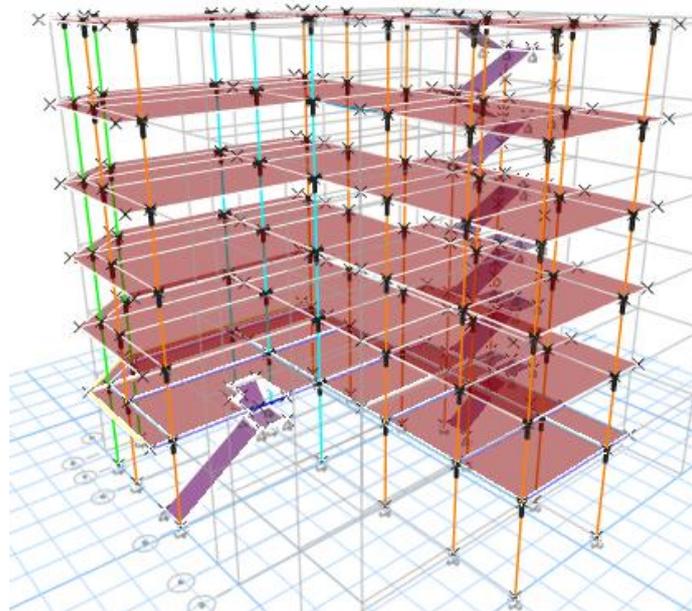


Figura N° 35

Asignación de brazos rígidos en Etabs V.20

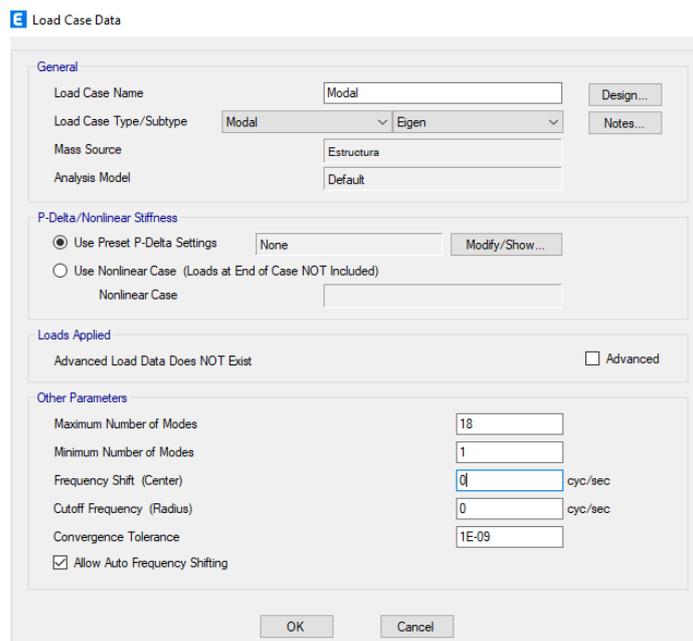


3.5.6.9. Modos de vibración

Consideramos 3 modos de vibración por nivel, según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019): Total 18 modos de vibración. En la siguiente figura se aprecia la asignación del número de modos.

Figura N° 36

Definición de los modos de vibración de la estructura



3.5.6.10. Diseño Sísmico

Este análisis nos permite determinar el comportamiento de la estructura bajo las sollicitaciones sísmicas, para ver si existe irregularidad tanto en planta como en altura, verificar que las derivas máximas cumplan lo estipulado en la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019), además se obtuvieron las fuerzas internas de los diferentes elementos que conforman el sistema sismo resistente. El análisis se computó en las direcciones principales (X, Y). Finalmente, por medio del análisis sísmico se obtuvieron las principales respuestas de la estructura ante sollicitaciones dinámicas.

La estructura se debe clasificar como regular o irregular para poder determinar un procedimiento correcto de análisis y considerar un valor adecuado para el factor de reducción (R); por ello, se procede a verificar si el edificio cuenta con alguna de las siguientes irregularidades.

a) Zonas sísmicas.

Acorde a la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019) se tiene la siguiente imagen.

Figura N° 37

Mapa de zonificación del Perú (E.030-2019).



Se tiene el Factor de Zona (Z) de 0.35.

Tabla N° 20

Valores de zonificación (E.030-2019).

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

b) Factor de suelo (S).

La siguiente tabla muestra el factor de suelo S para un suelo S₃ y una zona Z₃.

Tabla N° 21

Factor de amplificación de Suelo (E.030-2019).

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,80	2,00

c) Periodo T_p y T_L.

Los periodos T_p y T_L para la zona de estudio se muestran en la tabla.

Tabla N° 22

Periodos T_p y T_L (E.030-2019).

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

d) Factor de amplificación sísmica (C).

El factor de amplificación sísmica (C) varía continuamente en función del periodo de vibración de la estructura bajo las siguientes condiciones:

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

e) Factor de Uso (U).

El edificio a analizar es de tipo A2 (Instituto Superior Tecnológico).

Tabla N° 23

Factor de importancia o de uso en las edificaciones (E.030-2019).

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
A Edificaciones Esenciales	<p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5

f) **Coefficiente Básico de Reducción Sísmica (R_0).**

El edificio en estudio es de pórticos estructurales de concreto armado. La siguiente tabla muestra el valor adoptado.

Tabla N° 24

Valores del coeficiente básico de reducción sísmica (E.030-2019).

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

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

(**) Para diseño por esfuerzos admisibles.

3.5.6.11. Periodo Fundamental de Vibración y Participación de masa

Al correr el programa obtenemos que para la losa de ladrillo 15 x 30 x 30, se tiene un periodo fundamental de vibración de 0.932 seg. en la dirección Y. como se muestra en la siguiente figura.

Figura N° 38

Periodo Fundamental de Vibración de la estructura (E.030-2019).

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.932	1.073	6.7417	45.4499
Modal	2	0.775	1.291	8.1125	65.8123
Modal	3	0.689	1.451	9.1159	83.0999
Modal	4	0.298	3.358	21.1017	445.2824
Modal	5	0.249	4.014	25.2176	635.9258
Modal	6	0.219	4.56	28.6527	820.976
Modal	7	0.165	6.061	38.0854	1450.4993
Modal	8	0.138	7.225	45.394	2060.6123
Modal	9	0.121	8.274	51.9896	2702.9155
Modal	10	0.111	9.049	56.8579	3232.8165
Modal	11	0.094	10.596	66.5745	4432.1588
Modal	12	0.082	12.161	76.4127	5838.9017
Modal	13	0.08	12.473	78.3703	6141.9099
Modal	14	0.072	13.943	87.6051	7674.6466
Modal	15	0.068	14.789	92.924	8634.8632
Modal	16	0.06	16.62	104.4261	10904.8207

En la participación de masa los dos primeros modos tienen que tener masa predominante de traslación. Se tiene en el primer modo un 88.17 % para UY y para el segundo modo 43.22 % para UX. Para 3 modos de vibración por nivel se debe cumplir con el 90 % de participación de masa modal total. En la dirección Y se cumple en los 4 primeros modos y en la dirección X se cumple en los 5 primeros modos de vibración de la estructura.

Figura N° 39

Porcentaje de participación modal de la estructura (E.030-2019).

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Modal	1	0.932	0.0004	0.8817	0	0.0004	0.8817
Modal	2	0.775	0.4322	0.004	0	0.4326	0.8857
Modal	3	0.689	0.448	0.0012	0	0.8806	0.8869
Modal	4	0.298	4.18E-05	0.0841	0	0.8807	0.971
Modal	5	0.249	0.0399	0.0005	0	0.9205	0.9715
Modal	6	0.219	0.0491	0.0001	0	0.9696	0.9716
Modal	7	0.165	6.304E-06	0.0195	0	0.9696	0.9911
Modal	8	0.138	0.0071	0.0001	0	0.9767	0.9913
Modal	9	0.121	0.0136	2.975E-05	0	0.9903	0.9913
Modal	10	0.111	1.406E-06	0.0062	0	0.9903	0.9975
Modal	11	0.094	0.002	0.0001	0	0.9923	0.9976
Modal	12	0.082	1.084E-05	0.002	0	0.9923	0.9995
Modal	13	0.08	0.0049	3.627E-06	0	0.9972	0.9995
Modal	14	0.072	0.0006	4.047E-05	0	0.9977	0.9996
Modal	15	0.068	1.258E-06	0.0004	0	0.9978	1
Modal	16	0.06	0.0001	1.556E-05	0	0.9978	1

De los datos obtenidos en Etabs V.20, ordenamos en la siguiente tabla.

Tabla N° 25*Periodo y porcentaje de masa efectiva de la estructura*

Modo	Periodo	Masa Efectiva (%)			
		Dirección X		Dirección Y	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado
1	0.932	0.00040	0.04%	0.88170	88.17%
2	0.775	0.43220	43.26%	0.00400	88.57%
3	0.689	0.44800	88.06%	0.00120	88.69%
4	0.298	0.00004	88.06%	0.08410	97.10%
5	0.249	0.03990	92.05%	0.00050	97.15%
6	0.219	0.04910	96.96%	0.00010	97.16%
7	0.165	0.00001	96.96%	0.01950	99.11%
8	0.138	0.00710	97.67%	0.00010	99.12%
9	0.121	0.01360	99.03%	0.00003	99.12%
10	0.111	0.00000	99.03%	0.00620	99.74%
11	0.094	0.00200	99.23%	0.00010	99.75%
12	0.082	0.00001	99.24%	0.00200	99.95%
13	0.08	0.00490	99.73%	0.00000	99.95%
14	0.072	0.00060	99.79%	0.00004	99.96%
15	0.068	0.00000	99.79%	0.00040	100.00%
16	0.06	0.00010	99.80%	0.00002	100.00%
17	0.059	0.00180	99.98%	0.00000	100.00%
18	0.047	0.00040	100.0%	0.00000	100.00%

Para la dirección X y Y tenemos los siguientes resultados de masa participativa y periodo predominante.

Tabla N° 26*Periodo dominante y porcentaje de masa efectiva de la estructura en la dirección X*

Dirección X	
Masa participativa	43.26%
Modo predominante	2
T_x	T=0.775 seg

Tabla N° 27

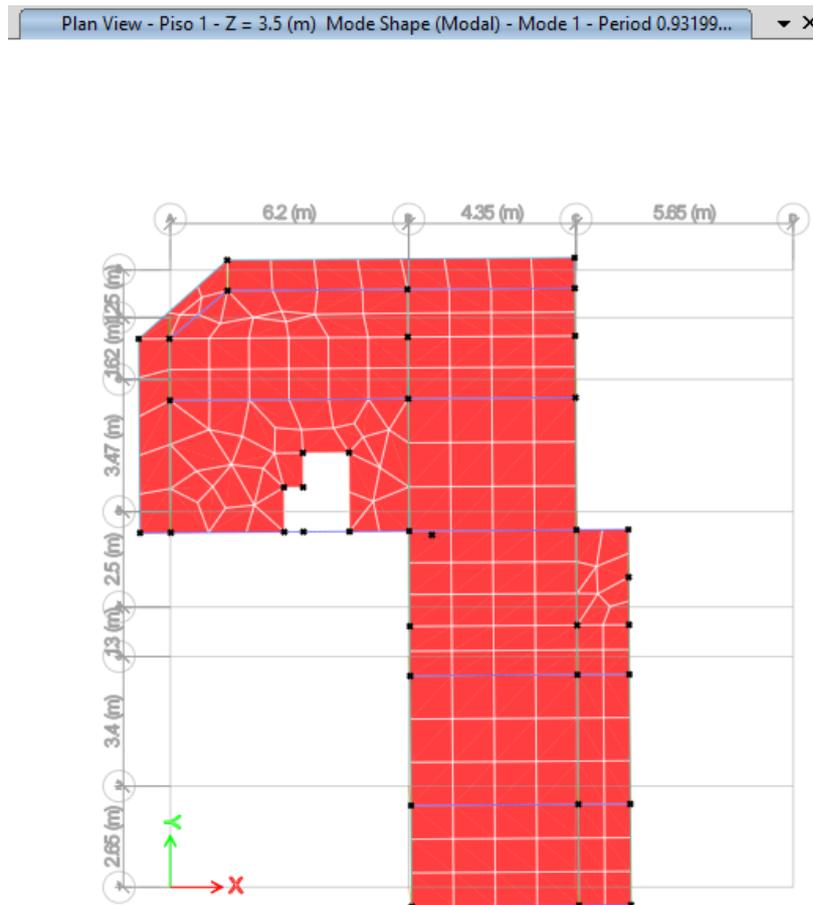
Periodo dominante y porcentaje de masa efectiva de la estructura en la dirección Y

Dirección Y	
Masa participativa	88.170%
Modo predominante	1
T_y	T=0.932 seg

La siguiente imagen muestra el primer modo de vibración fundamental de la estructura, correspondiente a la dirección X.

Figura N° 40

Vista en planta del periodo fundamental de vibración de la estructura



3.5.6.12. Cortante Estático (Dirección X e Y).

Calculamos el cortante estático. Para la dirección X y Y se obtuvo un valor de 60.88 Tn. La siguiente figura muestra la tabla por piso del resultado del cortante estático en ambas direcciones.

Figura N° 41

Resultado del cortante estático en dirección X y Y

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Shear X tonf	Drift X mm	Stiff X tonf/m	Shear Y tonf	Drift Y mm
Piso 6	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	11.8922	1.39972	8496.093	0	0.10643
Piso 5	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	27.6352	2.34724	11773.513	0	0.17483
Piso 4	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	40.406	3.20608	12602.943	0	0.21529
Piso 3	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	50.2043	3.84159	13068.622	0	0.23759
Piso 2	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	57.0301	4.3209	13198.662	0	0.246
Piso 1	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	60.8835	5.62333	10826.945	0	0.55738
Piso 6	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	0	0.06128	0	11.8922	1.98724
Piso 5	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	0	0.08663	0	27.6352	3.55953
Piso 4	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	0	0.10156	0	40.406	4.97616
Piso 3	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	0	0.10786	0	50.2043	6.04787
Piso 2	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	0	0.11928	0	57.0301	6.86575
Piso 1	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	0	0.28521	0	60.8835	9.00412

Las siguientes gráficas muestran la distribución del cortante por nivel tanto en la dirección X como Y bajo las sollicitaciones de sismo estático.

Figura N° 42

Cortante estático por nivel en dirección X

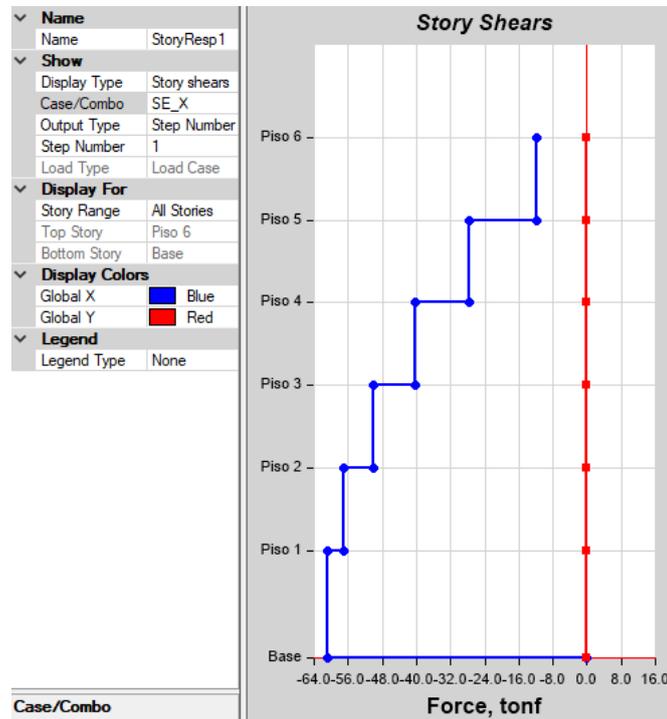
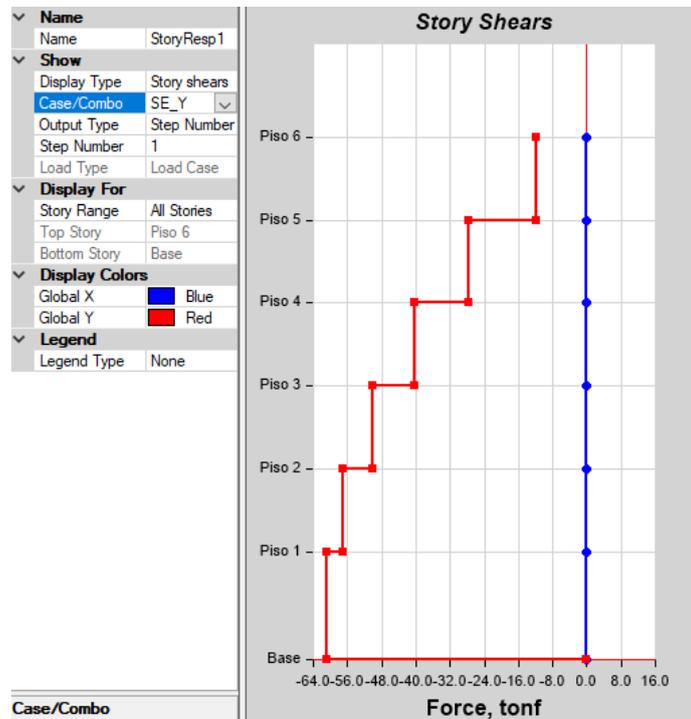


Figura N° 43

Cortante estático por nivel en dirección Y



3.5.6.13. Desplazamientos elásticos por niveles.

- ✓ Desplazamientos en el Centro de Masa (Dirección X e Y).

A continuación, se muestran los desplazamientos en el centro de masa tanto para la dirección X como Y que se obtiene del software Etabs V.20.

Figura N° 44

Desplazamientos en el Centro de Masa (Dirección X e Y)

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	UX mm	UY mm	RZ rad	Point
Piso 6	D6	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	20.21428	-0.07285	0.000376	3
Piso 6	D6	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	-0.07657	32.29185	-0.000142	3
Piso 5	D5	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	18.8406	-0.07895	0.000349	4
Piso 5	D5	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	-0.0761	30.3194	-0.000129	4
Piso 4	D4	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	16.54688	-0.0729	0.000307	5
Piso 4	D4	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	-0.07122	26.78005	-0.000112	5
Piso 3	D3	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	13.40564	-0.06446	0.000255	6
Piso 3	D3	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	-0.06234	21.82675	-9.3E-05	6
Piso 2	D2	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	9.63506	-0.05338	0.000199	25
Piso 2	D2	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	-0.05109	15.80271	-7.3E-05	25
Piso 1	D1	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	5.39089	-0.03713	0.000141	26
Piso 1	D1	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	-0.04414	8.96202	-5E-05	26

- ✓ Desplazamientos Máximos y Promedios (Dirección X e Y).

Figura N° 45

Desplazamientos Máximos y Promedios (Dirección X e Y)

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Maximum mm	Average mm	Ratio
Piso 6	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	23.87848	20.83298	1.146
Piso 5	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	22.24624	19.42231	1.145
Piso 4	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	19.54027	17.05818	1.146
Piso 3	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	15.8996	13.83164	1.15
Piso 2	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	11.58209	9.96764	1.162
Piso 1	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	6.7641	5.62333	1.203
Piso 6	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	33.24614	32.40407	1.026
Piso 5	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	31.18984	30.4218	1.025
Piso 4	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	27.5365	26.86903	1.025
Piso 3	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	22.45402	21.90054	1.025
Piso 2	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	16.29532	15.86066	1.027
Piso 1	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	9.30174	9.00412	1.033

En resumen, se tiene:

Tabla N° 28

Desplazamientos máximos, promedios y en el centro de masa para la dirección X y Y

Nivel	Altura (m)	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
		$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)
6	17.0	0.0239	0.0208	0.0202	0.0332	0.0324	0.0323
5	14.3	0.0222	0.0194	0.0188	0.0312	0.0304	0.0303
4	11.6	0.0195	0.0171	0.0165	0.0275	0.0269	0.0268
3	8.9	0.0159	0.0138	0.0134	0.0225	0.0219	0.0218
2	6.2	0.0116	0.0100	0.0096	0.0163	0.0159	0.0158
1	3.5	0.0068	0.0056	0.0054	0.0093	0.0090	0.0090

3.5.6.14. Factores de Irregularidad

Irregularidades que pueden afectar a la estructura.

- a) Irregularidad en altura (Ia).
- ✓ Irregularidad de Masa o Peso.

Se muestra el factor de irregularidad para este caso.

Tabla N° 29

Factor de irregularidad por masa o peso (E.030-2019).

<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
--	-------------

Del programa Etabs V.20 se obtiene la masa por diafragma rígido de cada nivel de la estructura.

Figura N° 46

Masa por diafragma rígido de la estructura

	Story	Diaphragm	Mass X tonf-s ² /m	Mass Y tonf-s ² /m	Mass Moment of Inertia tonf-m-s ²	X Mass Center m	Y Mass Center m
▶	Piso 6	D6	7.0001	7.0001	270.9517	6.7429	9.7395
	Piso 5	D5	11.01656	11.01656	412.5763	6.7433	9.7625
	Piso 4	D4	11.01674	11.01674	412.5876	6.7432	9.7626
	Piso 3	D3	11.01674	11.01674	412.5876	6.7432	9.7626
	Piso 2	D2	11.01674	11.01674	412.5876	6.7432	9.7626
	Piso 1	D1	11.01697	11.01697	417.6254	6.7917	9.7444

De los datos obtenidos verificamos la irregularidad como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 30

Verificación de irregularidad por masa o peso

Irregularidad de Masa o Peso						
Nivel	Diafragma	Masa (Tnf-s ² /m)	Caso I	Caso II	Verificación de Irregularidad	
					Caso I	Caso II
6	D ₆	7.0001	-	-	-	-
5	D ₅	11.01656	1.574	1.000	-	No hay irregularidad
4	D ₄	11.01674	1.000	1.000	No hay irregularidad	No hay irregularidad
3	D ₃	11.01674	1.000	1.000	No hay irregularidad	No hay irregularidad
2	D ₂	11.01674	1.000	1.000	No hay irregularidad	No hay irregularidad
1	D ₁	11.01697	1.000	-	No hay irregularidad	-

b) Irregularidad en planta (Ip).

✓ **Irregularidad Torsional.**

Se muestra el factor de irregularidad para este caso.

Tabla N° 31

Factor de irregularidad torsional (E.030-2019).

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_t
<p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75

Primeramente, hacemos el cálculo de Drifts.

Figura N° 47

Drifts por nivel de la estructura

The screenshot shows a software window titled "Story Drifts" with a menu bar (File, Edit, Format-Filter-Sort, Select, Options) and a filter: "[([Output Case] = 'SE_X' OR [Output Case] = 'SE_Y') AND ([Step Number] = 1)". The table below contains the data shown in the window.

	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Drift	Label	X m	Y m
▶	Piso 6	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	0.000605	31	11.9	0
	Piso 6	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	0.000765	24	-0.8	14.94
	Piso 5	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	0.001002	31	11.9	0
	Piso 5	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	0.001358	24	-0.8	14.94
	Piso 4	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	0.001348	31	11.9	0
	Piso 4	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	0.001888	24	-0.8	14.94
	Piso 3	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	0.001599	31	11.9	0
	Piso 3	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	0.002287	24	-0.8	14.94
	Piso 2	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	0.001784	31	11.9	0
	Piso 2	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	0.002597	24	-0.8	14.94
	Piso 1	SE_X	LinStatic	Step By Step	1	X	0.001933	3	10.55	0
	Piso 1	SE_Y	LinStatic	Step By Step	1	Y	0.002658	18	0	14.94

Record: << < 1 > >> of 12 Add Tables... Done

En resumen, se tiene.

Tabla N° 32

Drifts elásticos e inelásticos en la dirección X

Verificación de Deriva en Dirección X-X			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.000605	0.00363
5	14.3	0.001002	0.00601
4	11.6	0.001348	0.00809
3	8.9	0.001599	0.00959
2	6.2	0.001784	0.01070
1	3.5	0.001933	0.01160

Tabla N° 33

Drifts elásticos e inelásticos en la dirección Y

Verificación de Deriva en Dirección Y-Y			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.000765	0.00459
5	14.3	0.001358	0.00815
4	11.6	0.001888	0.01133
3	8.9	0.002287	0.01372
2	6.2	0.002597	0.01558
1	3.5	0.002658	0.01595

❖ Analizando para la Dirección X.

Se tiene el siguiente caso.

Tabla N° 34

Caso I para irregularidad torsional

Caso I
$\text{Si: } \frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{h_i} > 0.50 \left(\frac{\Delta}{h} \right)_{\text{permissible}} \rightarrow \text{Aplica Criterio}$

Tabla N° 35

Verificación de irregularidad torsional Caso I

Irregularidad Torsional			
Nivel	Distorsión de entepiso	Caso I	Verificación de Criterio
6	0.00363	0.519	Aplica Criterio
5	0.00601	0.859	Aplica Criterio
4	0.00809	1.155	Aplica Criterio
3	0.00959	1.371	Aplica Criterio
2	0.01070	1.529	Aplica Criterio
1	0.01160	1.657	Aplica Criterio

Como se cumple el criterio, verificamos el Caso II.

Tabla N° 36

Caso II para irregularidad torsional

Caso II
$Si: \frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{h_i} > 1.30 \frac{\Delta_{prom}}{h_i} \rightarrow Hay\ irregularidad$

Tabla N° 37

Verificación de irregularidad torsional Caso II

Irregularidad Torsional						
Nivel	Desplazamientos Absolutos		Desplazamientos Relativos		Caso II	Verificación de Criterio
	$\Delta_{m\acute{a}x}$ (m)	Δ_{prom} (m)	$\Delta_{m\acute{a}x}$ (m)	Δ_{prom} (m)		
6	0.0239	0.0208	0.00163	0.00141	1.157	No hay irregularidad
5	0.0222	0.0194	0.00271	0.00236	1.145	No hay irregularidad
4	0.0195	0.0171	0.00364	0.00323	1.128	No hay irregularidad
3	0.0159	0.0138	0.00432	0.00386	1.117	No hay irregularidad
2	0.0116	0.0100	0.00482	0.00434	1.109	No hay irregularidad
1	0.0068	0.0056	0.00676	0.00562	1.203	No hay irregularidad

❖ Analizando Para la Dirección Y.

Se tiene el siguiente caso.

Tabla N° 38

Caso I para irregularidad torsional

Caso I
$\text{Si: } \frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{h_i} > 0.50 \left(\frac{\Delta}{h} \right)_{\text{permisible}} \rightarrow \text{Aplica Criterio}$

Tabla N° 39

Verificación de irregularidad torsional Caso I

Irregularidad Torsional			
Nivel	Distorsión de entrepiso	Caso I	Verificación de Criterio
6	0.00459	0.656	Aplica Criterio
5	0.00815	1.164	Aplica Criterio
4	0.01133	1.618	Aplica Criterio
3	0.01372	1.960	Aplica Criterio
2	0.01558	2.226	Aplica Criterio
1	0.01595	2.278	Aplica Criterio

Como se cumple el criterio, verificamos el Caso II.

Tabla N° 40

Caso II para irregularidad torsional

Caso II
$\text{Si: } \frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{h_i} > 1.30 \frac{\Delta_{prom}}{h_i} \rightarrow \text{Hay irregularidad}$

Tabla N° 41

Verificación de irregularidad torsional Caso II

Irregularidad Torsional						
Nivel	Desplazamientos Absolutos		Desplazamientos Relativos		Caso II	Verificación de Criterio
	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)		
6	0.033246	0.032404	0.002056	0.001982	1.037	No hay irregularidad
5	0.031190	0.030422	0.003653	0.003553	1.028	No hay irregularidad
4	0.027537	0.026869	0.005082	0.004968	1.023	No hay irregularidad
3	0.022454	0.021901	0.006159	0.006040	1.020	No hay irregularidad
2	0.016295	0.015861	0.006994	0.006857	1.020	No hay irregularidad
1	0.009302	0.009004	0.009302	0.009004	1.033	No hay irregularidad

✓ **Irregularidad por esquinas entrantes.**

Se muestra el factor de irregularidad para este caso.

Tabla N° 42

Factor de irregularidad por esquinas entrantes (E.030-2019).

<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
--	-------------

❖ Para la Dirección X.

Verificamos la irregularidad para la dirección X.

Tabla N° 43

Verificación de irregularidad por esquinas entrantes en la dirección X

Irregularidad de Esquinas Entrantes					
Nivel	Longitud Lx (m)	Longitud de Esquina Horizontal (m)		Caso I	Verificación de Irregularidad
		Esquina 01	Esquina 02		
6	16.20	6.20	5.65	0.383	Hay irregularidad
5	16.20	6.20	5.65	0.383	Hay irregularidad
4	16.20	6.20	5.65	0.383	Hay irregularidad
3	16.20	6.20	5.65	0.383	Hay irregularidad
2	16.20	6.20	5.65	0.383	Hay irregularidad
1	16.20	6.20	5.65	0.383	Hay irregularidad

❖ Para la Dirección Y.

Verificamos la irregularidad para la dirección X.

Tabla N° 44

Verificación de irregularidad por esquinas entrantes en la dirección Y

Irregularidad de Esquinas Entrantes						
Nivel	Longitud Ly (m)	Longitud de Esquina Vertical (m)			Caso I	Verificación de Irregularidad
		Esquina 01	Esquina 02	Esquina 03		
6	16.20	9.70	6.95	6.35	0.60	Hay irregularidad
5	16.20	9.70	6.95	6.35	0.60	Hay irregularidad
4	16.20	9.70	6.95	6.35	0.60	Hay irregularidad
3	16.20	9.70	6.95	6.35	0.60	Hay irregularidad
2	16.20	9.70	6.95	6.35	0.60	Hay irregularidad
1	16.20	9.70	6.95	6.35	0.60	Hay irregularidad

Se tendrá tanto en dirección X como Y una $I_p=0.90$ por esquinas entrantes.

3.5.6.15. Análisis Dinámico

Para el análisis dinámico, definimos el espectro de diseño.

a) Espectro de Diseño (X, Y).

Tabla N° 45

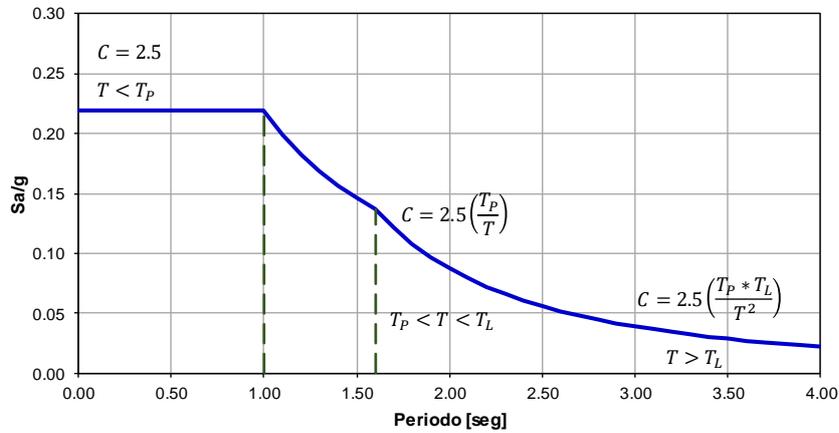
Parámetros sísmicos para la definición del espectro de diseño

	Parámetros Sísmicos			
	Parámetro		Designación	
	Factor de zona (Z)		Bambamarca	
			Z3 0.35	
	Factor de Uso (U)	Edificación	INSTITUTOS	
		Categoría	A	U 1.5
	Factor de Suelo (S)		S3	1.20
	Coefficiente básico de reducción	Sistema estructural	Pórticos de C° A°	
			R₀	8
	Factor de reducción asumida		R	7.2
	Periodo de plataforma de respuesta		T_P	1.00
			T_L	1.60
	Factor de amplificación sísmica (C)		$T < T_P, C=2.5$	
			$T_P < T < T_L, C=2.5(T_P/T_L)$	
			$T > T_L, C=2.5(T_P * T_L / T^2)$	
$C/R \geq 0.11$				
$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} g$		0.21875		

Definimos el espectro de diseño.

Figura N° 48

Espectro de diseño

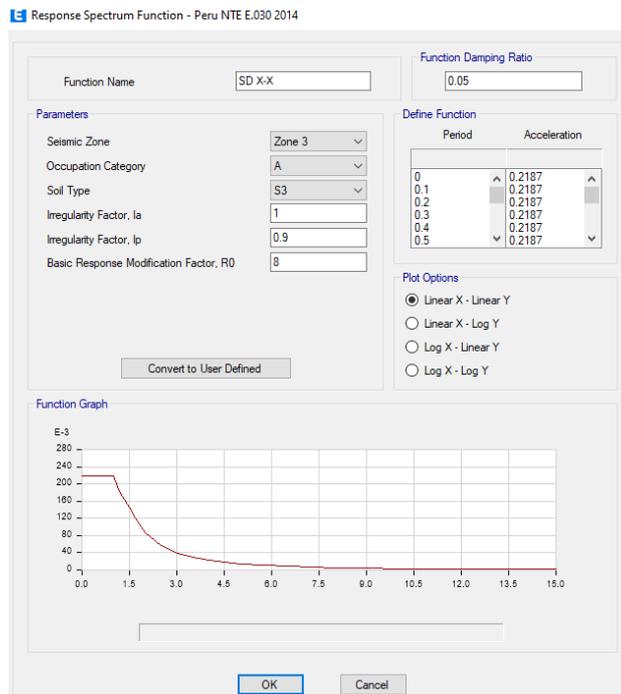


b) Incorporación del espectro de diseño.

Incorporando el Espectro de Diseño (Dirección X). La siguiente figura muestra los parámetros colocados al momento de incorporar el espectro de diseño en la dirección X en el software Etabs V.20.

Figura N° 49

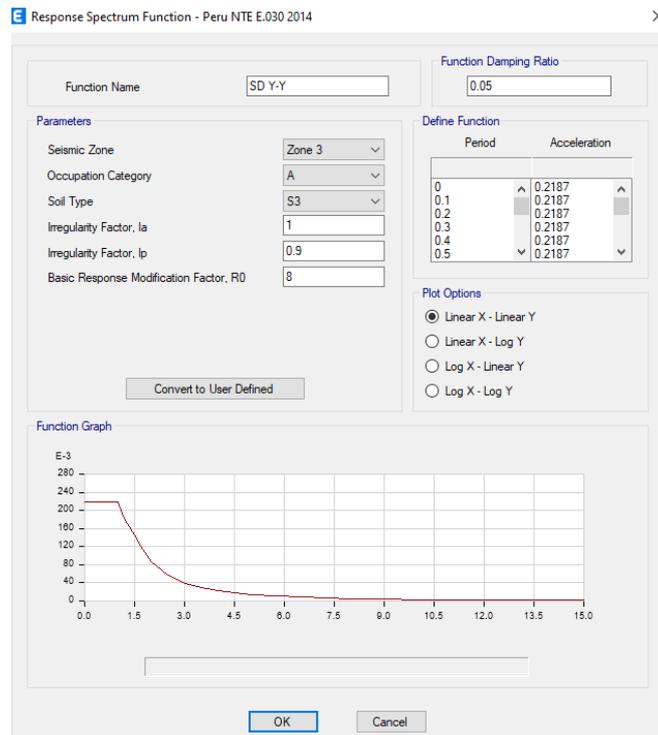
Incorporación del espectro de diseño dirección X



Incorporando el Espectro de Diseño (Dirección Y). La siguiente figura muestra los parámetros colocados al momento de incorporar el espectro de diseño en la dirección Y en el software Etabs V.20.

Figura N° 50

Incorporación del espectro de diseño dirección Y



Posteriormente, definimos caso de carga para el espectro de diseño incorporado (para cada dirección de análisis X, Y).

Para la componente vertical sísmica, se lo hará como detalla la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019), como se muestra a continuación.

29.2.2. Para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales, considerando los valores de C, definidos en el artículo 14, excepto para la zona de periodos muy cortos ($T < 0.2T_p$) en la que se considera:

$$T < 0.2 T_p \quad C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p} \right)$$

Las siguientes figuras muestran la incorporación de la componente vertical del espectro de diseño según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019) colocados en el software Etabs V.20.

Figura N° 51

Definimos el caso de carga del espectro de diseño en dirección X

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following settings:

- General:**
 - Load Case Name: SD_X
 - Load Case Type: Response Spectrum
 - Mass Source: Previous (Estructura)
 - Analysis Model: Default
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SD X-X	9.8067
Acceleration	U3	SD X-X	6.5378
- 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

Figura N° 52

Definimos el caso de carga del espectro de diseño en dirección Y

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following settings:

- General:**
 - Load Case Name: SD_Y
 - Load Case Type: Response Spectrum
 - Mass Source: Previous (Estructura)
 - Analysis Model: Default
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	SD Y-Y	9.8067
Acceleration	U3	SD Y-Y	6.5378
- 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

3.5.6.16. Verificación del Cortante Dinámico

De acuerdo con la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019), en el artículo 29.4. Fuerza Cortante Mínima, especifica que, para una estructura regular, $V_{DIN} \geq 0.80 V_{EST}$ y para una estructura irregular, $V_{DIN} \geq 0.90 V_{EST}$ (analizados en la base).

$$V_{DINÁMICO} \geq \begin{cases} 0.80 V_{ESTÁTICO} & \dots \dots \text{Estructura Regular} \\ 0.90 V_{ESTÁTICO} & \dots \dots \text{Estructura Irregular} \end{cases}$$

29.4. Fuerza Cortante Mínima

29.4.1. Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado según el artículo 25 para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

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

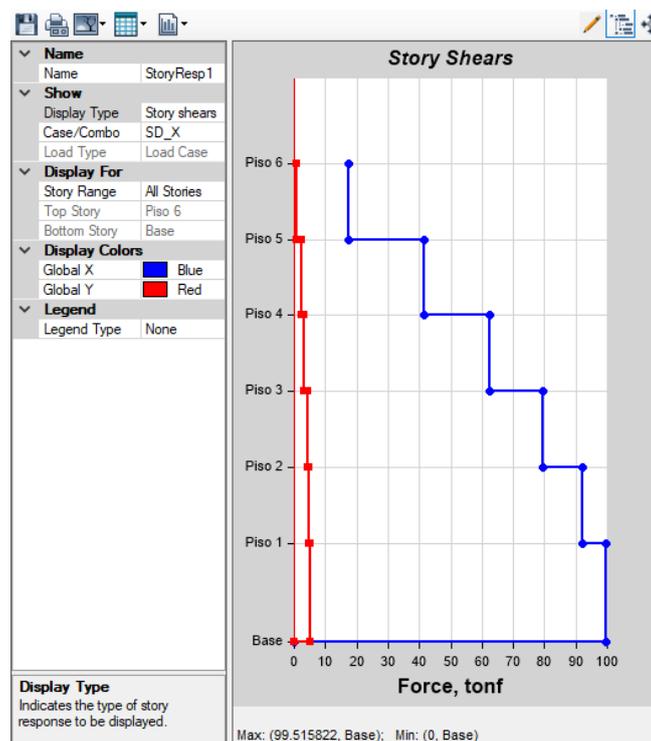
a) Dirección X.

$$V_{estX} = 60.88 \text{ Tn}$$

$$V_{dinX} = 99.52 \text{ Tn}$$

Figura N° 53

Cortante por nivel para el sismo dinámico en dirección X



Para una estructura irregular:

$$0.90 * V_{estX} = 54.79 Tn$$

$$\rightarrow V_{dinX} \geq 0.90 * V_{estX}$$

$$99.52 Tn \geq 54.79 Tn$$

No se escala el Cortante Dinámico.

b) Dirección Y.

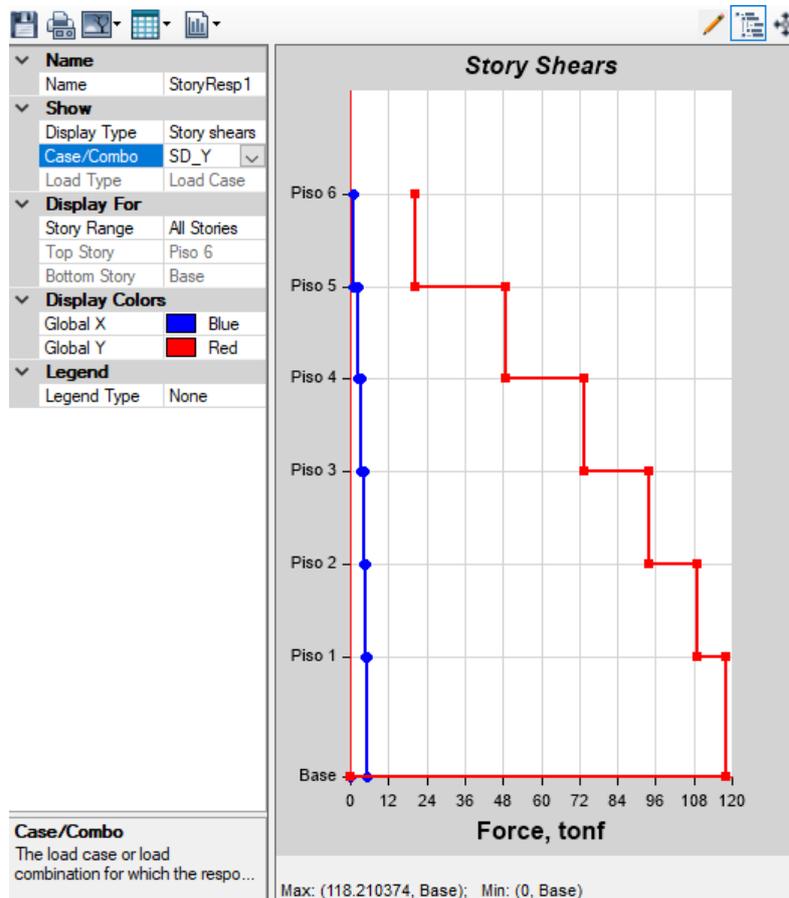
$$V_{estY} = 60.88 Tn$$

$$V_{dinY} = 118.21 Tn$$

La siguiente figura muestra el resultado del cortante dinámico en la dirección Y, bajo las solicitaciones de análisis que se está realizando, descrito en párrafos anteriores.

Figura N° 54

Cortante por nivel para el sismo dinámico en dirección Y



Para una estructura irregular:

$$0.90 * V_{estY} = 54.79 Tn$$

$$\rightarrow V_{dinY} \geq 0.90 * V_{estY}$$

$$118.21 Tn \geq 54.79 Tn$$

Debido que en ambas direcciones (X como Y), el cortante dinámico es mayor al 90% del cortante estático como describe la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019), no es necesario escalar dicho cortante, por lo que no va a existir un factor de amplificación del cortante dinámico.

3.5.6.17. Requisitos Generales de Resistencia

Las solicitaciones de combinaciones de carga de los elementos de concreto armado para cumplir los requisitos de generales de resistencia E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019) son:

- U1: CM + CV
- U2: 1.40 CM + 1.7 CV
- U3: 1.25 (CM + CV) ± CS
- U4: 0.9 CM ± CS
- U5: Envolvente.

Donde:

CM: Carga muerta.

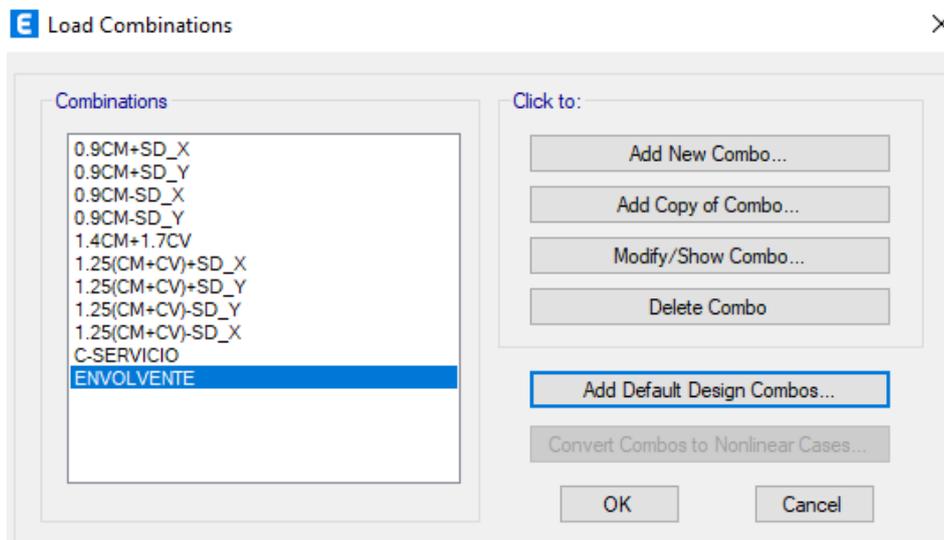
CV: Carga viva.

CS: Carga sísmica

La siguiente figura muestra la incorporación de las combinaciones de carga realizadas en el software Etabs V.20.

Figura N° 55

Combinaciones de carga



3.6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL PROGRAMA ETABS V.20

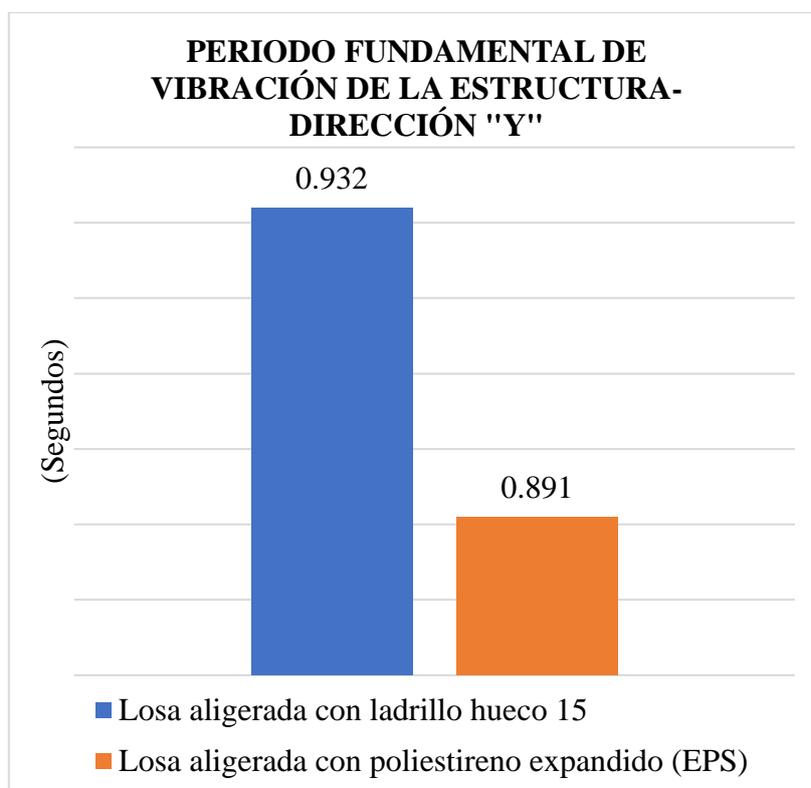
La presentación de datos obtenidos del programa ETABS V.20 se presentarán mediante gráficos comparativos de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS).

3.6.1. PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La figura N° 56 nos muestra la comparación del periodo fundamental de vibración en la dirección Y de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados del periodo fundamental de vibración de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y losa aligerada con poliestireno expandido del programa ETABS V.20 se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

Figura N° 56

Periodo fundamental de vibración de la estructura: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



3.6.2. PORCENTAJE DE MASA EFECTIVA

La figura N° 57 y N° 58 nos muestra la comparación del porcentaje de masa efectiva en dirección X y Y respectivamente de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del porcentaje de masa efectiva de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS) del programa ETABS V.20 se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

Figura N° 57

Porcentaje de masa efectiva dirección "x": entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)

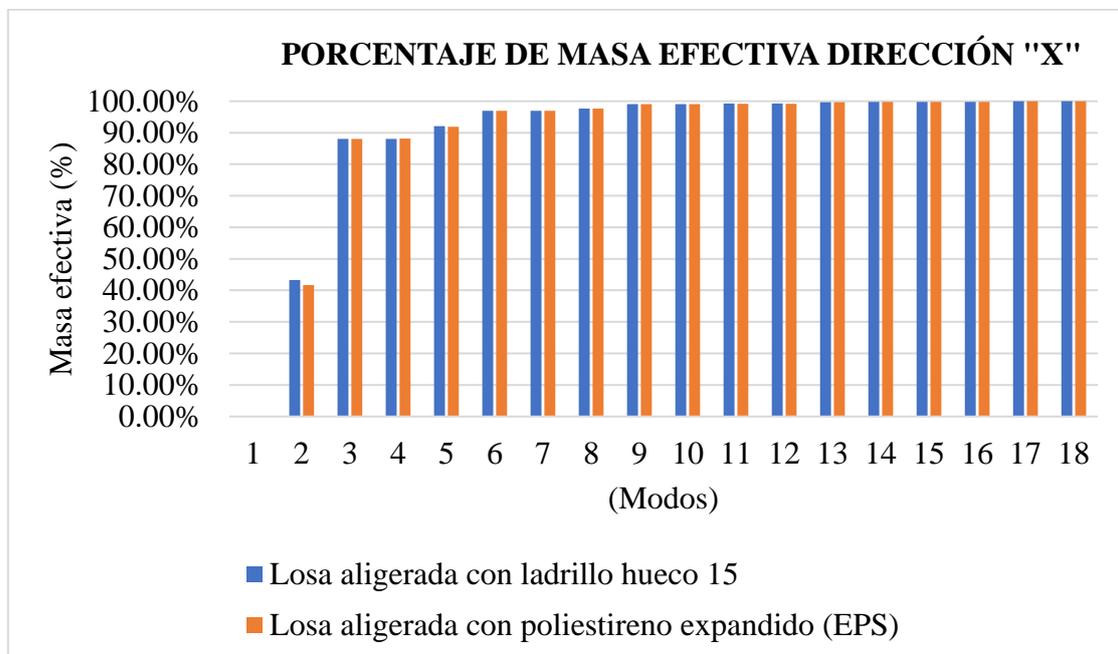
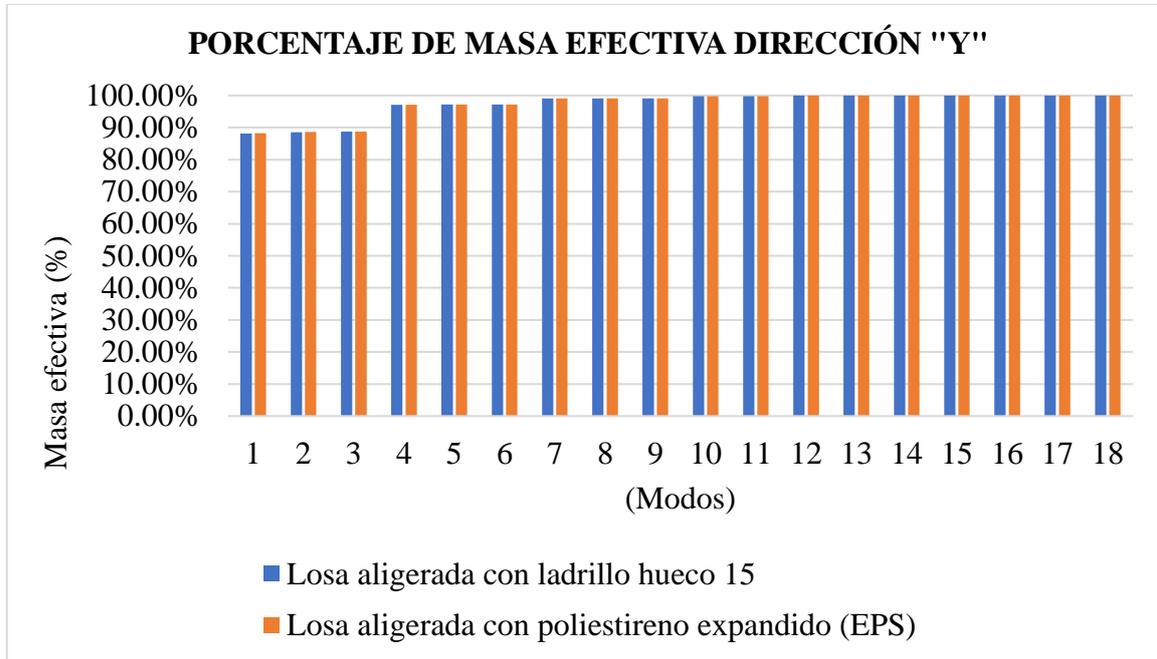


Figura N° 58

Porcentaje de masa efectiva dirección "y": entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



3.6.3. MASA DE CADA DIAFRAGMA RÍGIDO POR NIVEL

La figura N° 59 nos muestra la comparación de la masa de diafragma rígido de la estructura por niveles y la figura N° 60 nos muestra la comparación de la masa de diafragma rígido de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos de la masa de diafragma rígido de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS) del programa ETABS V.20 se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

Figura N° 59

Masa de diafragma rígido por niveles: entreciso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entreciso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)

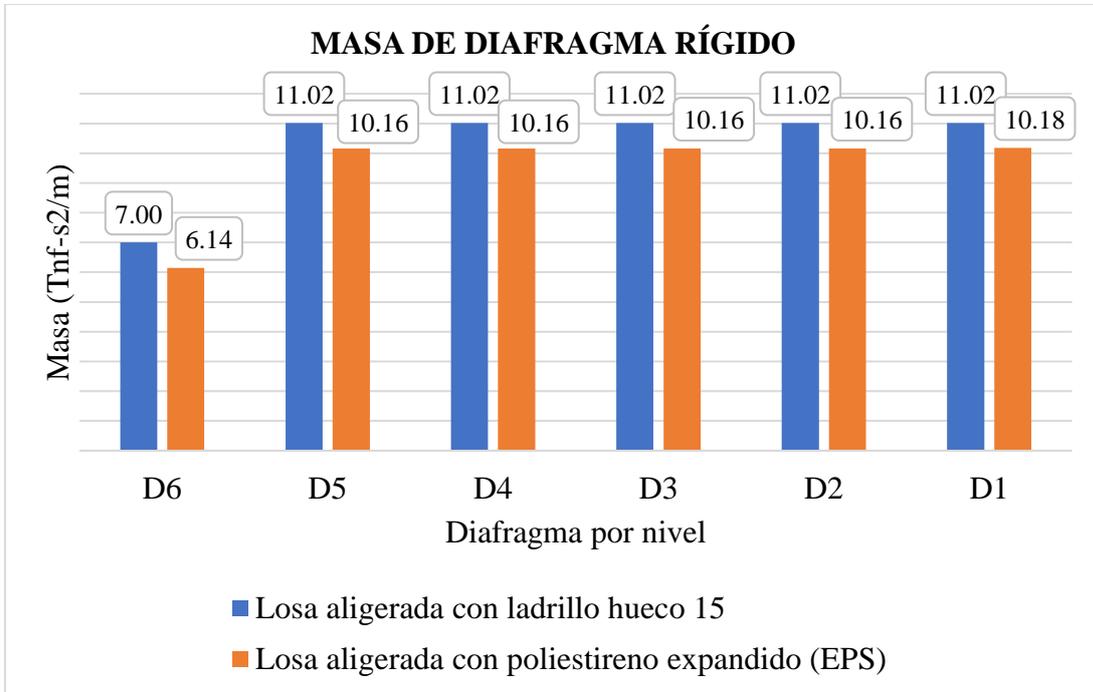
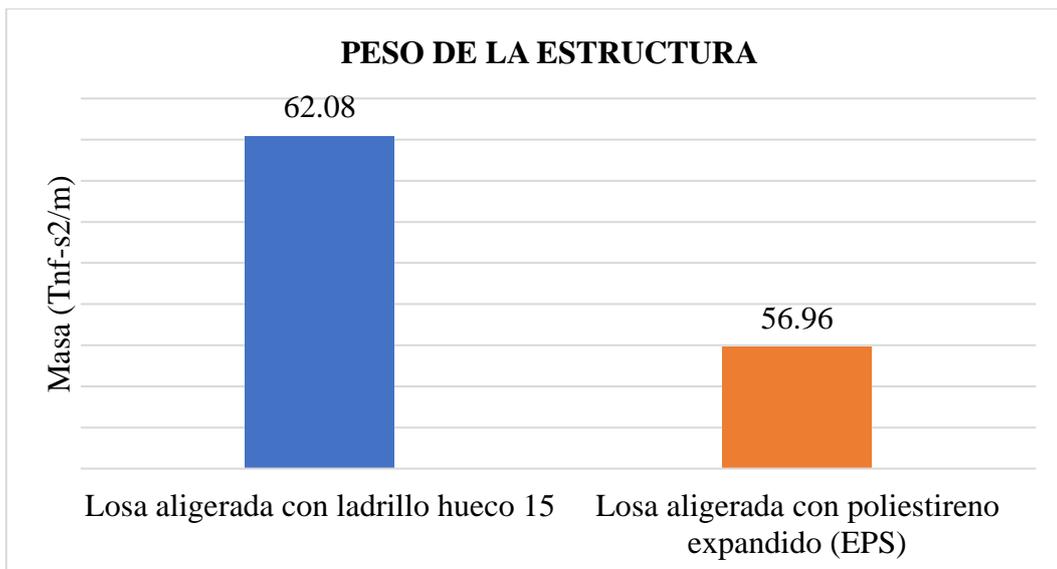


Figura N° 60

Masa de diafragma rígido de la estructura: entreciso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entreciso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)

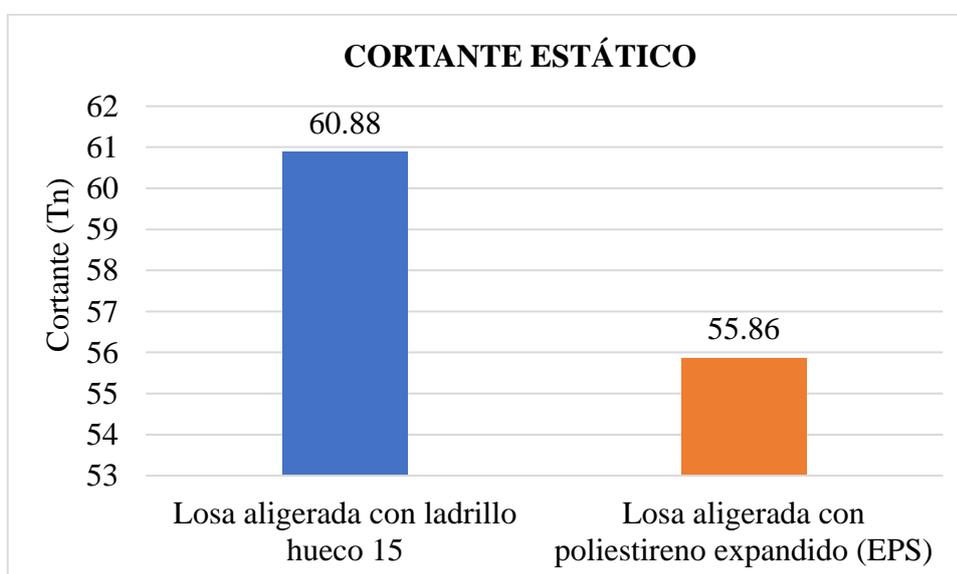


3.6.4. CORTANTE ESTÁTICO

La figura N° 61 nos muestra la comparación del cortante estático en ambas direcciones X y Y de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del cortante estático de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS) del programa ETABS V.20 se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

Figura N° 61

Cortante estático de la estructura en ambas direcciones X y Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)

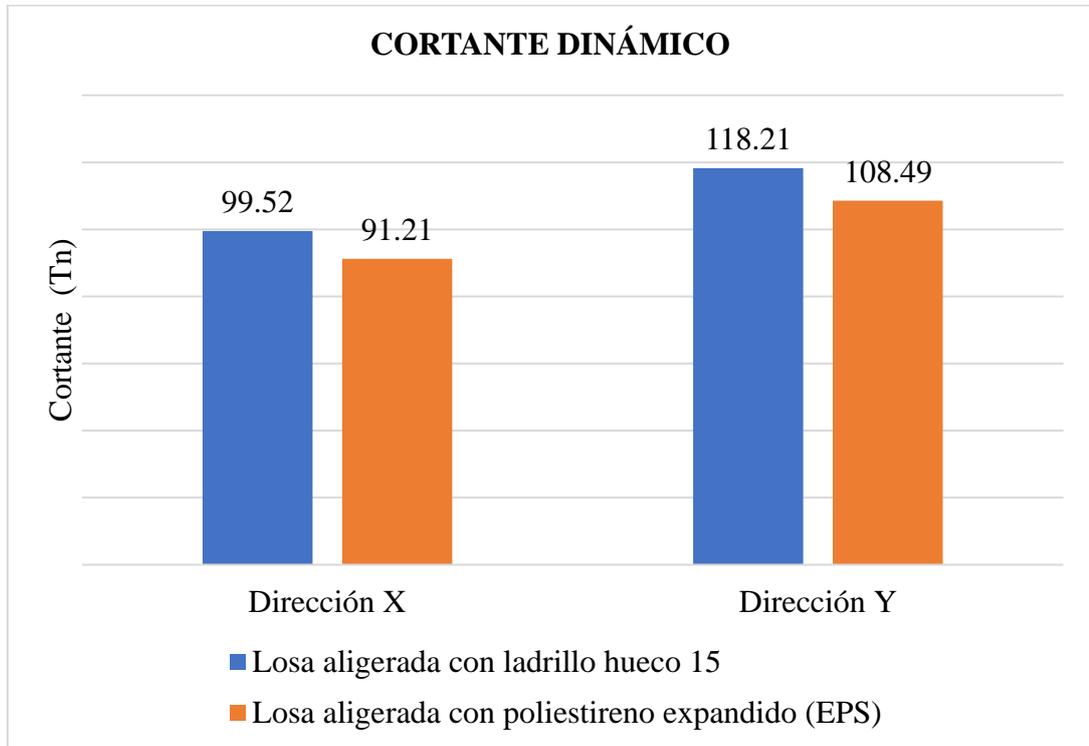


3.6.5. CORTANTE DINÁMICO

La figura N° 62 nos muestra la comparación del cortante dinámico en ambas direcciones X y Y de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del cortante dinámico de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS) del programa ETABS V.20 se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

Figura N° 62

Cortante dinámica de la estructura en ambas direcciones X y Y: entreciso de losa aligerada con ladrillo con ladrillo vs entreciso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



3.6.6. DESPLAZAMIENTOS-SISMO ESTÁTICO

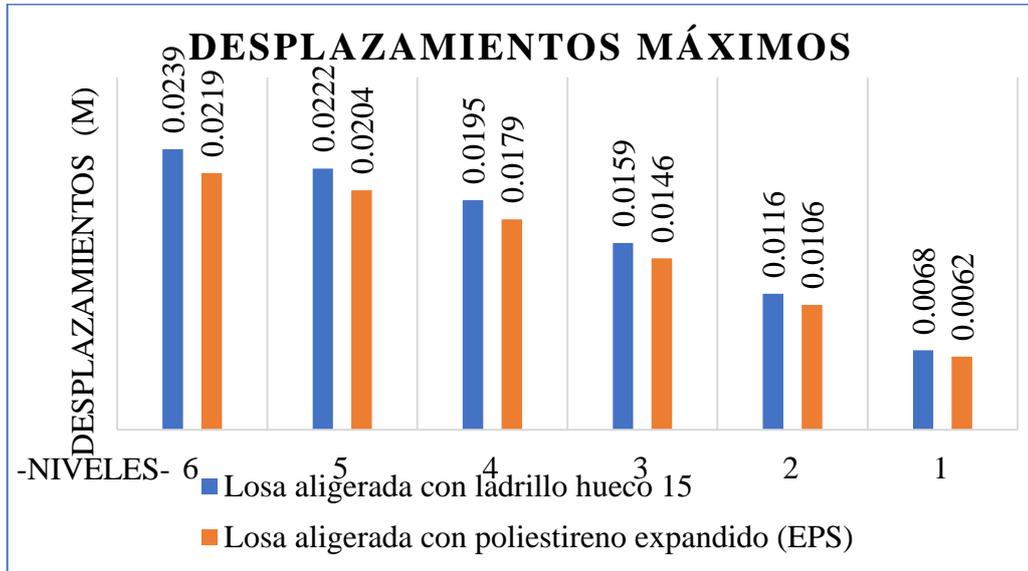
a.6.6.1.Sismo estático: desplazamientos máximos

La figura N° 63 y N° 64 nos muestran la comparación de desplazamientos máximos del sismo estático por niveles de la estructura en la dirección X y Y respectivamente con entreciso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos desplazamientos máximos se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

Dirección “X”

Figura N° 63

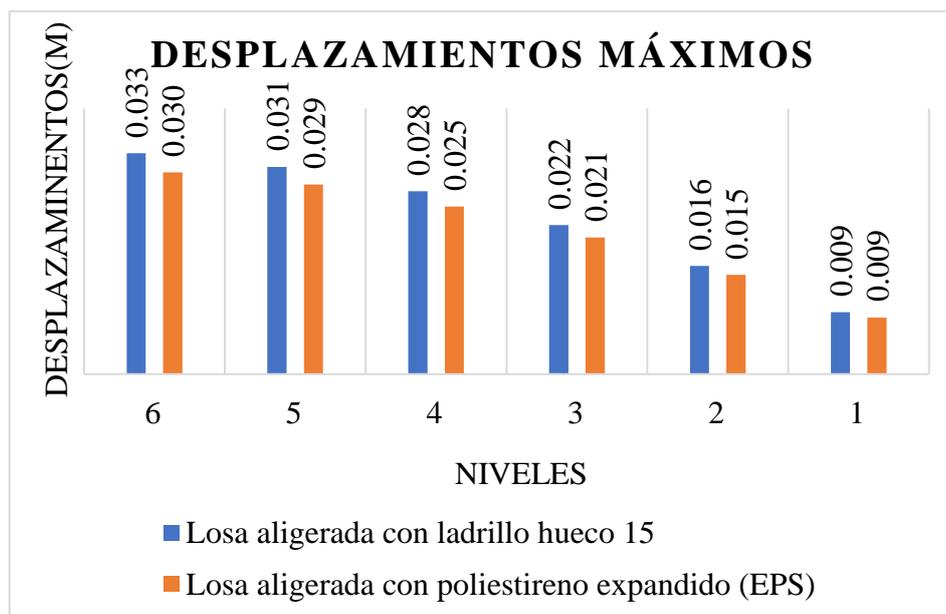
Desplazamientos máximos de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



a) Dirección “Y”

Figura N° 64

Desplazamientos máximos de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



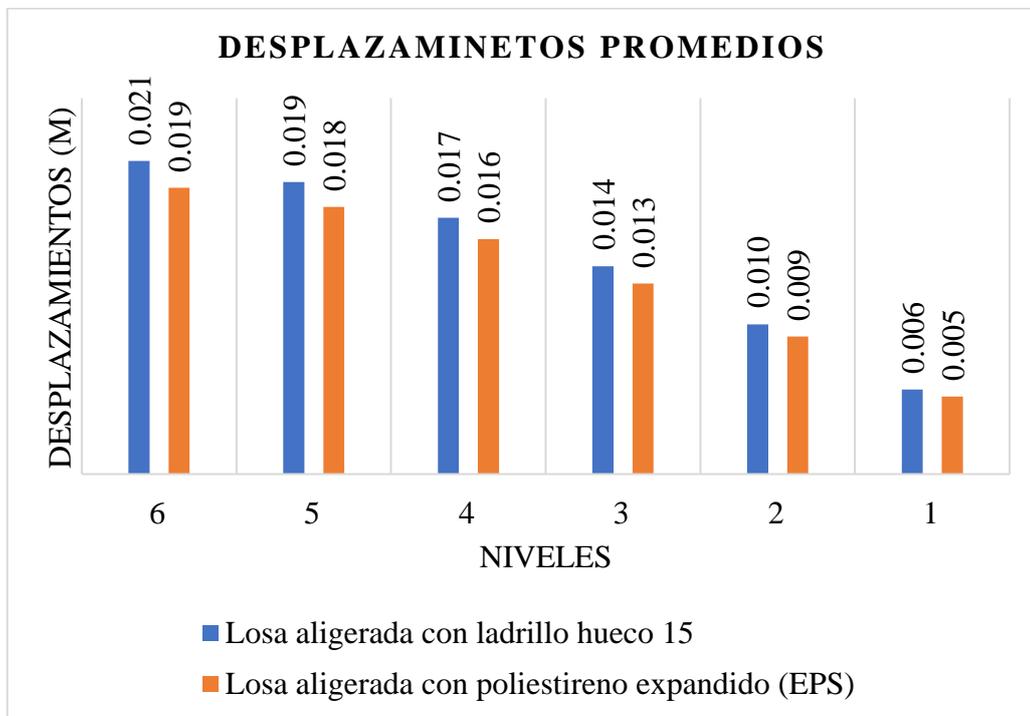
a.6.6.2.Sismo estático: desplazamientos promedios

La figura N° 65 y N° 66 nos muestran la comparación de desplazamientos promedios del sismo estático por niveles de la estructura en la dirección X y Y respectivamente con entepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliéstireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos desplazamientos promedios se muestran en el anexo N° 01 y anexo N° 02 respectivamente.

a) Dirección "X"

Figura N° 65

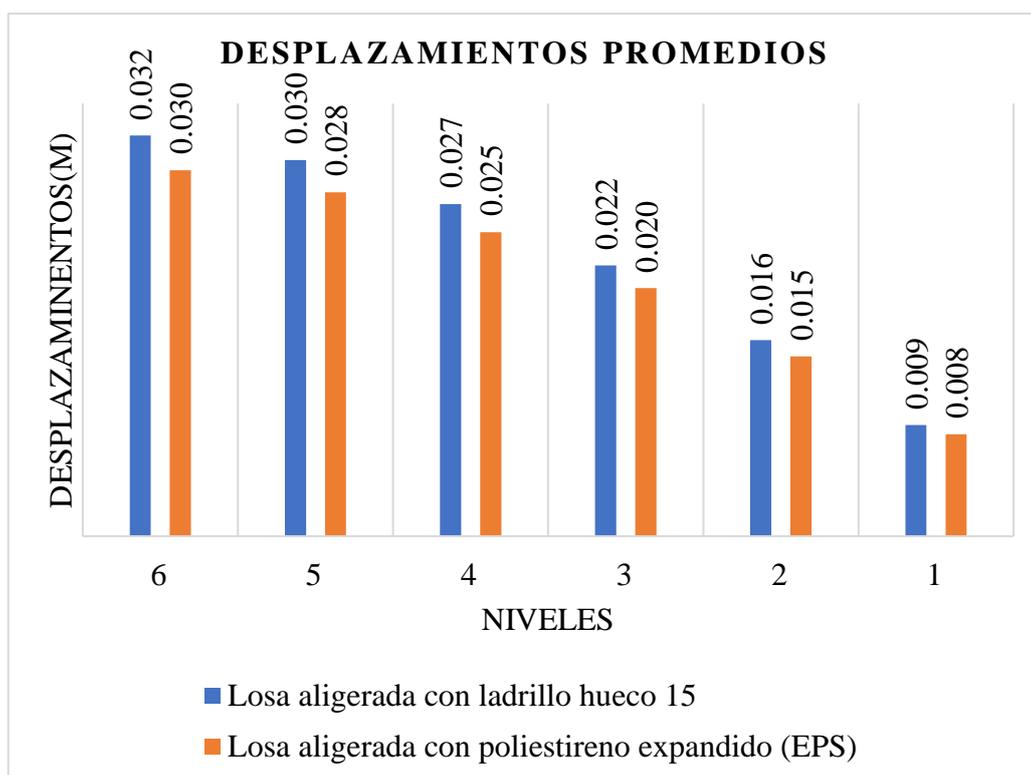
Desplazamientos promedios de la estructura en dirección X: entepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entepiso de losa aligerada con Poliéstireno expandido (EPS)



b) Dirección "Y"

Figura N° 66

Desplazamientos promedios de la estructura en dirección Y: entreciso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entreciso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



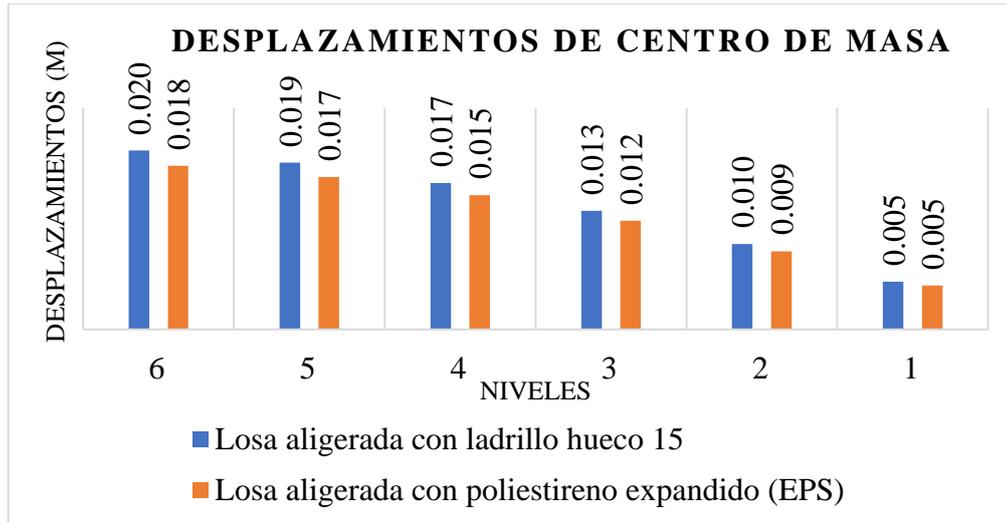
a.6.6.3.Sismo estático: desplazamientos en centro de masa

La figura N° 67 y N° 68 nos muestran la comparación de desplazamientos en centro de masa del sismo estático por niveles de la estructura en la dirección X y Y respectivamente con entreciso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos desplazamientos en centro de masa se muestran en el anexo N° 01 y anexo N° 02 respectivamente.

Dirección "X"

Figura N° 67

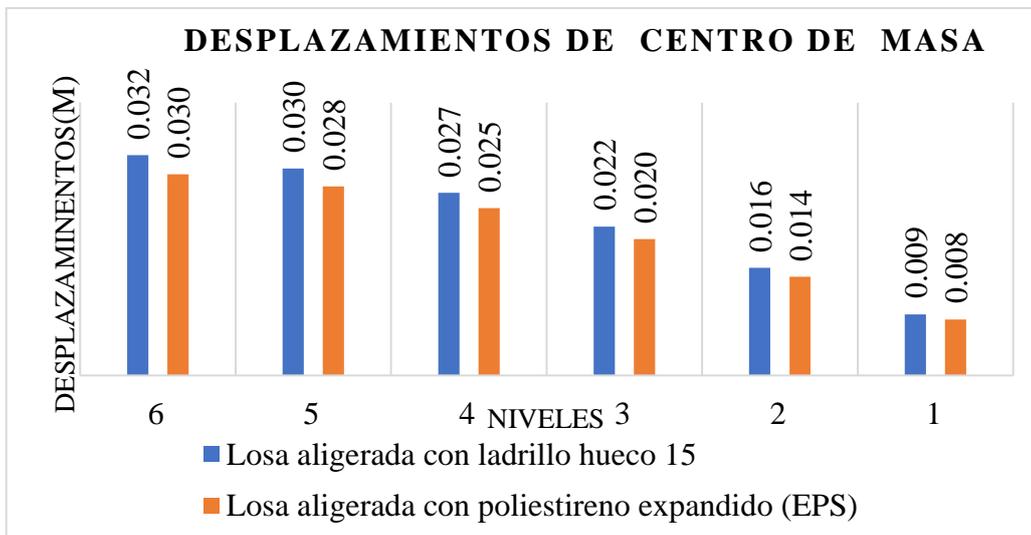
Desplazamientos en centro de masa de la estructura en dirección X: entrecapado de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrecapado de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



a) Dirección "Y"

Figura N° 68

Desplazamientos en centro de masa de la estructura en dirección Y: entrecapado de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrecapado de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



3.6.7. DESPLAZAMIENTOS-SISMO DINÁMICO

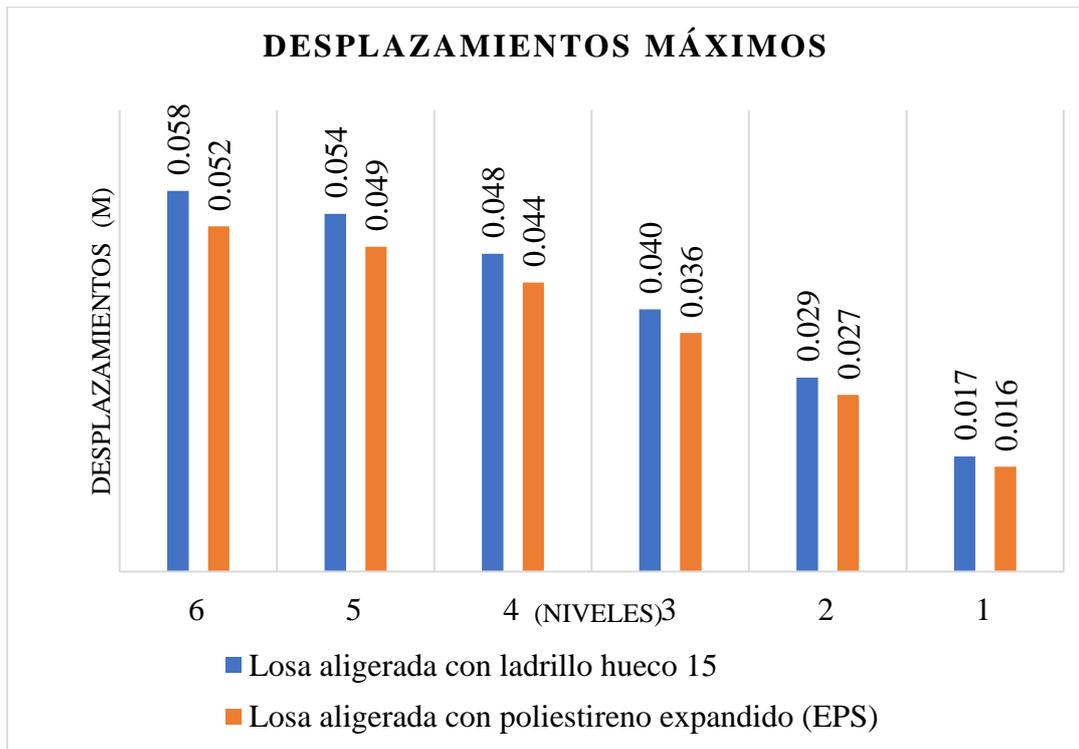
3.6.7.1.Sismo dinámico desplazamientos máximos

La figura N° 69 y N° 70 nos muestran la comparación de desplazamientos máximos del sismo dinámico por niveles de la estructura en la dirección X y Y respectivamente con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos desplazamientos máximos se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

a) Dirección “X”

Figura N° 69

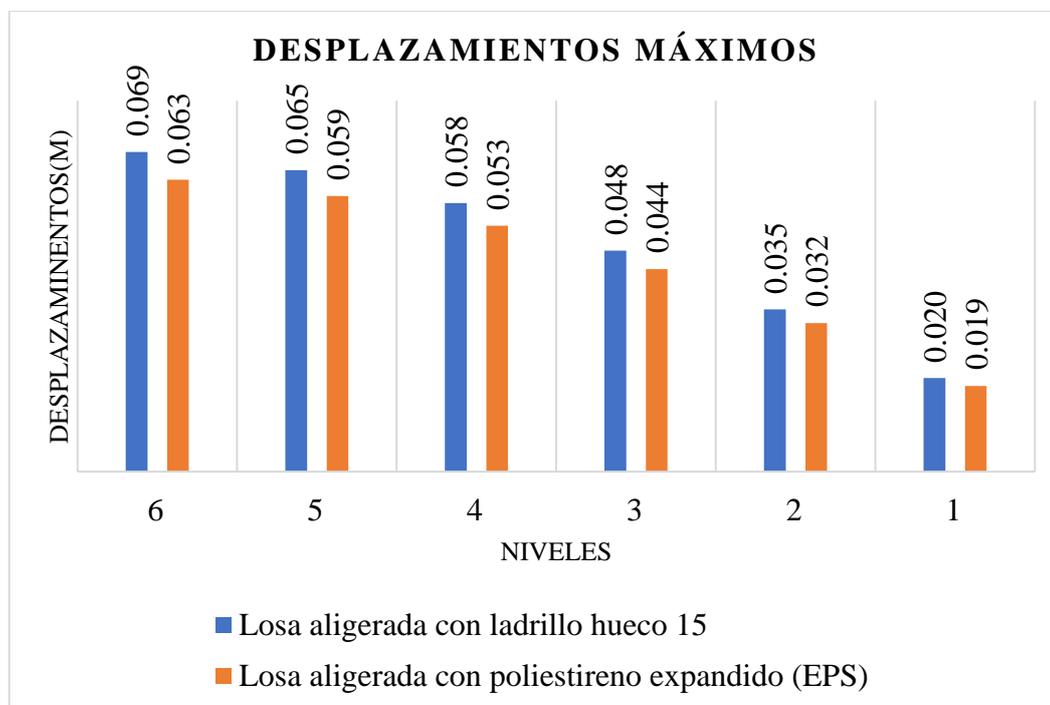
Desplazamientos máximos de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



b) Dirección "Y"

Figura N° 70

Desplazamientos máximos de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



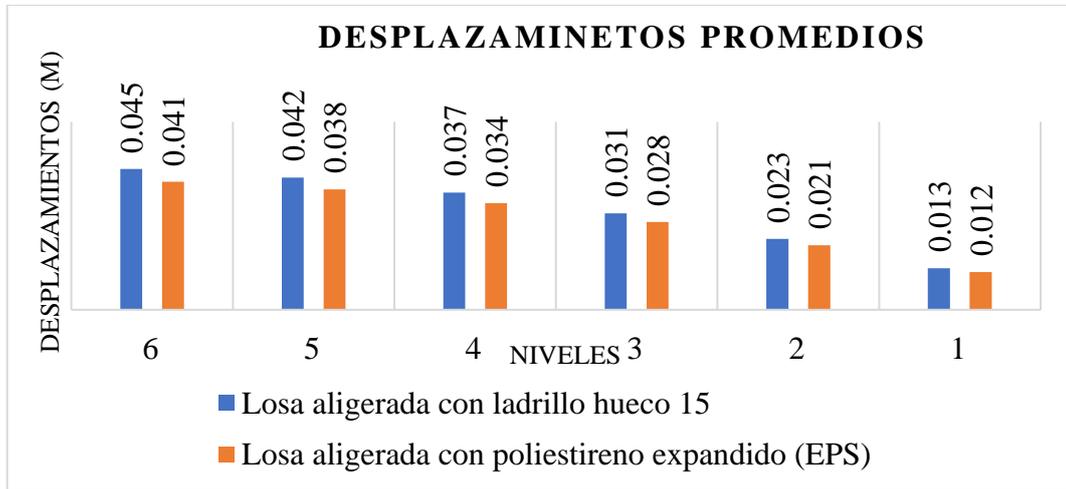
3.6.7.2.Sismo dinámico desplazamientos promedios

La figura N° 71 y N° 72 nos muestran la comparación de desplazamientos promedios del sismo dinámico por niveles de la estructura en la dirección X y Y respectivamente con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos desplazamientos promedios se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

a) Dirección "X"

Figura N° 71

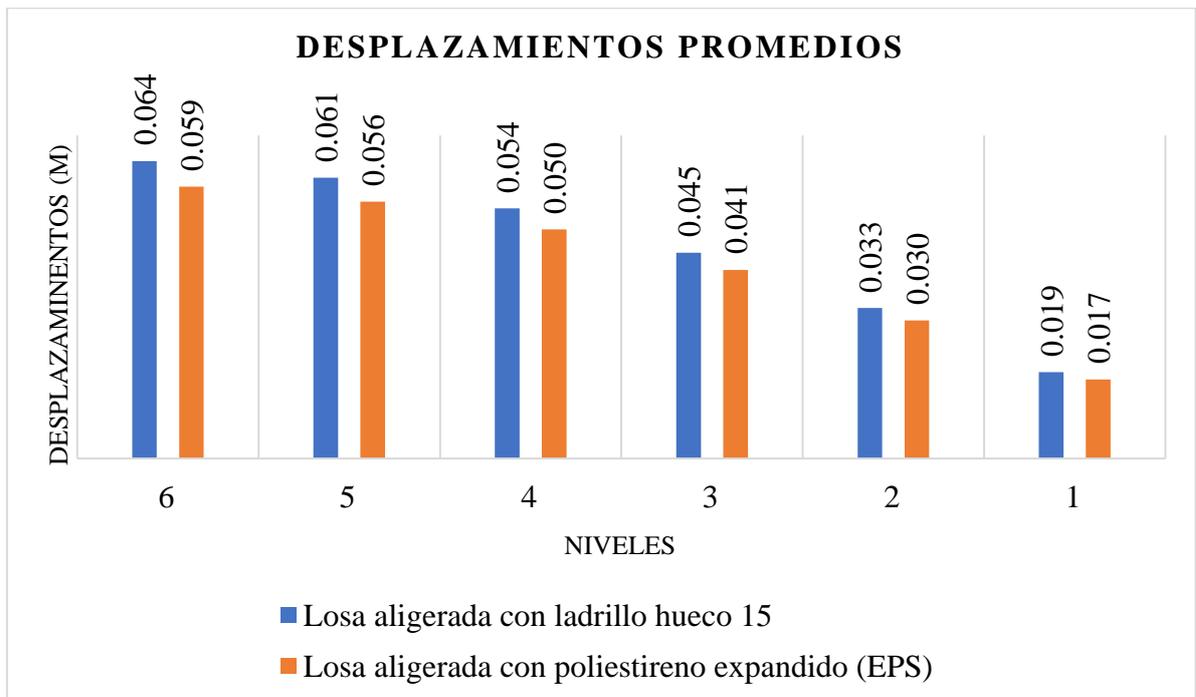
Desplazamientos promedios de la estructura en dirección X: entreciso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entreciso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



b) Dirección "Y"

Figura N° 72

Desplazamientos promedios de la estructura en dirección Y: entreciso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entreciso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



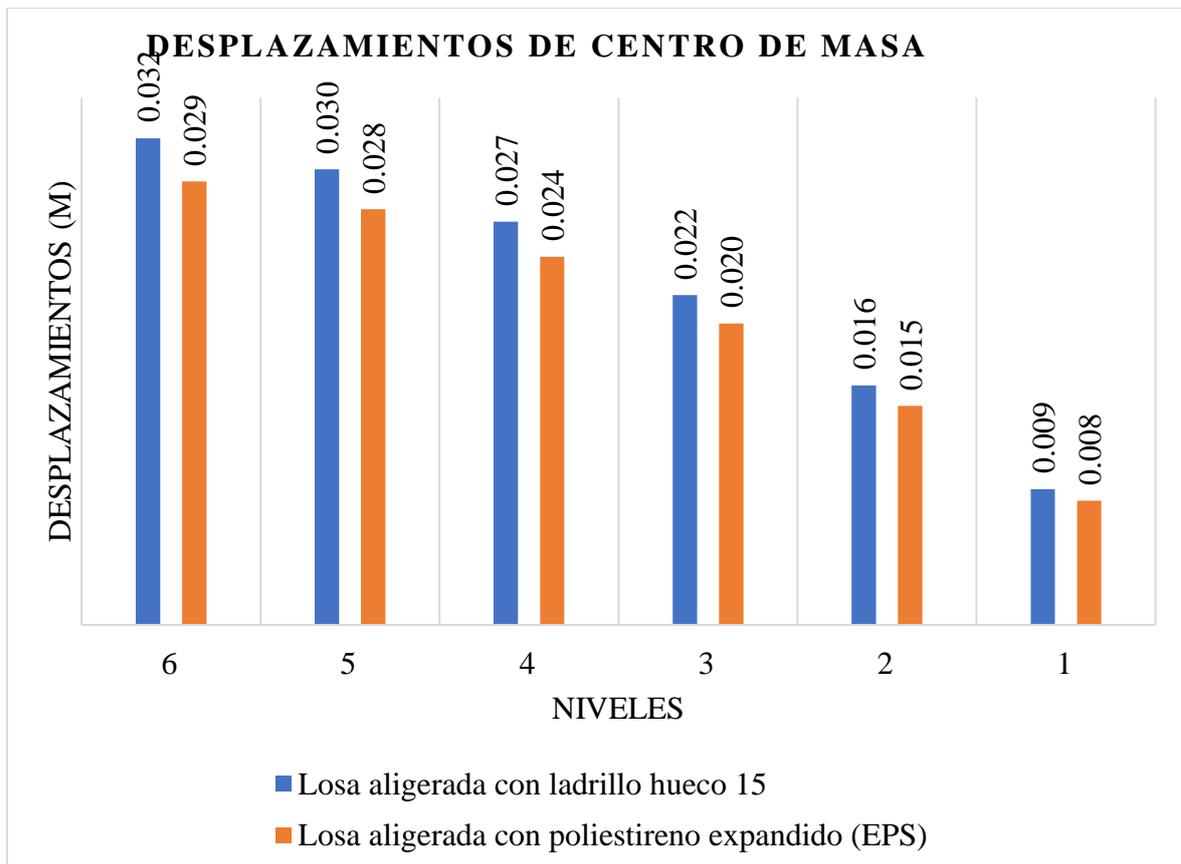
3.6.7.3.Sismo dinámico desplazamientos en centro de masa

La figura N° 73 y N° 74 nos muestran la comparación de desplazamientos en centro de masa del sismo dinámico por niveles de la estructura en la dirección X y Y respectivamente con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos desplazamientos en centro de masa se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

a) Dirección "X"

Figura N° 73

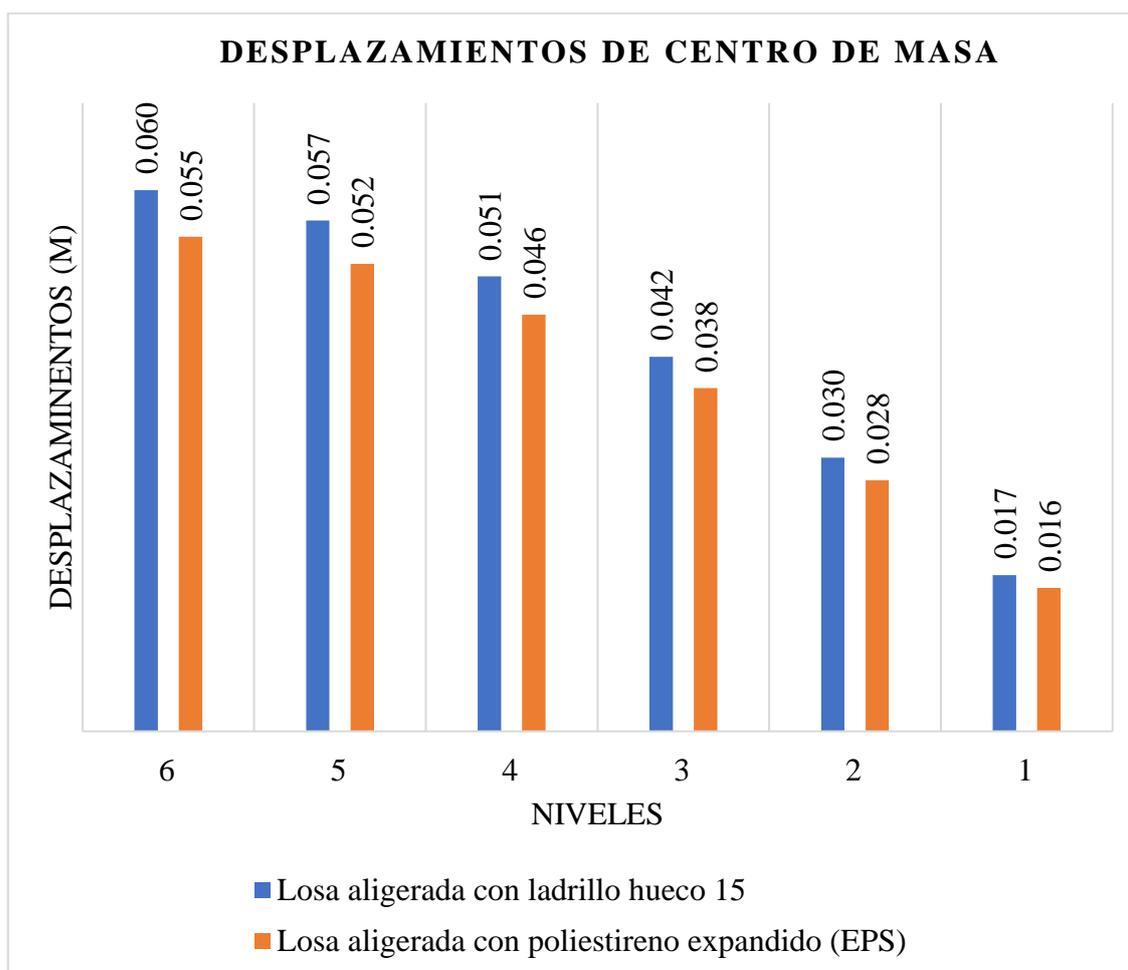
Desplazamientos en centro de masa de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



b) Dirección "Y"

Figura N° 74

Desplazamientos en centro de masa de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



3.6.8. DERIVAS

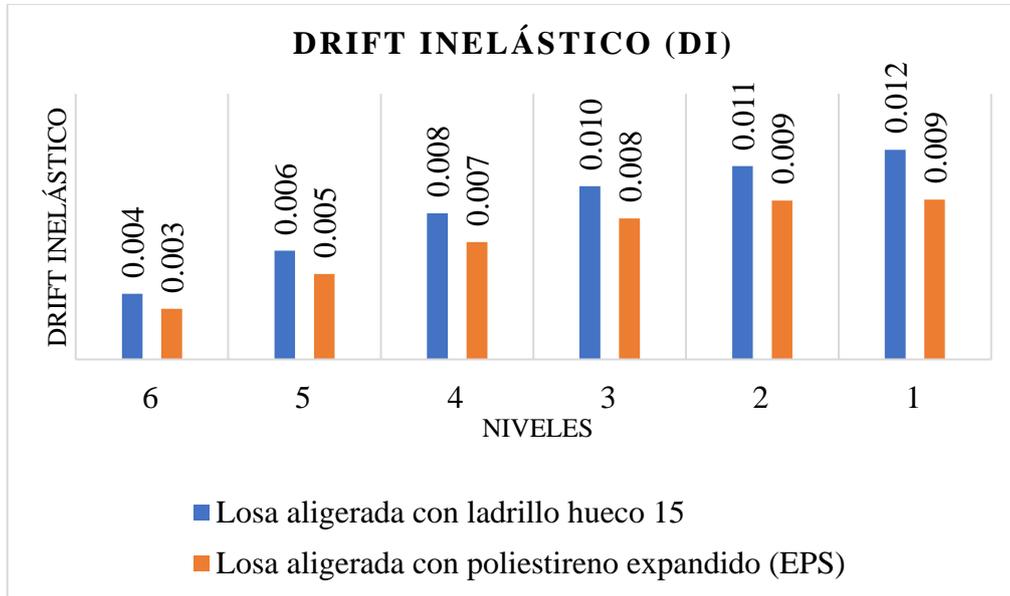
3.6.8.1.Sismo estático de derivas

a) Dirección "X"

La figura N° 75 y N° 76 nos muestran la comparación de drift inelásticos del sismo estático por niveles de la estructura en la dirección X y Y respectivamente con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos drift inelásticos se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

Figura N° 75

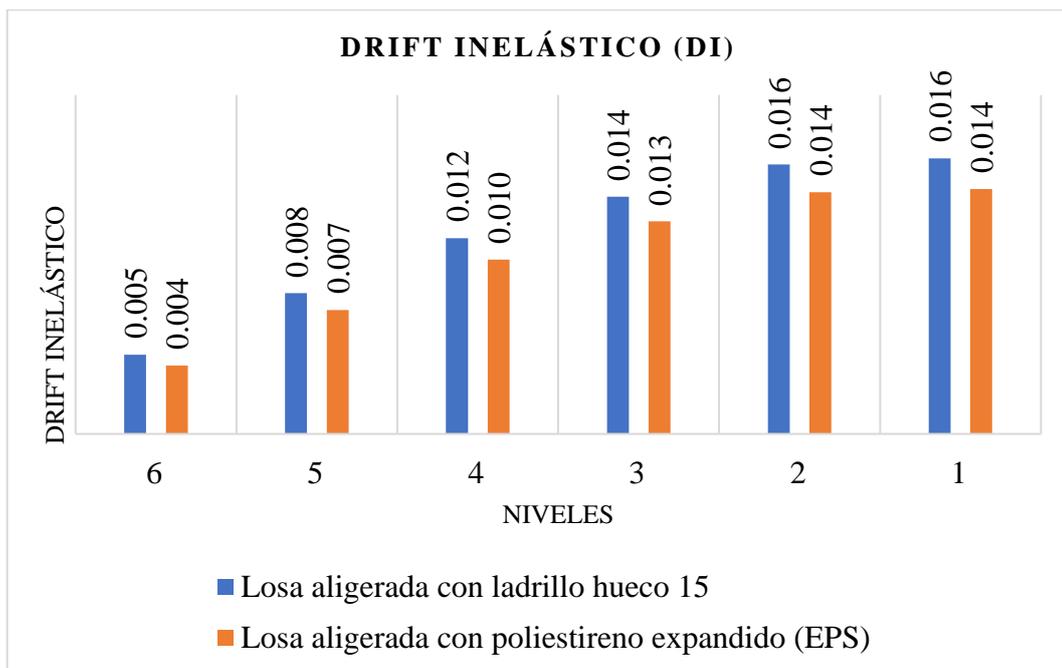
Derivas de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



b) Dirección “Y”

Figura N° 76

Derivas de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



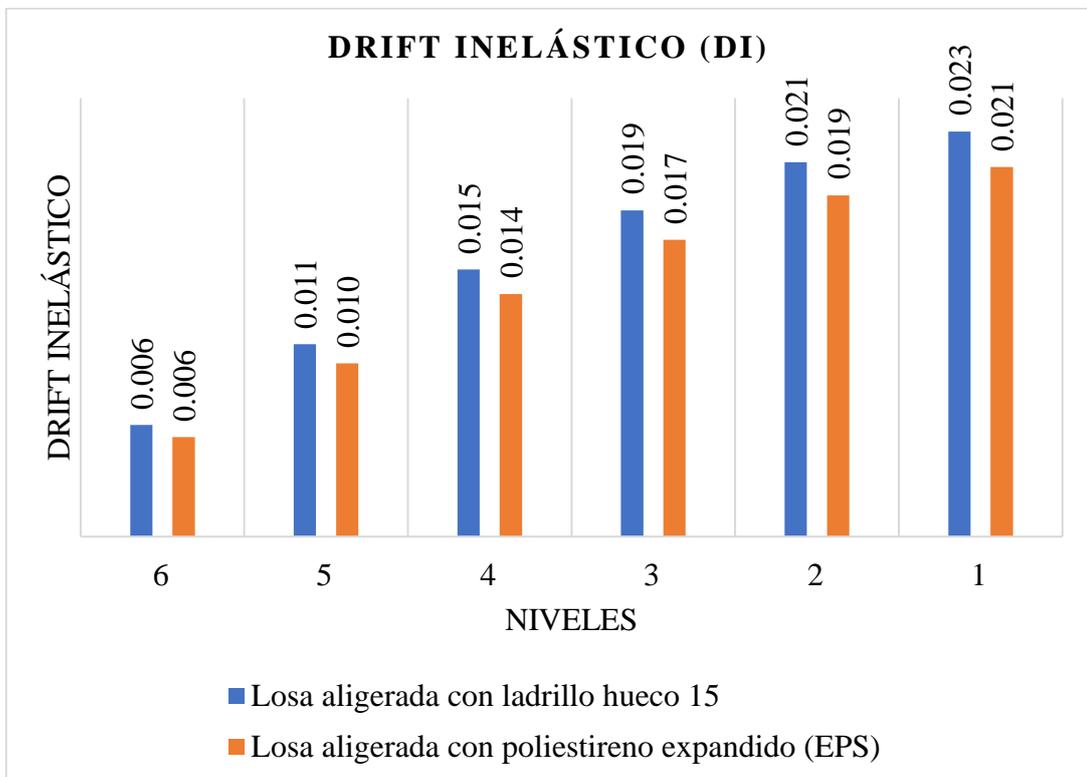
3.6.8.2. Análisis dinámico de deriva

La figura N° 77 y N° 78 nos muestran la comparación de drift inelásticos del sismo dinámico por niveles de la estructura en la dirección X y Y respectivamente con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos drift inelásticos se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

a) Dirección "X"

Figura N° 77

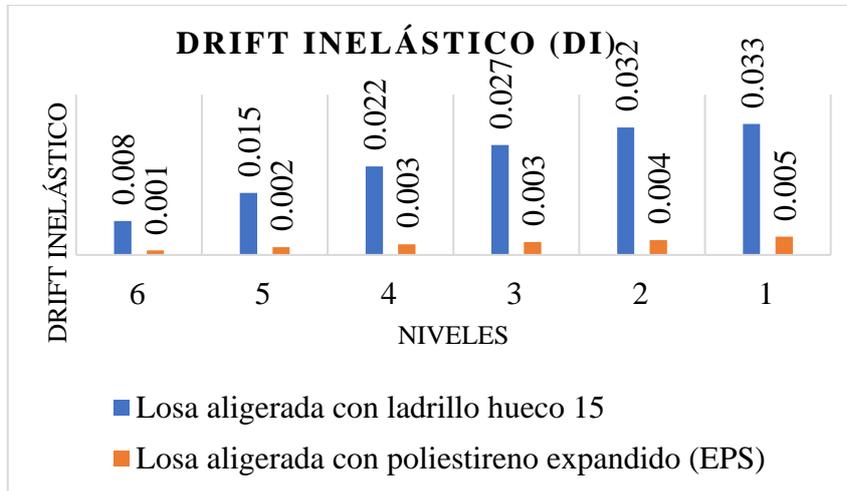
Derivas de la estructura en dirección X: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)



b) Dirección "Y"

Figura N° 78

Derivas de la estructura en dirección Y: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)

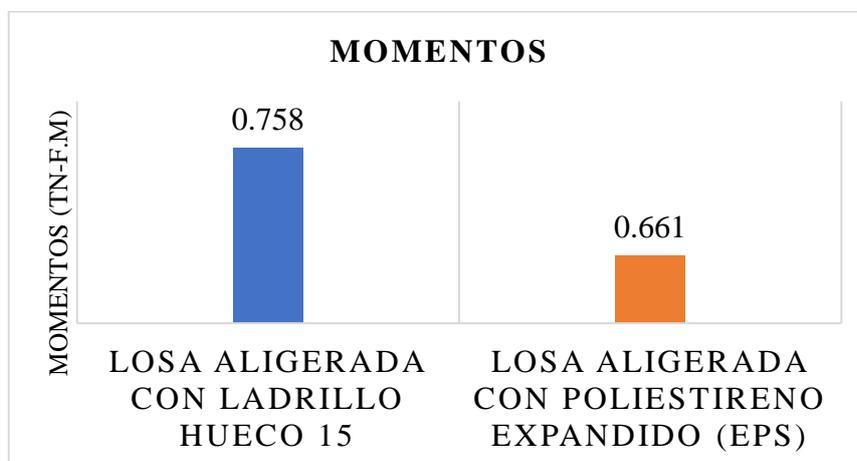


3.6.9. MOMENTOS

La figura N° 79 nos muestra la comparación de momentos de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos momentos se muestran en el anexo N° 01 y anexo N° 02 respectivamente.

Figura N° 79

Momentos de la estructura: entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS)

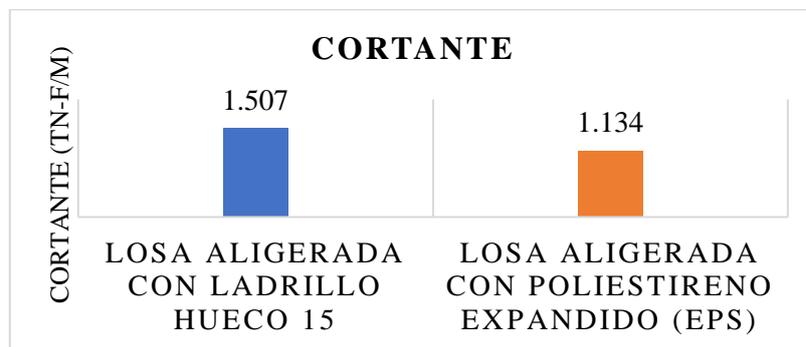


3.6.10. CORTANTES

La figura N° 80 nos muestra la comparación de los cortantes de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos momentos se muestran en el anexo N°1 y anexo N°2 respectivamente.

Figura N° 80

Cortantes de la estructura: entrepiso de losa aligerada con ladrillo vs entrepiso de losa aligerada con Tecnopor

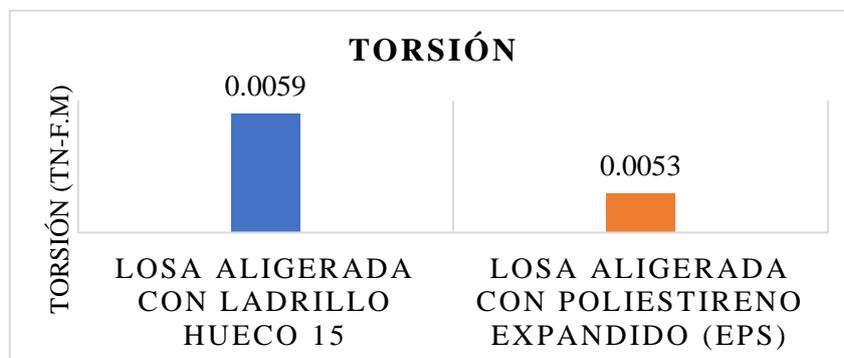


3.6.11. TORSIÓN

La figura N° 81 nos muestra la comparación de la torsión de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 vs losa aligerada con poliestireno expandido (EPS). Los resultados obtenidos del programa ETABS V.20 de dichos momentos se muestran en el anexo N° 01 y anexo N° 02 respectivamente.

Figura N° 81

Torsión de la estructura: entrepiso de losa aligerada con ladrillo vs entrepiso de losa aligerada con Tecnopor



CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Según la Figura N° 56 muestra que el periodo fundamental de vibración de la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es igual a 0.891 seg, el cual es menor a comparación con la estructura de entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 que es igual a 0.932 seg. Esto nos indica que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) efectúa un ciclo de movimiento en 0,041 seg más rápido y a mayor periodo de vibración de la estructura mayores daños se ocasionaran en ella.

En conclusión, la estructura con entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural frente a un sismo.

4.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL PORCENTAJE DE MASA EFECTIVA

a) dirección X

Para 3 modos de vibración por nivel se debe cumplir con el 90 % de participación de masa modal total, según la Figura N° 57 muestra que tanto para entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y con Poliestireno expandido (EPS) en la dirección X se cumple en los 5 primeros modos de vibración de la estructura. Según los valores obtenidos para el porcentaje de masa efectiva no encontramos ninguna diferencia significativa para la dirección X.

b) Dirección Y

Para 3 modos de vibración por nivel se debe cumplir con el 90 % de participación de masa modal total, según la Figura N° 58 muestra que tanto para entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y con Poliestireno expandido (EPS) en la dirección Y se cumple en los 4 primeros modos de vibración de la estructura. Según los valores obtenidos para el porcentaje de masa efectiva no encontramos ninguna diferencia significativa para la dirección Y.

4.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA MASA DE CADA DIAFRAGMA RÍGIDO POR NIVEL

Según la Figura N° 59 muestra que la masa por nivel para cada diafragma rígido la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles en comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos indica que a mayor masa tendremos mayor diafragma rígido.

Según la Figura N° 60 muestra que la masa de la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es de 56,96 (Tnf-s²/m) el cual es menor en comparación de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 que es de 62,08 (Tnf-s²/m). Esto nos indica que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene un menor peso con una diferencia del 8.25% del peso de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que tiene un mejor comportamiento estructural.

4.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL CORTANTE ESTÁTICO

Según la Figura N° 61 muestra que el cortante estático en la estructura con entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS) es de 55.86 Tn tanto para la dirección X como para la dirección Y, el cual es menor en comparación con el cortante estático de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 que es igual a 60.88 Tn. Esto nos da a entender que a mayor peso tendremos mayores cortantes estáticos, se entiende entonces que la estructura con entrepiso de losa aligerada de poliestireno expandido (EPS) tiene un mejor comportamiento estructural frente a un sismo.

4.5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL CORTANTE DINÁMICO

Según la Figura N° 62 muestra que el cortante dinámico en la base bajo el espectro de la norma E.030 (2019) incorporado es de 91. 21 Tn para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS), el cual es menor en comparación con el cortante dinámico de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 que es igual a 99.52 Tn. Esto nos da a entender que a mayor cortante dinámico se generan mayores desplazamientos, se entiende entonces que la estructura con entrepiso de losa aligerada de

poliestireno expandido (EPS) en la dirección X tiene un mejor comportamiento estructural frente a un sismo.

Según la Figura N° 62 muestra que el cortante dinámico en la base bajo el espectro de la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE-2019) incorporado es de 108.49 Tn para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS), el cual es menor en comparación con el cortante dinámico de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 que es igual a 118.21 Tn. Esto nos da a entender que a mayores cortantes se generan mayores desplazamientos, se entiende entonces que la estructura con entrepiso de losa aligerada de poliestireno expandido (EPS) en la dirección Y tiene un mejor comportamiento estructural frente a un sismo.

4.6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE DESPLAZAMIENTOS - SISMO ESTÁTICO

a) Sismo estático: desplazamientos máximos

Según la Figura N° 63 muestra que los desplazamientos máximos en la dirección X para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles en comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección X.

Según la Figura N° 64 muestra que los desplazamientos máximos en la dirección Y para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles en comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección Y.

Por lo tanto, la Figura N° 63 y N° 64 nos da a entender que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural.

b) Sismo estático: desplazamientos promedios

Según la Figura N° 65 muestra que los desplazamientos promedios en la dirección X para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles en comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con

ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección X.

Según la Figura N° 66 muestra que los desplazamientos promedios en la dirección Y para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles ha comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección Y.

Por lo tanto, la Figura N° 65 y N° 66 nos da a entender que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural.

c) Sismo estático: desplazamientos en centro de masa

Según la Figura N° 67 muestra que los desplazamientos en centro de masa en la dirección X para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles ha comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección X.

Según la Figura N° 68 muestra que los desplazamientos en centro de masa en la dirección Y para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles ha comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección Y.

Por lo tanto, la Figura N° 67 y N° 68 nos da a entender que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural.

4.7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE DESPLAZAMIENTOS-SISMO DINÁMICO

a) Sismo dinámico: desplazamientos máximos

Según la Figura N° 69 muestra que los desplazamientos máximos en la dirección X para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles ha comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección X.

Según la Figura N° 70 muestra que los desplazamientos máximos en la dirección Y para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles ha comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección Y.

Por lo tanto, la Figura N° 69 y N° 70 nos da a entender que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural.

b) Sismo dinámico: desplazamientos promedios

Según la Figura N° 71 muestra que los desplazamientos promedios en la dirección X para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles ha comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección X.

Según la Figura N° 72 muestra que los desplazamientos promedios en la dirección Y para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles ha comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección Y.

Por lo tanto, la Figura N° 71 y N° 72 nos da a entender que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural.

c) Sismo dinámico: desplazamientos en centro de masa

Según la Figura N° 73 muestra que los desplazamientos en centro de masa en la dirección X para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles ha comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección X.

Según la Figura N° 74 muestra que los desplazamientos en centro de masa en la dirección Y para la estructura de entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es menor en todos los niveles ha comparación con la estructura con entrepiso de losa aligerada

con ladrillo hueco 15, esto nos da a entender que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección Y.

Por lo tanto, la Figura N° 73 y N° 74 nos da a entender que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural.

4.8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE DERIVAS

a) Sismo estático: Drift inelástico

Según la Figura N° 75 muestra que los drift inelásticos en la dirección X obtenidos de la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) son menores en todos los niveles comparándolo con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15. Esto nos indica que la estructura con entrepiso de losa aligerada es más rígida frente a un sismo y que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección X.

Según la Figura N° 76 muestra que los drift inelásticos en la dirección Y obtenidos de la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) son menores en todos los niveles comparándolo con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15. Esto nos indica que la estructura con entrepiso de losa aligerada es más rígida y que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección Y.

por lo tanto, estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural en ambas direcciones.

b) Sismo dinámico: Drift inelástico

Según la Figura N° 77 muestra que los drift inelásticos en la dirección X obtenidos de la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) son menores en todos los niveles comparándolo con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15. Esto nos indica que la estructura con entrepiso de losa aligerada es más rígida y que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección X, por lo tanto, tiene mejor comportamiento estructural.

Según la Figura N° 78 muestra que los drift inelásticos en la dirección Y obtenidos de la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) son menores en todos los niveles comparándolo con la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15. Esto nos indica que la estructura con entrepiso de losa aligerada es más rígida y

que a mayor masa tendremos mayores desplazamientos en la dirección Y, por lo tanto, tiene mejor comportamiento estructural.

4.9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE MOMENTOS

Según la Figura N° 79 muestra que el momento para la carga máxima en la losa de la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) obtenido del programa ETABS V.20 es de 0.661 Tn-f.m el cual es menor en comparación con el momento de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 que es de 0.758 Tn-f.m. Esto nos indica que la estructura con entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural frente a un sismo.

4.10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE CORTANTES

Según la Figura N° 80 muestra que el cortante para la carga máxima en la losa de la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) obtenido del programa ETABS V.20 es de 1.134 Tn-f/m el cual es menor en comparación con el cortante de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 que es de 1.507 Tn-f/m. Esto nos indica que la estructura con entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural frente a un sismo.

4.11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA TORSIÓN

Según la Figura N° 81 muestra que la torsión para la carga máxima en la losa de la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) obtenido del programa ETABS V.20 es de 0.0053 Tn-f.m el cual es menor en comparación con la torsión de la estructura con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 que es de 0.0059 Tn-f.m. Esto nos indica que la estructura con entrepiso de losa aligerada con Poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural frente a un sismo.

4.12. DISCUSIÓN DE RESULTADOS CONTRASTADO CON LA HIPÓTESIS

Debido a los resultados obtenidos al analizar el comportamiento estructural de un edificio educativo de 6 niveles verificamos que, al utilizar bloques de poliestireno expandido (EPS) en los entrepisos de la losa aligerada, tenemos un mejor comportamiento estructural a diferencia de la losa aligerada con ladrillo hueco 15. En la presente investigación concluimos que nuestra hipótesis es válida.

4.13. TABLA RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS

Tabla N° 46

Resumen de resultados

Resumen de ítem evaluados	Losa aligerada con ladrillo hueco 15	Losa aligerada con poliestireno expandido (EPS)
Periodo fundamental de vibración de la estructura dirección Y	0.932 segundos	0.891 segundos
Máxima masa de diafragma rígido (nivel 1)	11.02 Tnf-s2/m	10.18 Tnf-s2/m
Peso de la estructura	62.08 Tnf-s2/m	56.96 Tnf-s2/m
Cortante estático dirección X y Y	60.88 Tn	55.86 Tn
Cortante dinámico dirección X	99.52 Tn	91.21 Tn
Cortante dinámico dirección Y	118.21 Tn	108.49 Tn
Sismo estático desplazamientos máximos dirección X (nivel 6)	$\Delta_{\text{máx}}(\text{m})=0.0239$	$\Delta_{\text{máx}}(\text{m})=0.0219$
Sismo estático desplazamientos máximos dirección Y (nivel 6)	$\Delta_{\text{máx}}(\text{m})=0.0332$	$\Delta_{\text{máx}}(\text{m})=0.0304$
Sismo dinámico desplazamientos máximos dirección X (nivel 6)	$\Delta_{\text{máx}}(\text{m})=0.0577$	$\Delta_{\text{máx}}(\text{m})=0.0524$
Sismo dinámico desplazamientos máximos dirección Y (nivel 6)	$\Delta_{\text{máx}}(\text{m})=0.0689$	$\Delta_{\text{máx}}(\text{m})=0.0629$
Sismo estático de derivas dirección X (nivel 1)	$\Delta_{\text{imáx}}=0.0118$	$\Delta_{\text{imáx}}=0.009$
Sismo estático de derivas dirección Y (nivel 1)	$\Delta_{\text{imáx}}=0.0162$	$\Delta_{\text{imáx}}=0.0144$
Análisis dinámico de deriva dirección X (nivel 1)	$\Delta_{\text{imáx}}=0.0231$	$\Delta_{\text{imáx}}=0.021$
Análisis dinámico de deriva dirección Y (nivel 1)	$\Delta_{\text{imáx}}=0.0326$	$\Delta_{\text{imáx}}=0.0045$
Momentos	0.758 Tn-f.m	0.661 Tn-f.m
Cortantes	1.507 Tn-f/m	1.134 Tn-f/m
Torsión	0.0059 Tn-f.m	0.0053 Tn-f.m
Losa aligerada con mejor comportamiento estructural ■		

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En esta investigación se comparó el comportamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 y poliestireno expandido (EPS). Debido a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que la estructura con entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural.
- Del modelamiento estructural del edificio educativo en estudio en el software ETABS V.20 se observó que el periodo fundamental para la losa aligerada con ladrillo hueco 15 es de $T=0.932$ segundos y para la losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) es de $T=0.891$ segundos, concluimos que este tipo de losa aligerada al tener menor periodo la estructura es más rígida, por consiguiente, tiene mejor comportamiento estructural.
- Para el entrepiso de losa aligerada con ladrillo hueco 15 se analizó el cortante estático en la base tanto en la dirección X como Y es de 60.88 Tn y el cortante dinámico en la base bajo el espectro de la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2019) incorporado es de 99.52 Tn para la dirección X y de 118.21 Tn para la dirección Y; mientras que para el entrepiso de losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) el cortante estático en la base tanto en la dirección X como Y es de 55.86 Tn y el cortante dinámico en la base bajo el espectro de la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2019) incorporado es de 91.21 Tn para la dirección X y de 108.49 Tn para la dirección Y. Debido a estos resultados obtenidos se concluye que a mayor masa en la losa aligerada tendremos mayor cortante estático y dinámico en la estructura.
- En la revisión de la máxima deriva inelástica se da en el sismo dinámico en el primer nivel dirección Y, para la losa aligerada con ladrillo hueco 15 con un valor de $\Delta_i = 0,03268$, mientras que para la losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) con un valor de $\Delta_i = 0,00455$, estos resultados nos da a entender que a mayor masa en la losa aligerada se genera mayores desplazamientos en la estructura, debido a esto se concluye que el entrepiso con losa aligerada con poliestireno expandido (EPS) tiene mejor comportamiento estructural.

5.1. RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar poliestireno expandido para aligerar losas en edificaciones ya que disminuye las fuerzas internas de sus elementos estructurales y tiene mejor comportamiento estructural frente a un sismo.
- Se debe considerar la aplicación de sistemas constructivos más innovadores como el uso de poliestireno expandido (EPS), ya que son más competitivos en términos de seguridad estructural en comparación con los métodos tradicionales y también pueden ayudar a promover el desarrollo del país mediante la creación de nuevos métodos de construcción.

CAPITULO VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, M. R. (2022). *BLOQUETAS DE ARCILLA O DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA EFICIENCIA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOSAS ALIGERADAS EN EDIFICIOS MULTIFAMILIARES*. Huancayo. Obtenido de http://informatica.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3418/T037_45432207_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aldana, & Pilco, E. (2020). *Análisis comparativo de la resistencia del concreto en muros de contención por esclerómetro y rotura de cilindros en el distrito de ciudad nueva, Tacna-2020*. Universidad Privada de Tacna. Obtenido de <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1543/Aldana-Cutipapilco-Mamani.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Almonacid, L. (2021). *Uso del Poliestireno Expandido e Innovado para Losas Aligeradas en el Distrito de Huancayo 2018*. Universidad Peruana los Andes. Obtenido de http://www.repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2669/T037_2019075_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Andalucia, J. (2015). *Tipos de esfuerzos físicos*. . Obtenido de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>
- Avecillas, D. (2016). *ALTERNATIVA ESTRUCTURAL - CONSTRUCTIVA DE ENTREPISOS Y TECHOS DE HORMIGÓN ARMADO CON BLOQUES DE POLIESTIRENO EXPANDIDO*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25944/1/tesis.pdf>
- Becerra, K., & Pino, L. (2017). *Comparación de la influencia de las cargas de 3 tipos de tabiquería y losa aligerada en el diseño estructural de una vivienda multifamiliar de 06 pisos, en el distrito de Surco*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623191/Becerra_DK.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Bernabé, J., & Torres, P. (2020). *Análisis del comportamiento sísmico utilizando diferentes tipos de losas aligeradas en edificaciones multifamiliares, distrito de Asia, Cañete - 2020*. Universidad César Vallejo. Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/57608/Bernab%c3%a9_HJV-Torres_CPA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Borda, F., & Ninatanta, J. (2021). *Análisis comparativo del diseño estructural y económico de losas aligeradas y macizas de edificaciones educativas – Trujillo, 2021.*

Universidad César Vallejo. Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72016/Borda_RFB-Ninata_VJS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Canchaya, & Vargas. (2017). “*ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO Y EL DINÁMICO, DEL NUEVO AULARIO DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ – UCP - TARAPOTO - 2017*”. Obtenido de

<http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/156/CANCHANYA-VARGAS-Estudio-1-Trabajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cervera, J. (2018). *Introducción al comportamiento estructural. Teorías de Barras.*

Obtenido de https://oa.upm.es/9791/1/Intro_comp_estruct.pdf

Cosinga, A., & Gomez, R. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COSTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EMPLEANDO LOSAS ALIGERADAS CON POLIESTIRENO EXPANDIDO VERSUS LADRILLO DE ARCILLA.* [Tesis de grado, Univesidad de San Martin de Porres]. Obtenido de

https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/3719/cosinga_gomez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

De la Torre, J., & Guerra, R. (2019). *Análisis comparativo del diseño sismorresistente de una edificación de albañilería confinada de cuatro niveles con dos sistemas de losa aligerada: convencional versus VIGACERO en Carabayllo - 2019.* Universidad César Vallejo. Obtenido de

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52370>

Gallardo, E. (2018). *Metodología de la investigación.* Universidad Continental. Obtenido de

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf

- García, I. (2019). *Comportamiento estructural de los sistemas de poliestireno expandido (Emmedue) y albañilería confinada, para viviendas de carácter social 2019*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55959>
- García, M. (2020). *Alternativas estructurales para edificios tipo vivienda comercio de concreto armado y albañilería en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo*. Universidad Continental . Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7897>
- Gómez, A., Manzanares, D., Vargas, A., Arellano, E., Juárez, H., & González, O. (2015). *Experimental behavior of a masonry wall supported on a RC two-way slab*. *Dyna*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n194.46333>
- Gonzales, H. (2018). *¿Qué es una Losa Aligerada y como Calcularla?* Obtenido de <http://dearkitectura.blogspot.com/2017/03/que-es-una-losa-aligerada-y-como.html>
- Gonzales, P. (2018). *Manual de Construcción para Maestros de Obra. Aceros Arequipa*. Obtenido de <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra/losa-aligerada#:~:text=Las%20losas%20aligeradas%20cumplen%20b%C3%A1sicamente,11%2C%2012%20y%2013>
- Gonzales, T. (2016). *Estudio de losas aligeradas con la utilización de casetón poliestireno y losa prefabricada en sus condiciones de servicio, costo y estado de límite de resistencia – Guadalajara*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Guadalajara]. Obtenido de https://www.academia.edu/30182630/Estudio_de_losas_aligeradas_con_la_utilizaci%C3%B3n_de_caset%C3%B3n_poliestireno_y_losa_prefabricada_en_sus_condiciones_de_servicio_costo_y_estado_l%C3%ADmite_de_resistencia
- Guerra, F. (2017). *Edificio Educativo Torre D'Angolo / Krausbeck architetto + GSMM architetti*. Obtenido de <https://www.archdaily.pe/pe/926102/edificio-educativo-torre-dangolo-krausbeck-architetto-plus-gsmm-architetti>
- Hernández, C. (2018). *Loza aligerada*. Instituto CAPECO. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-san-ignacio-de-loyola/proyecto-de-ingenieria-civil/losa-aligerada-losa-aligerada/9460330>

[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366640/50%20E.020%20CARGA S.pdf?v=1636060059](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366640/50%20E.020%20CARGA%20S.pdf?v=1636060059)

- Molano, J. (2017). *Comportamiento de la conexión de sistemas aligerados con poliestireno expandido, muros de mortero y losa en sección compuesta con perfiles formados en frío*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia]. Obtenido de [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Jos%C3%A9L.MolanoS%C3%A1nchez%20.2017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Jos%C3%A9L.MolanoS%C3%A1nchez%20.2017%20(1).pdf)
- Morales, L., & Guamán, B. (2018). *Influencia de los sistemas de piso en el comportamiento estructural en edificaciones de 4, 8, y 12 pisos aporticadas de hormigón armado, ubicados en el Sector Norte de la ciudad de Quito*. Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16701>
- Najarro, A. (2019). *Evaluación de resistencia estructural de losas aligeradas con unidades de albañilería convencional y compuesto utilizado en edificaciones, Lima - 2019*. Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/53826/Najarro_GAC-SD.pdf?sequence=8&isAllowed=y
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. *Int. J. Morphol.* Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Rivera. (2018). *Estudio comparativo entre el análisis sísmico estático y dinámico para nuestra estructura regular mayor de 30m de altura en la ciudad e Huancayo*. Huancayo. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4835/1/INV_FIN_105_TE_Rivera_Santana_2018.pdf
- Rivera, D. (2017). *Análisis comparativo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en huancayo, 2016*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes]. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/276/Rivera%20Granados%20Diego%20Percy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rodríguez. (2020). *Análisis de costo y eficiencia de muros no portantes a base de tecnopor, mallas de acero y concreto; en comparación con muros de albañilería confinada no portantes*. Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24795>
- Rodríguez, A. (2015). *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas*. Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/482/T%20620.112%20R685%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rugel, M. R. (2002). *ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LOSAS DE ENTREPISO*. Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1423/ICI_087.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sanjuan, c. (2013). *Resistencia del hormigón mediante esclerómetro. Ensayo y valores de Fc*. Obtenido de <https://www.patologiasconstruccion.net/2013/11/resistencia-del-hormigon-mediante-esclerometro-2-ensayo-y-valor-fc/>
- Vásquez, F. (2019). *Comportamiento sísmico de una edificación multifamiliar en los niveles de entepiso de losa convencional y losa colaborante – San Isidro 2019*. Universidad César Valejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/76546>
- Vela, C. (2016). *PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA VIVIENDA CON LOSA ALIVIANADA EN LA ISLA MOCOLÍ DEL CANTÓN SAMBORONDÓN*. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. Obtenido de file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/VELA_CARLOS_TRABAJO_TITULACION_GENERALES_DE_INGENIERIA_DICIEMBRE_2016.pdf
- Velásquez, J. (2020). *Determinación de las propiedades dinámicas del suelos por Me*.
- Verde, D. C. (2021). *Evaluación comparativa del comportamiento estructural de una vivienda de 5 niveles con entepiso de losa aligerada con ladrillo y tecnopor*. Universidad Nacional Federico Villareal, Lima.

Verdú, X. (2016). *Evaluaci3n del comportamiento estructural con la incorporaci3n de viguetas de acero en el edificio de aulas de la I.E.P "Euclides", Pillco Marca – Huánuco 2016. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1880>*

Zavaleta, E. (2018). *Comparaci3n del comportamiento estructural y econ3mico de losas aligeradas compuestas por ladrillos de arcilla y bloques de poliestireno Trujillo, 2018. Universidad Privada de Trujillo. Obtenido de <http://181.176.219.234/bitstream/handle/UPRIT/76/ZAVALETA%20EUSTAQUIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>*

ANEXOS:

**ANEXO N°1: RESULTADOS ESTRUCTURALES DE LOSA ALIGERADA CON
LADRILLO HUECO 15 15X30X30 (cm)**

1. Periodo Fundamental de Vibración

Tabla N° 47

Periodo fundamental de vibración de la estructura dirección Y

Modo	Periodo
1	0.932

2. Porcentaje de Masa Efectiva

Tabla N° 48

Porcentaje de masa efectiva en la dirección X y Y

Modo	Periodo	Masa Efectiva (%)			
		Dirección X		Dirección Y	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado
1	0.932	0.00040	0.04%	0.88170	88.17%
2	0.775	0.43220	43.26%	0.00400	88.57%
3	0.689	0.44800	88.06%	0.00120	88.69%
4	0.298	0.00004	88.06%	0.08410	97.10%
5	0.249	0.03990	92.05%	0.00050	97.15%
6	0.219	0.04910	96.96%	0.00010	97.16%
7	0.165	0.00001	96.96%	0.01950	99.11%
8	0.138	0.00710	97.67%	0.00010	99.12%
9	0.121	0.01360	99.03%	0.00003	99.12%
10	0.111	0.00000	99.03%	0.00620	99.74%
11	0.094	0.00200	99.23%	0.00010	99.75%
12	0.082	0.00001	99.24%	0.00200	99.95%
13	0.08	0.00490	99.73%	0.00000	99.95%
14	0.072	0.00060	99.79%	0.00004	99.96%
15	0.068	0.00000	99.79%	0.00040	100.00%
16	0.06	0.00010	99.80%	0.00002	100.00%
17	0.059	0.00180	99.98%	0.00000	100.00%
18	0.047	0.00040	100.0%	0.00000	100.00%

3. Masa de cada Diafragma rígido por nivel

Tabla N° 49

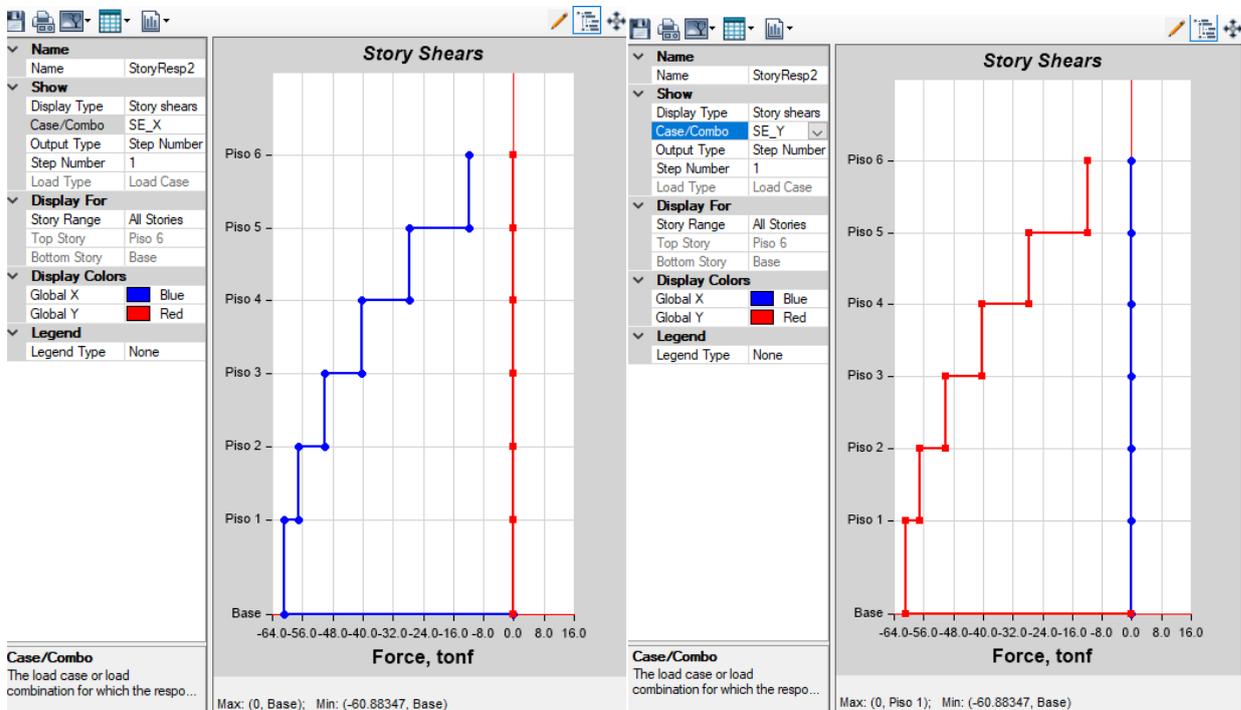
Masa de diafragma rígido por nivel

Masa de Diafragma Rígido		
Nivel	Diafragma	Masa (Tnf-s ² /m)
6	D ₆	7.0001
5	D ₅	11.01656
4	D ₄	11.01674
3	D ₃	11.01674
2	D ₂	11.01674
1	D ₁	11.01697
Total		62.084

4. Cortante Estático

Figura N° 82

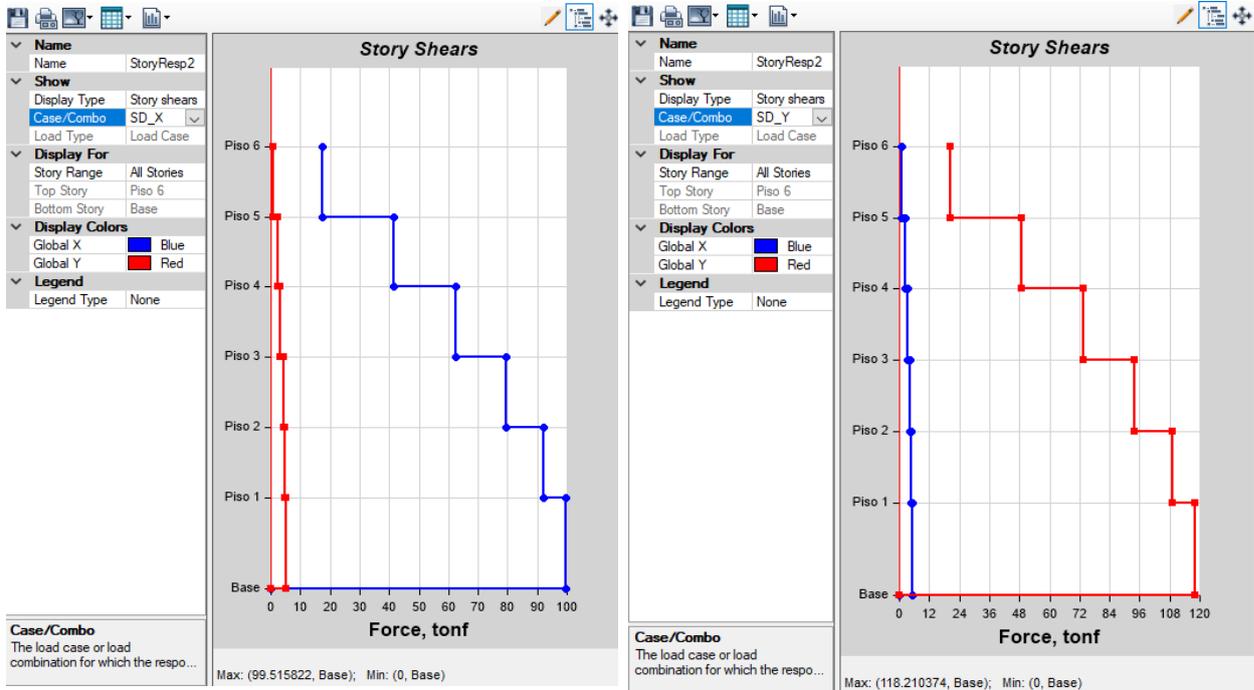
Cortante estático para las direcciones X y Y



5. Cortante Dinámico

Figura N° 83

Cortante dinámico para las direcciones X y Y



6. Desplazamientos

✓ Para el Sismo estático en la dirección X, Y.

Tabla N° 50

Desplazamientos máximos, promedio y en el centro de masa en la dirección X y Y para el sismo estático

Nivel	Altura (m)	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
		$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)
6	17.0	0.0239	0.0208	0.0202	0.0332	0.0324	0.0323
5	14.3	0.0222	0.0194	0.0188	0.0312	0.0304	0.0303
4	11.6	0.0195	0.0171	0.0165	0.0275	0.0269	0.0268
3	8.9	0.0159	0.0138	0.0134	0.0225	0.0219	0.0218
2	6.2	0.0116	0.0100	0.0096	0.0163	0.0159	0.0158
1	3.5	0.0068	0.0056	0.0054	0.0093	0.0090	0.0090

✓ Para el Sismo dinámico en la dirección X e Y.

Tabla N° 51

Desplazamientos máximos, promedio y en el centro de masa en la dirección X y Y para el sismo dinámico

Nivel	Altura (m)	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
		$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)
6	17.0	0.05776	0.04495	0.03231	0.06894	0.06444	0.06030
5	14.3	0.05428	0.04220	0.03024	0.06502	0.06082	0.05692
4	11.6	0.04823	0.03744	0.02677	0.05789	0.05417	0.05069
3	8.9	0.03978	0.03079	0.02189	0.04768	0.04459	0.04172
2	6.2	0.02942	0.02262	0.01589	0.03497	0.03262	0.03049
1	3.5	0.01747	0.01321	0.00901	0.02017	0.01869	0.01741

7. Derivas

✓ Para el Sismo estático en la dirección X, Y.

Tabla N° 52

Derivas elásticas e inelástica en la dirección X para el sismo estático

Deriva en Dirección X-X			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.000605	0.00370
5	14.3	0.001002	0.00613
4	11.6	0.001348	0.00825
3	8.9	0.001599	0.00979
2	6.2	0.001784	0.01092
1	3.5	0.001933	0.01183

Tabla N° 53*Derivas elásticas e inelástica en la dirección Y para el sismo estático*

Deriva en Dirección Y-Y			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.000765	0.00468
5	14.3	0.001358	0.00831
4	11.6	0.001888	0.01155
3	8.9	0.002287	0.01400
2	6.2	0.002597	0.01589
1	3.5	0.002658	0.01627

✓ Para el Sismo dinámico en la dirección X, Y.

Tabla N° 54*Derivas elásticas e inelástica en la dirección X para el sismo dinámico*

Deriva en Dirección X-X			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.00104	0.00636
5	14.3	0.00179	0.01097
4	11.6	0.00249	0.01524
3	8.9	0.00304	0.01860
2	6.2	0.00349	0.02136
1	3.5	0.00378	0.02310

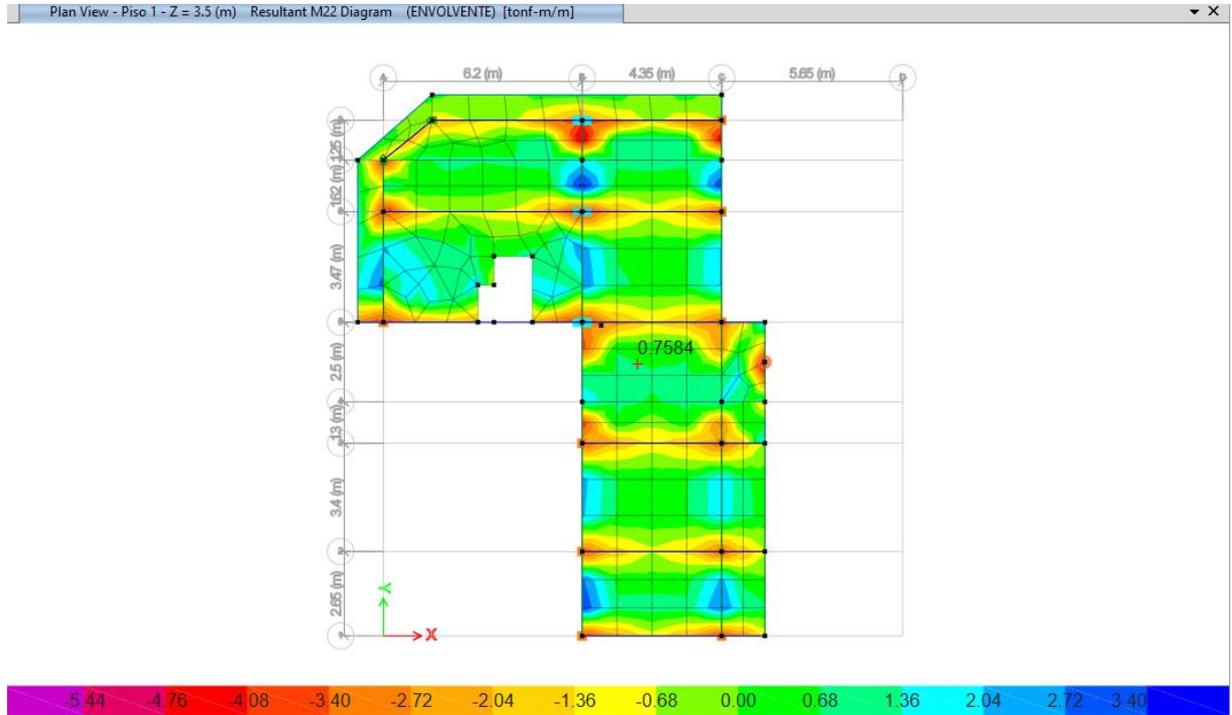
Tabla N° 55*Derivas elásticas e inelástica en la dirección Y para el sismo dinámico*

Deriva en Dirección Y-Y			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.00139	0.00848
5	14.3	0.00253	0.01548
4	11.6	0.00361	0.02211
3	8.9	0.00449	0.02745
2	6.2	0.00520	0.03182
1	3.5	0.00534	0.03268

8. Momentos

Figura N° 84

Momento para la carga máximo establecida en losa

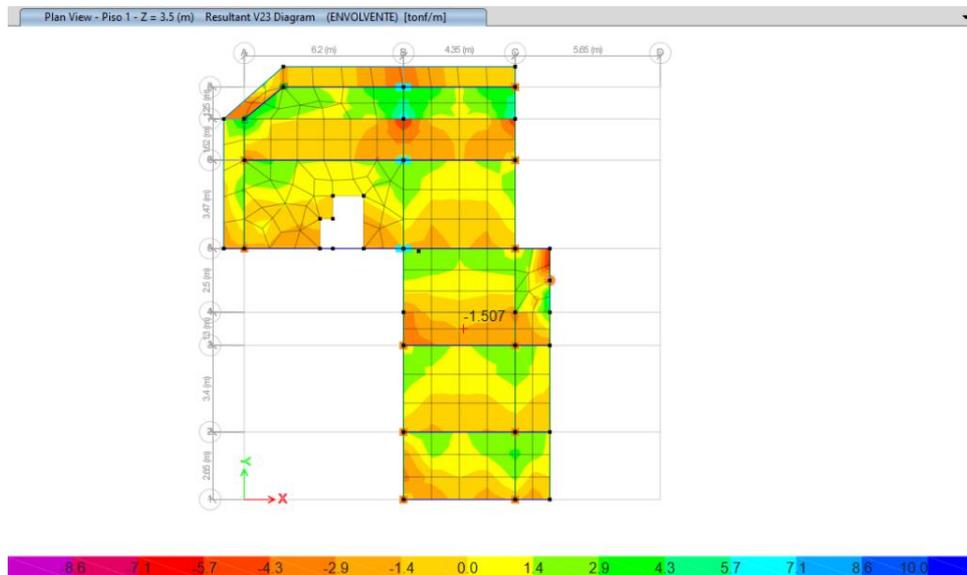


9. Cortantes

La siguiente figura muestra los cortantes máximos establecidos en la losa.

Figura N° 85

Cortante para la carga máximo establecida en losa

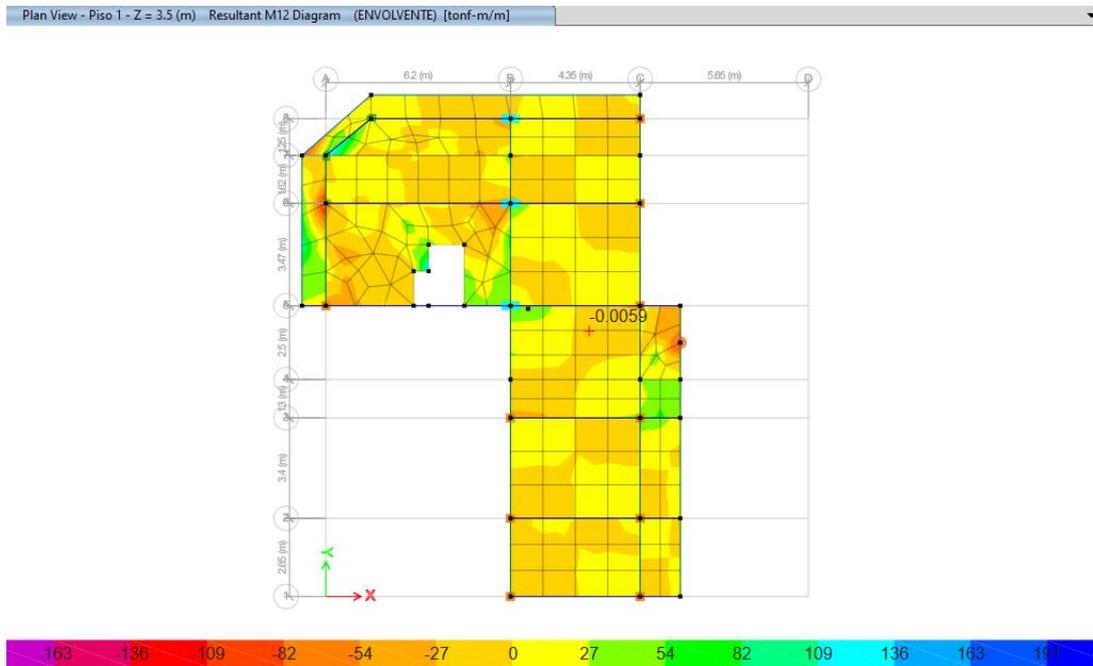


10. Torsión

La siguiente figura muestra los momentos torsores máximos establecidos en la losa.

Figura N° 86

Torsión para la carga máximo establecida en losa



**ANEXO N°2: RESULTADOS ESTRUCTURALES DE LOSA ALIGERADA CON
POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) 1.20X0.30X0.15.**

1. Periodo Fundamental de Vibración

Tabla N° 56

Periodo fundamental de vibración de la estructura dirección Y

Modo	Periodo
1	0.891

2. Porcentaje de Masa Efectiva.

Tabla N° 57

Porcentaje de masa efectiva en la dirección X y Y

Modo	Periodo	Masa Efectiva (%)			
		Dirección X		Dirección Y	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado
1	0.891	0.0004	0.04%	0.8819	88.19%
2	0.742	0.4164	41.68%	0.0042	88.61%
3	0.66	0.4641	88.09%	0.0011	88.72%
4	0.284	0.0000	88.09%	0.0840	97.12%
5	0.239	0.0383	91.92%	0.0005	97.17%
6	0.21	0.0505	96.97%	0.0001	97.18%
7	0.158	0.0000	96.97%	0.0194	99.12%
8	0.133	0.0068	97.65%	0.0001	99.13%
9	0.116	0.0138	99.03%	0.0000	99.13%
10	0.106	0.0000	99.04%	0.0061	99.74%
11	0.091	0.0019	99.23%	0.0001	99.75%
12	0.079	0.0000	99.23%	0.0019	99.94%
13	0.077	0.0049	99.72%	0.0000	99.94%
14	0.069	0.0005	99.77%	0.0000	99.95%
15	0.065	0.0000	99.77%	0.0004	99.99%
16	0.058	0.0001	99.78%	0.0000	99.99%
17	0.056	0.0018	99.96%	0.0000	99.99%
18	0.046	0.0004	100.0%	0.0000	99.99%

3. Masa de cada Diafragma rígido por nivel.

Tabla N° 58

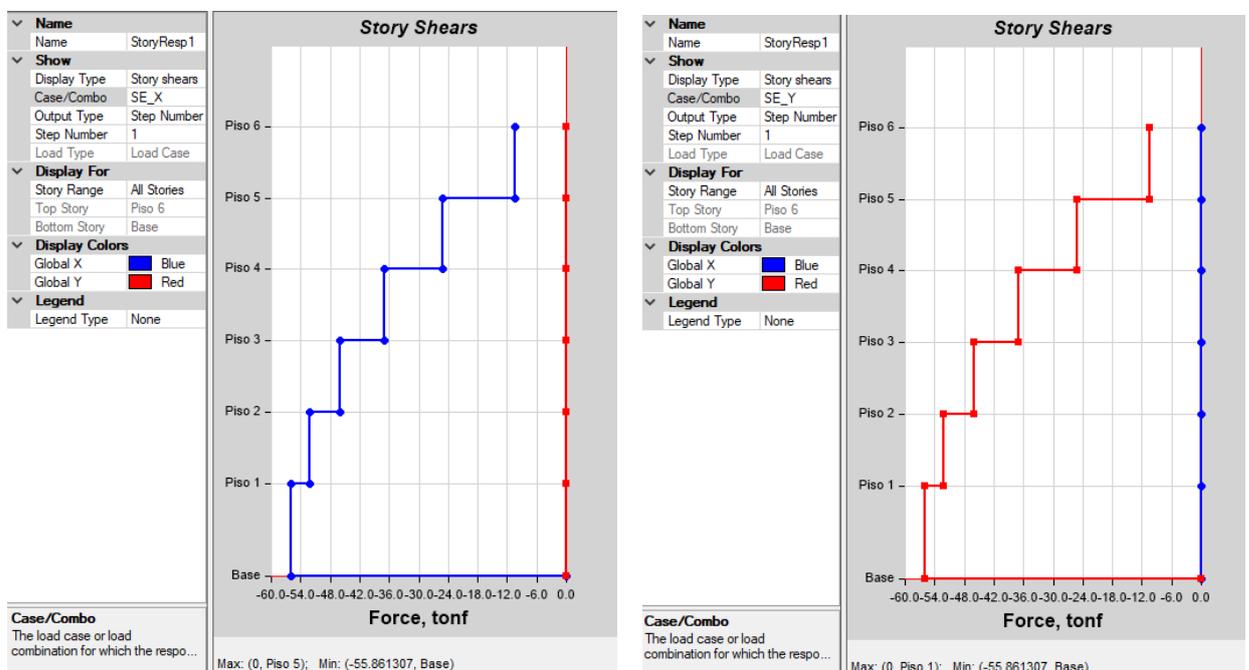
Masa de diafragma rígido por nivel

Nivel	Diafragma	Masa (Tnf-s ² /m)
6	D ₆	6.1433
5	D ₅	10.1599
4	D ₄	10.1599
3	D ₃	10.1599
2	D ₂	10.1599
1	D ₁	10.1797
Total		56.9627

4. Cortante Estático.

Figura N° 87

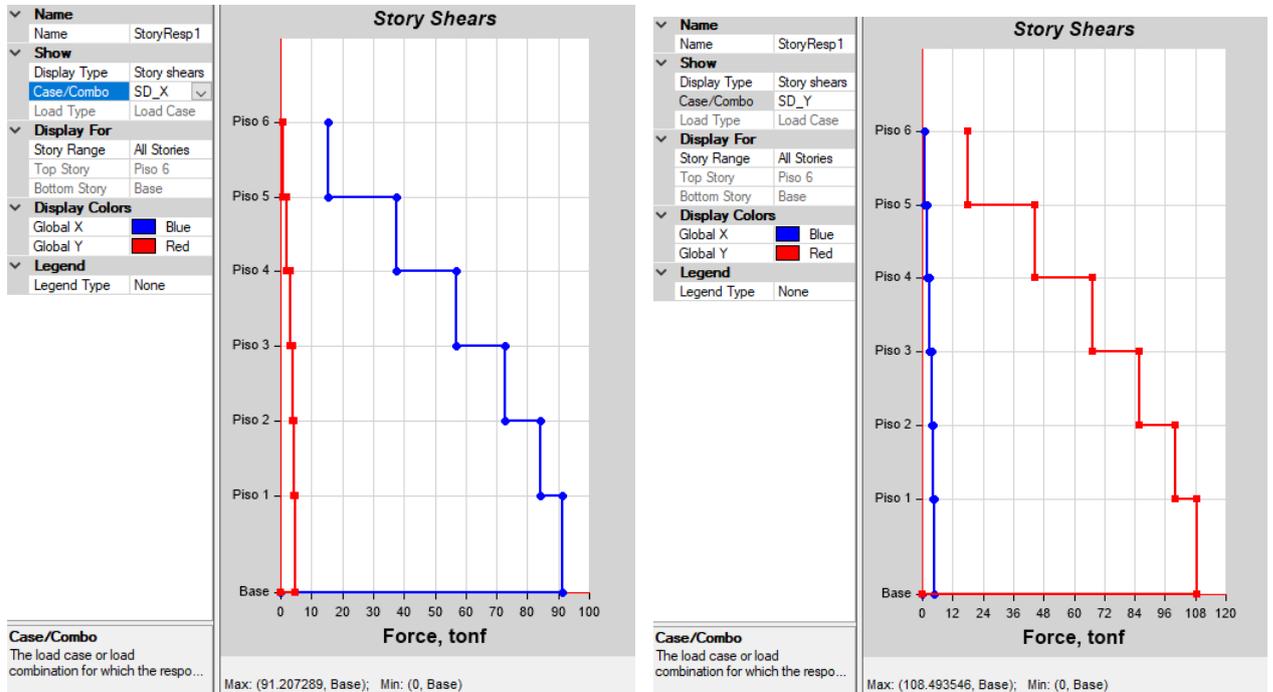
Cortante estático para las direcciones X y Y



5. Cortante Dinámico.

Figura N° 88

Cortante dinámica para las direcciones X y Y



6. Desplazamientos

- ✓ Para el Sismo estático en la dirección X, Y.

Tabla N° 59

Desplazamientos máximos, promedio y en el centro de masa en la dirección X y Y para el sismo estático

Nivel	Altura (m)	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
		$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)
6	17.0	0.0219	0.0190	0.0185	0.0304	0.0296	0.0295
5	14.3	0.0204	0.0178	0.0172	0.0285	0.0278	0.0277
4	11.6	0.0179	0.0156	0.0152	0.0252	0.0246	0.0245
3	8.9	0.0146	0.0127	0.0123	0.0206	0.0201	0.0200
2	6.2	0.0106	0.0091	0.0088	0.0149	0.0145	0.0145
1	3.5	0.0062	0.0052	0.0049	0.0085	0.0083	0.0082

- ✓ Para el Sismo dinámico en la dirección X e Y.

Tabla N° 60

Desplazamientos máximos, promedio y en el centro de masa en la dirección X y Y para el sismo dinámico

Nivel	Altura (m)	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
		$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)	$\Delta_{\text{máx}}$ (m)	Δ_{prom} (m)	Δ_{CM} (m)
6	17.0	0.05240	0.04084	0.02945	0.06298	0.05888	0.05509
5	14.3	0.04930	0.03839	0.02759	0.05947	0.05564	0.05206
4	11.6	0.04385	0.03410	0.02445	0.05300	0.04961	0.04642
3	8.9	0.03619	0.02806	0.02001	0.04369	0.04087	0.03824
2	6.2	0.02679	0.02063	0.01454	0.03206	0.02992	0.02796
1	3.5	0.01592	0.01205	0.00824	0.01850	0.01715	0.01597

7. Derivas.

- ✓ Para el Sismo estático en la dirección X, Y.

Tabla N° 61

Derivas elásticas e inelástica en la dirección X para el sismo estático

Deriva en Dirección X-X			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.000466	0.00285
5	14.3	0.000789	0.00483
4	11.6	0.001084	0.00663
3	8.9	0.001302	0.00797
2	6.2	0.001467	0.00898
1	3.5	0.001474	0.00902

Tabla N° 62*Derivas elásticas e inelástica en la dirección Y para el sismo estático*

Deriva en Dirección Y-Y			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.00066	0.00404
5	14.3	0.001196	0.00732
4	11.6	0.001682	0.01029
3	8.9	0.00205	0.01255
2	6.2	0.00233	0.01426
1	3.5	0.00236	0.01444

✓ Para el Sismo dinámico en la dirección X e Y.

Tabla N° 63*Derivas elásticas e inelástica en la dirección X para el sismo dinámico*

Deriva en Dirección X-X			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.000928	0.00568
5	14.3	0.001616	0.00989
4	11.6	0.00226	0.01383
3	8.9	0.002765	0.01692
2	6.2	0.003181	0.01947
1	3.5	0.003444	0.02108

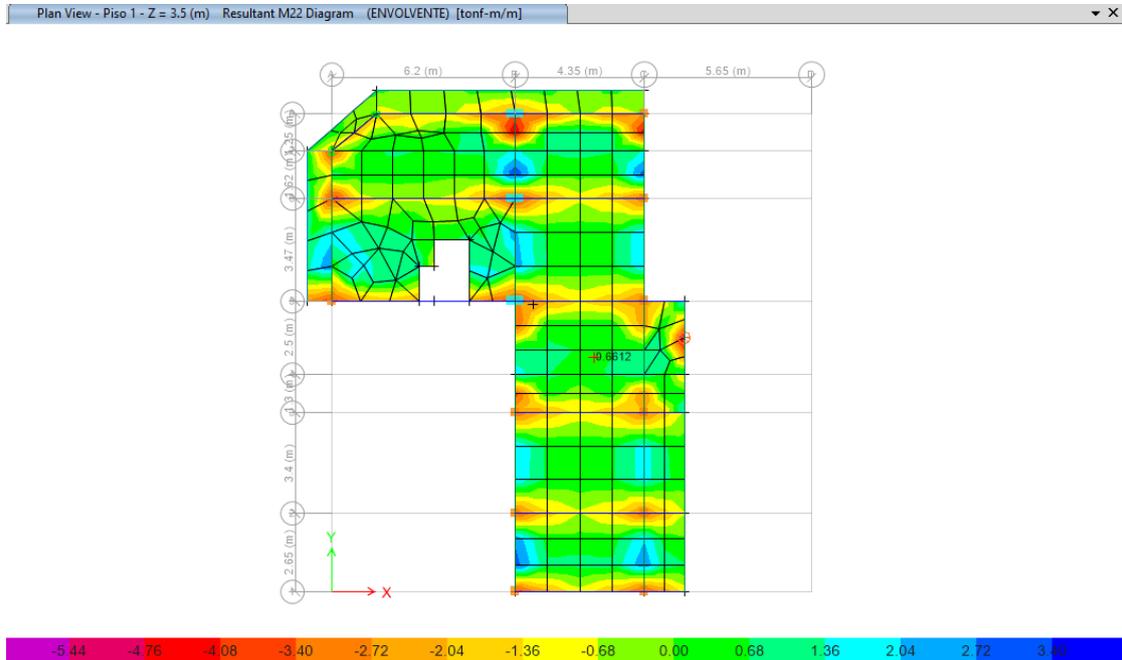
Tabla N° 64*Derivas elásticas e inelástica en la dirección Y para el sismo dinámico*

Deriva en Dirección Y-Y			
Nivel	Altura (m)	Drift elástico (Δ_e)	Drift inelástico (Δ_i)
6	17.0	0.000183	0.00112
5	14.3	0.000317	0.00194
4	11.6	0.000435	0.00266
3	8.9	0.000525	0.00321
2	6.2	0.000606	0.00371
1	3.5	0.000744	0.00455

8. Momentos.

Figura N° 89

Momento para la carga máximo establecida en losa

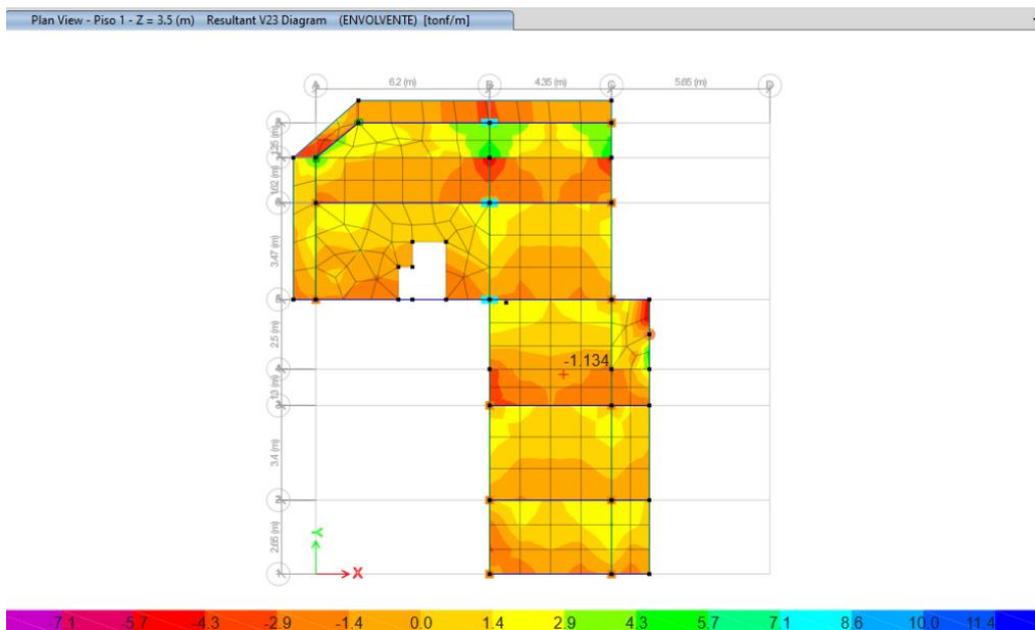


9. Cortantes

La siguiente figura muestra los cortantes máximos establecidos en la losa.

Figura N° 90

Cortante para la carga máximo establecida en losa

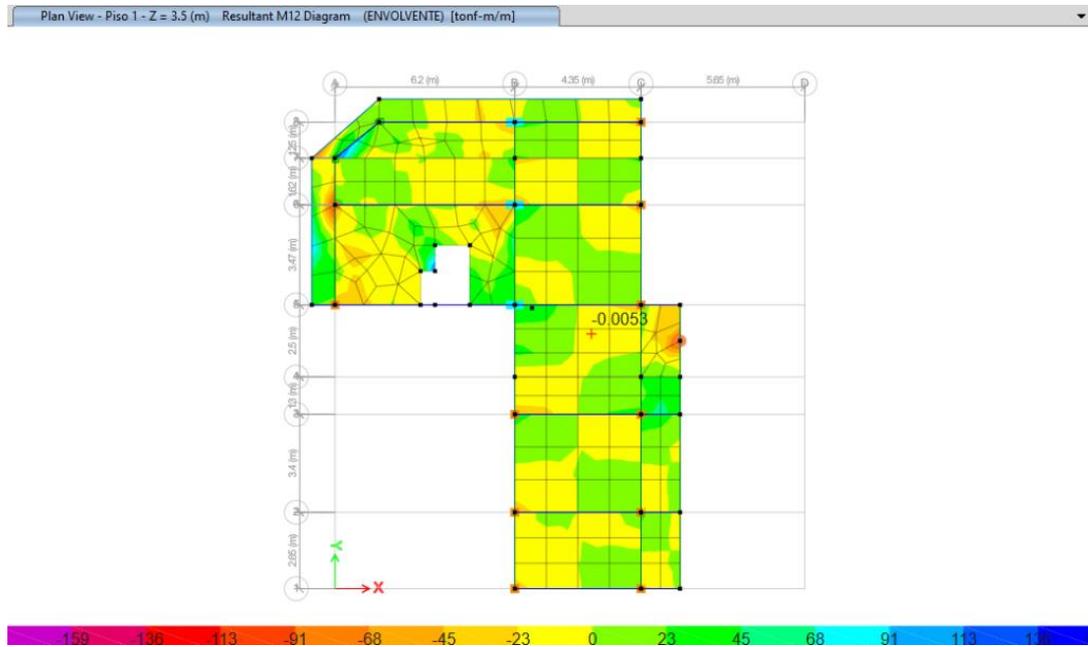


10. Torsión

La siguiente figura muestra los momentos torsores máximos establecidos en la losa.

Figura N° 91

Torsión para la carga máximo establecida en losa



ANEXO N°3: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura N° 92

Verificación de medidas de columnas



Figura N° 93

Verificación de medidas de columna



Figura N° 94

Verificación de medidas de vigas



Figura N° 95

Tesista en el edificio educativo en estudio

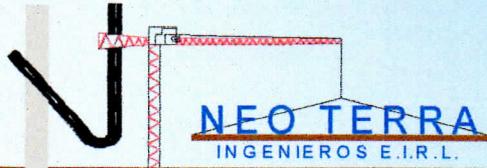


Figura N° 96

Realización del ensayo de esclerometría



ANEXO N°4: ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
Resolución de INDECOPI N° 022951-2007/OSD-INDECOPI
Registro INDECOPI N° 00048905

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

PROYECTO:

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN PUESTO DE SERVICIO EN LA CARRETERA NACIONAL N° 108 ENTRE LOS KM. 10 Y 12, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

SOLICITA:

ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

ELABORADO POR:

ING. ALFREDO SIFUENTES ORTIZ.

UBICACION:

DISTRITO : BAMBAMARCA.
PROVINCIA : HUALGAYOC.
DPTO. : CAJAMARCA.

Cajamarca, 08 de Julio del 2011.

clasificación (granulometría y Límites de Atterberg), humedad natural, además para determinar el comportamiento de la sub rasante, por medio de ensayos de Proctor Modificado y C.B.R., todos estos estudios fueron realizados de acuerdo a lo estipulado en normas técnicas tal como se indica a continuación:

- CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD, mediante procedimiento de secado en estufa a la temperatura de 110° C, según norma ASTM D2216.
- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, por vía húmeda o por lavado con cribado manual, de acorde a la norma ASTM D422.
- LIMITES DE ATTERBERG, Límite líquido y Límite plástico, de acorde con la norma ASTM D4318.
- ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO, mediante métodos manuales, de acorde con la norma ASTM D1557.
- ENSAYO DE C.B.R., de acuerdo a la norma ASTM D1883.
- CLASIFICACION DE SUELOS, en función a la Norma ASTM D2487, que toma como base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), también se procedió a clasificar al suelo acorde con las características del sistema AASHTO,

4. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

De acuerdo a los análisis realizados a las muestras proporcionadas y de los antecedentes indicados anteriormente, se logra establecer que la estratigrafía de la zona de proyecto, es relativamente homogénea, estando conformado en su mayoría por depósitos de suelos cohesivos del tipo arcilla limosa inorgánica de alta plasticidad, de clasificación CH, en el sistema SUCS.

La estratigrafía encontrada, es del tipo continuo, y se proyecta aún por debajo de la máxima profundidad investigada; entonces se tiene que el suelo del lugar de estudio, en general corresponde a depósitos color marrón a beige del tipo arcilloso, se encuentra en estado medianamente consolidado, y poco húmedo, presenta una estructura maciza o continua, con presencia de grietas y micro fisuras por donde penetra la humedad superficial hacia el sub suelo.

Estructuralmente se comporta fuerte y resistente en estado seco con dilatación lenta y tenacidad media, tiene disposición a adsorber moderadas cantidades de agua debido a su naturaleza semi permeable, al entrar en contacto con la humedad se torna blando e inestable, perdiendo resistencia al corte.

6. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Se adjuntan en los Anexos II y III.

7. CONCLUSIONES:

- 7.1 En las muestras obtenidas se realizaron las determinaciones necesarias para poder proceder a su clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el Sistema AASHTO, a saber: límite líquido, límite plástico, y porcentaje de partículas menores que las mallas número 40 y 200, mediante análisis granulométrico por lavado, así como también se determinó la humedad natural
- 7.2 De acuerdo a las investigaciones de campo realizadas y a los resultados de laboratorio, se tiene que la estratigrafía de la zona del proyecto, lo conforman en su gran mayoría depósitos de suelos cohesivos de consistencia alta, de arcillas inorgánicas de alta plasticidad, suelos de granulometría mayormente fina; del tipo CH.
- 7.3 En base a las características de los suelos encontrados, se determinó la capacidad de soporte de la sub rasante, para lo cual, se tuvo en cuenta un predimensionamiento del bulbo de presiones activo producido por una serie de repeticiones de cargas vehiculares, y de acuerdo a la información proporcionada por la parte solicitante, al momento de alcanzar las muestras se logró establecer que en este caso, el material más representativo de cada tramo en la zona de estudio, y sobre el cual actúan las cargas señalándose estos valores en el cuadro 5.1 del presente informe.
- 7.4 De los valores anteriormente expuestos, se concluye que el terreno presenta regular a baja calidad como sub rasante, sumado a esto principalmente el tipo de suelo y al porcentaje de saturación, condiciones que van a afectar su comportamiento ante la presencia de cargas.
- 7.5 Por información alcanzada por la parte solicitante, al momento de excavar las calicatas y hasta la máxima profundidad investigada (1.50 m.), no se encontró el nivel freático a la fecha de realizar los estudios de campo.



Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz
CIP 74682



NEO TERRA
INGENIEROS E.I.R.L.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

ANEXO I

ENSAYOS DE LABORATORIO EFECTUADOS


Ing. Alfredo Sifuentes Ortiz
CIP 74682

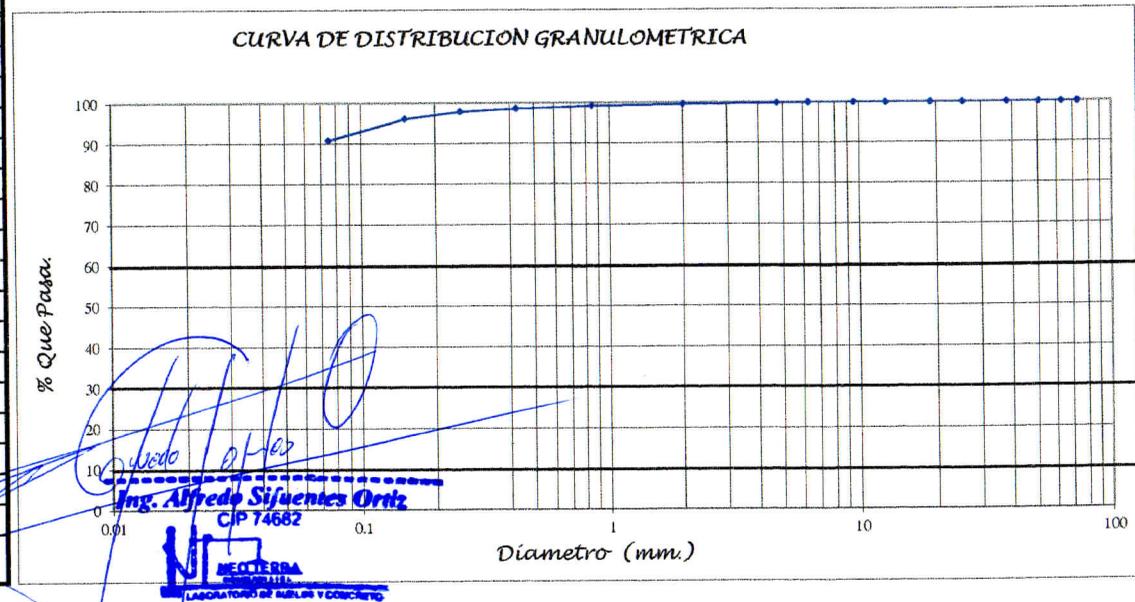
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

OBRA	MEJORAMIENTO DE LA PLAZA PRINCIPAL DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA, DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		
SOLICITA	Ing. José Luis Chávez Ticse	CAJAMARCA, FEBRERO DE 2020	UBICACIÓN
MUESTRA	Calicata - C1		Distrito Bambamarca, Provincia Hualgayoc, Región Cajamarca.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO ASTM - D422

PESO SECO INICIAL :	920.00 gr.
PESO SECO FINAL :	83.55 gr.
PESO MENOR No 200 :	836.45 gr.

TAMIZ N°	Abert (mm)	PESO RETENIDO		PORCENTAJE ACUMULADO	
		PARCIAL	% Parcial	% Reten. Acumulado	% Que Pasa
3	73.15	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.30	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	1.44	0.16	0.16	99.84
N° 10	2.00	1.92	0.21	0.37	99.63
N° 20	0.85	3.81	0.41	0.78	99.22
N° 40	0.43	5.11	0.56	1.33	98.67
N° 60	0.25	6.07	0.66	1.99	98.01
N° 100	0.15	16.21	1.76	3.76	96.24
N° 200	0.08	48.99	5.33	9.08	90.92
Cazoleta	0.00	0.00	0.00	9.08	90.92
TOTAL		83.55			



RESUMEN

MALLA	%QUE PASA	SUCS	CH	Tamaño máximo del suelo	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			
N° 4	99.84	AASHTO	A-7-6 (14)	6.30 mm	TIPO MUESTRA	ALTERADA	-) CONDICION DE MUESTREO:	Realizado por la parte solicitante
N° 10	99.63	% GRAVA	0.00	D60 =	Cu =		-) CONDICION DE MUESTRA :	Alterada tipo Mab.
N° 40	98.67	% ARENA	9.08	D30 =	Cc =			
N° 200	90.92	%FINOS	90.92	D10 =				

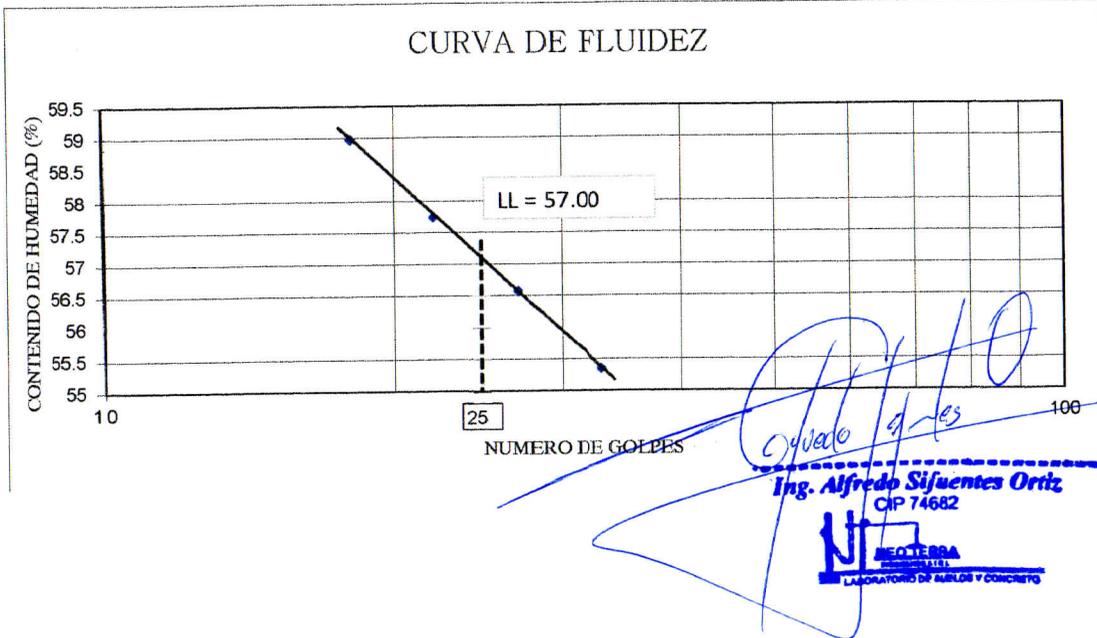
OBRA	MEJORAMIENTO DE LA PLAZA PRINCIPAL DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA, DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		
SOLICITA	OPERAÇÕES DE OBRAS	CAJAMARCA, FEBRERO DE 2020	UBICACIÓN
MUESTRA	Calicata - C1		Distrito Bambamarca, Provincia Hualgayoc, Región Cajamarca.

LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D4318

ENSAYO N°	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	4	1	2
Peso suelo hum+tara	52.65	52.74	45.90	51.54	33.80	33.23
Peso suelo seco + tara	37.82	37.77	33.49	36.70	29.38	28.92
Peso del Agua	14.83	14.97	12.41	14.84	4.42	4.31
Peso Tara	11.04	11.32	11.99	11.55	12.00	11.95
Peso del suelo	26.78	26.45	21.50	25.15	17.38	16.97
Contenido de humedad (%)	55.35	56.57	57.74	58.98	25.46	25.38
Número de golpes	33	27	22	18	PROMEDIO (%)	25.42

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD ASTM D 2216

MUESTRA	Calicata - C1	Calicata - C1	Calicata - C1
ESTRATO	Unico	Unico	Unico
TARA NO	A	B	C
Peso suelo hum+tara	97.52	100.87	86.19
Peso suelo seco + tara	87.06	89.71	77.42
Peso del agua	10.46	11.16	8.77
Peso tara	22.46	21.55	22.80
Peso del suelo	64.60	68.16	54.62
Contenido de humedad (%)	16.19	16.37	16.06
PROMEDIO (%)	16.21		



LÍMITE LÍQUIDO =	57.00%		
LÍMITE PLÁSTICO =	25.00%	W(%) PROM.	16.21%
INICE PLÁSTICO =	32.00%	INDICE LIQUEZ	-0.27

ESPECIFICACIONES:

Secado de la muestra antes del ensayo: A temperatura ambiente.
 Secado de la muestra para obtener humedades: Al horno a 110°C +5°C
 Tipo de Muestra para Ensayo: Alterada.
 Agua Empleada: Agua Potable.
 Rago de Medición: Balanza electrónica de 500gr. y 0.01gr.
 Muestra: Calicata - C1 - Jirón Jaime Martínez y Psje Sta. Rosa

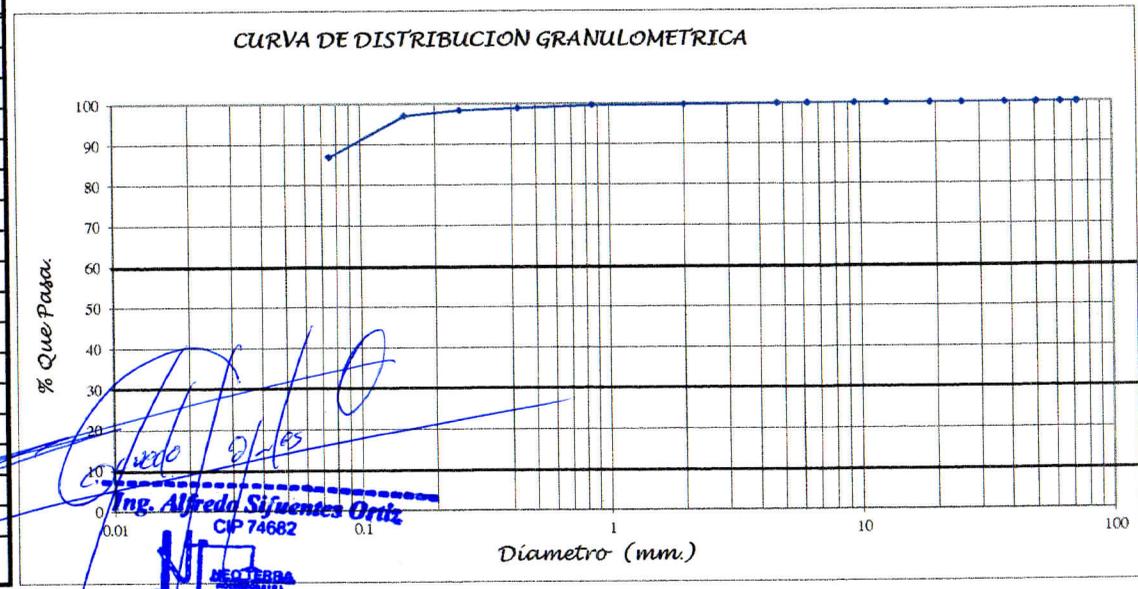
CONDICION DE MUESTRO:	CONDICION DE MUESTRA	
Realizado por la parte solicitante	Alterada del tipo Mab	
CLASIFICACION DEL SUELO	SUCS	CH
	AASHTO	A-7-6 (14)

OBRA	MEJORAMIENTO DE LA PLAZA PRINCIPAL DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA, DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA			
SOLICITA	Ing. José Luis Chávez Ticse	CAJAMARCA, FEBRERO DE 2020	UBICACIÓN	Distrito Bambamarca, Provincia Hualgayoc, Región Cajamarca.
MUESTRA	Calicata - C2			

ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO ASTM - D422

PESO SECO INICIAL :	950.00 gr.
PESO SECO FINAL :	122.72 gr.
PESO MENOR No 200 :	827.28 gr.

TAMIZ N°	Abert (mm)	PESO RETENIDO		PORCENTAJE ACUMULADO	
		PARCIAL	% Parcial	% Reten. Acumulado	% Que Pasa
3	73.15	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.30	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.00	1.87	0.20	0.20	99.80
N° 20	0.85	1.51	0.16	0.36	99.64
N° 40	0.43	6.88	0.72	1.08	98.92
N° 60	0.25	4.23	0.45	1.53	98.47
N° 100	0.15	12.18	1.28	2.81	97.19
N° 200	0.08	96.05	10.11	12.92	87.08
Cazoleta	0.00	0.00	0.00	12.92	87.08
TOTAL		122.72			



RESUMEN

MALLA	%QUE PASA	SUCS	CH	Tamaño máximo del suelo	4.750 mm	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA		
N° 4	100.00	AASHTO	A-7-6 (13)	D60 =	-----	TIPO MUESTRA	ALTERADA	-) CONDICION DE MUESTREO: Realizado por la parte solicitante
N° 10	99.80	% GRAVA	0.00	D30 =	-----	Cu =	-----	-) CONDICION DE MUESTRA : Alterada tipo Mab.
N° 40	98.92	% ARENA	12.92	D10 =	-----	Cc =	-----	
N° 200	87.08	%FINOS	87.08					

OBRA	MEJORAMIENTO DE LA PLAZA PRINCIPAL DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA, DISTRITO DE BAMBAMARCA - PROVINCIA DE HUALGAYOC - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		
SOLICITA	Ing. José Luis Chávez Ticse	CAJAMARCA, FEBRERO DE 2020	UBICACIÓN Distrito Bambamarca, Provincia Hualgayoc, Región Cajamarca.
MUESTRA	Calicata - C2		

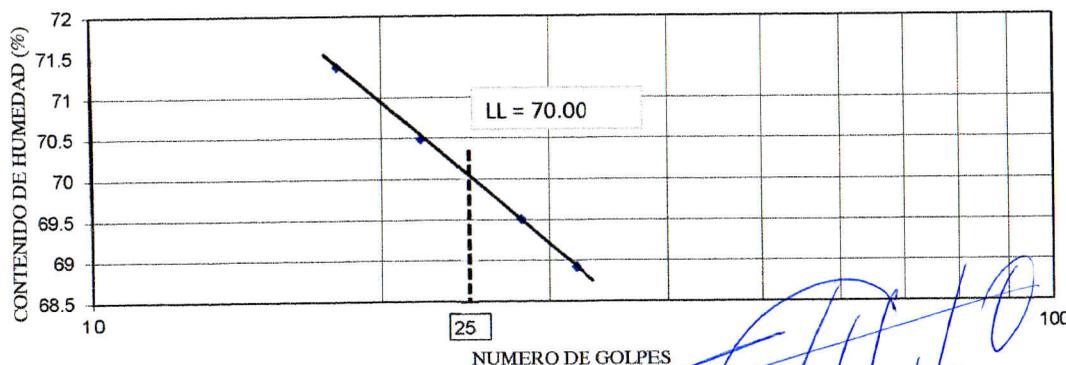
LIMITES DE ATTERBERG - ASTM D4318

ENSAYO N°	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	1	2	3	4	1	2
Peso suelo hum+tara	43.31	50.80	42.78	50.53	33.19	34.99
Peso suelo seco + tara	36.70	41.53	36.68	40.44	32.14	33.21
Peso del Agua	6.61	9.26	6.10	10.09	1.05	1.78
Peso Tara	27.10	28.21	28.03	26.31	28.39	26.89
Peso del suelo	9.60	13.33	8.65	14.13	3.75	6.31
Contenido de humedad (%)	68.92	69.51	70.49	71.38	28.04	28.26
Número de golpes	32	28	22	18	PROMEDIO (%)	28.15

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD ASTM D 2216

MUESTRA	Calicata - C2	Calicata - C2	Calicata - C2
ESTRATO	Unico	Unico	Unico
TARA NO	A	B	C
Peso suelo hum+tara	110.57	105.44	115.22
Peso suelo seco + tara	102.09	96.78	105.53
Peso del agua	8.48	8.66	9.69
Peso tara	22.69	23.07	22.81
Peso del suelo	79.40	73.71	82.72
Contenido de humedad (%)	10.68	11.75	11.71
PROMEDIO (%)	11.38		

CURVA DE FLUIDEZ



LÍMITE LÍQUIDO =	70.00%		
LÍMITE PLÁSTICO =	28.00%	W(%) PROM.	11.38%
INICE PLÁSTICO =	42.00%	INDICE LIQUIDEZ	-0.40

ESPECIFICACIONES:

Secado de la muestra antes del ensayo: A temperatura ambiente.
 Secado de la muestra para obtener humedades: Al horno a 110°C +5°C
 Tipo de Muestra para Ensayo: Alterada.
 Agua Empleada: Agua Potable.
 Rango de Medición: Balanza electrónica de 500gr. y 0.01gr.
 Muestra: Calicata - C2 - Jirón Jaime Martínez y Av. Tupac Amaru

CONDICION DE MUESTRO:	CONDICION DE MUESTRA	
Realizado por la parte solicitante	Alterada del tipo Mab	
CLASIFICACION DEL SUELO	SUCS	CH
	AASHTO	A-7-6 (13)

Alfredo Sifuentes Ortiz
Tng. Alfredo Sifuentes Ortiz
 CIP 74682



ANEXO N°5: ESTUDIOS DE ESCLEROMETRÍA

Psj. Diego Ferre N° 295 – Barrio San Martín - Cajamarca
CORREO: guersaningenieros@gmail.com

MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (ASTM C 805M-13a)

TESIS:

"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO
CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON
LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"

UBICACIÓN:

DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE
HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.

TESISTA:

EVER OSMAR CONDOR PÓSITO

CAJAMARCA, 14 DE OCTUBRE DEL 2022

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

.....
Jhony Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 265746

	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"		GI-CCCe-109-10-22
			Fecha: 14/10/2022
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	EVER OSMAR CONDOR PÓSITO		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 01			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	14/10/2022	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	No especificado	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	No especificado
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZCE-A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	Ninguna
FECHA DE CALIBRACIÓN:	14/10/2022	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	COLUMNA N° 1	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	37	VÁLIDO	/
2	38	VÁLIDO	
3	36	VÁLIDO	
4	39	VÁLIDO	
5	36	VÁLIDO	
6	37	VÁLIDO	
7	39	VÁLIDO	
8	37	VÁLIDO	
9	39	VÁLIDO	
10	37	VÁLIDO	
11	39	VÁLIDO	
12	39	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	38	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.2
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		320 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 Joaquin Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746	

	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"		GI-CCCe-109-10-22
			Fecha: 14/10/2022
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	EVER OSMAR CONDOR PÓSITO		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 02			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	14/10/2022	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	No especificado	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	No especificado
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZCE-A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	Ninguna
FECHA DE CALIBRACIÓN:	14/10/2022	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	COLUMNA N° 2	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	35	VÁLIDO	/
2	35	VÁLIDO	
3	39	VÁLIDO	
4	37	VÁLIDO	
5	36	VÁLIDO	
6	35	VÁLIDO	
7	36	VÁLIDO	
8	38	VÁLIDO	
9	35	VÁLIDO	
10	37	VÁLIDO	
11	37	VÁLIDO	
12	37	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	36	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.3
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		290 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 Joaquin Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746	

	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"		GI-CCCe-109-10-22
			Fecha: 14/10/2022
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	EVER OSMAR CONDOR PÓSITO		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 03			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	14/10/2022	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	No especificado	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	No especificado
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZCE-A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	Ninguna
FECHA DE CALIBRACIÓN:	14/10/2022	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	COLUMNA N° 3	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	36	VÁLIDO	/
2	37	VÁLIDO	
3	38	VÁLIDO	
4	35	VÁLIDO	
5	38	VÁLIDO	
6	39	VÁLIDO	
7	37	VÁLIDO	
8	35	VÁLIDO	
9	36	VÁLIDO	
10	39	VÁLIDO	
11	38	VÁLIDO	
12	38	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	37	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.40
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		310 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 Joaquin Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746	

	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"		GI-CCCe-109-10-22
			Fecha: 14/10/2022
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	EVER OSMAR CONDOR PÓSITO		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 04			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	14/10/2022	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	No especificado	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	No especificado
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZCE-A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	Ninguna
FECHA DE CALIBRACIÓN:	14/10/2022	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	VIGA N° 1	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	40	VÁLIDO	/
2	39	VÁLIDO	
3	41	VÁLIDO	
4	41	VÁLIDO	
5	39	VÁLIDO	
6	40	VÁLIDO	
7	37	VÁLIDO	
8	39	VÁLIDO	
9	38	VÁLIDO	
10	38	VÁLIDO	
11	40	VÁLIDO	
12	39	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	39	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.22
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		340 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 Joaquin Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746	

	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"	GI-CCCe-109-10-22
		Fecha: 14/10/2022

**MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO
(A.S.T.M. C 805M-13a)**

TESISTA:	EVER OSMAR CONDOR PÓSITO
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.

ENSAYO N° 05

INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	14/10/2022	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	No especificado	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	No especificado
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZCE-A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	Ninguna
FECHA DE CALIBRACIÓN:	14/10/2022	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco

INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES

ESTRUCTURA:	VIGA N° 2	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$
--------------------	-----------	---------------------------	--------------

REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	39	VÁLIDO	
2	41	VÁLIDO	
3	40	VÁLIDO	
4	37	VÁLIDO	
5	40	VÁLIDO	
6	38	VÁLIDO	
7	41	VÁLIDO	
8	38	VÁLIDO	
9	37	VÁLIDO	
10	37	VÁLIDO	
11	38	VÁLIDO	
12	39	VÁLIDO	

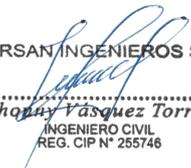
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	39	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.5
--------------------------------------	----	---	-----

CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):

340 kg/cm²

(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.

OBSERVACIONES:	REVISADO Y APROBADO POR:
	 GUERSAN INGENIEROS S.R.L. Joaquin Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746

	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"		GI-CCCe-109-10-22
			Fecha: 14/10/2022
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	EVER OSMAR CONDOR PÓSITO		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 06			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	14/10/2022	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	No especificado	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	No especificado
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZCE-A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	Ninguna
FECHA DE CALIBRACIÓN:	14/10/2022	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	VIGA N° 3	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 0$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	41	VÁLIDO	/
2	40	VÁLIDO	
3	38	VÁLIDO	
4	40	VÁLIDO	
5	38	VÁLIDO	
6	39	VÁLIDO	
7	39	VÁLIDO	
8	40	VÁLIDO	
9	41	VÁLIDO	
10	40	VÁLIDO	
11	41	VÁLIDO	
12	40	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	40	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.1
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		350 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 Joaquín Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746	

	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"		GI-CCCe-109-10-22
			Fecha: 14/10/2022
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	EVER OSMAR CONDOR PÓSITO		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 07			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	14/10/2022	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	No especificado	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	No especificado
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZCE-A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	Ninguna
FECHA DE CALIBRACIÓN:	14/10/2022	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	LOSA N° 1	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 90$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	34	VÁLIDO	/
2	33	VÁLIDO	
3	32	VÁLIDO	
4	34	VÁLIDO	
5	36	VÁLIDO	
6	34	VÁLIDO	
7	33	VÁLIDO	
8	34	VÁLIDO	
9	36	VÁLIDO	
10	36	VÁLIDO	
11	34	VÁLIDO	
12	35	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	34	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.3
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		200 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 Joaquin Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746	

	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"		GI-CCCe-109-10-22
			Fecha: 14/10/2022
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	EVER OSMAR CONDOR PÓSITO		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 08			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	14/10/2022	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	No especificado	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	No especificado
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZCE-A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	Ninguna
FECHA DE CALIBRACIÓN:	14/10/2022	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	LOSA N° 1	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 90$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	30	VÁLIDO	/
2	31	VÁLIDO	
3	33	VÁLIDO	
4	32	VÁLIDO	
5	35	VÁLIDO	
6	32	VÁLIDO	
7	31	VÁLIDO	
8	35	VÁLIDO	
9	30	VÁLIDO	
10	31	VÁLIDO	
11	30	VÁLIDO	
12	34	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	32	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.9
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		170 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 Joaquín Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746	

	"COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO"		GI-CCCe-109-10-22
			Fecha: 14/10/2022
MÉTODO ESTÁNDAR DEL NÚMERO DE REBOTE EN CONCRETO ENDURECIDO (A.S.T.M. C 805M-13a)			
TESISTA:	EVER OSMAR CONDOR PÓSITO		
UBICACIÓN:	DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC, REGIÓN DE CAJAMARCA.		
ENSAYO N° 09			
INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN ACERCA DEL CONCRETO	
FECHA DE ENSAYO:	14/10/2022	TIPO DE AGREGADO Y MEZCLA EMPLEADA:	No especificado
EDAD DEL CONCRETO:	No especificado	RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPECIFICADA:	No especificado
IDENTIFICACIÓN DEL MARTILLO:		DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO	
MARCA - MODELO:	A&A (ZCE-A)	TIPO DE SUPERFICIE:	Frotachado
N° DE SERIE:	503	CONDICIÓN DE CURADO:	Ninguna
FECHA DE CALIBRACIÓN:	14/10/2022	CONDICIÓN DE HUMEDAD:	Seco
INFORMACIÓN DEL NÚMERO DE REBOTES			
ESTRUCTURA:	LOSA N° 1	ÁNGULO DE IMPACTO:	$\alpha = 90$
REGISTRO DE LECTURAS			
N° LECTURA	REBOTE (R)	ACEPTACIÓN	OBSERVACIONES INDIVIDUALES
1	33	VÁLIDO	/
2	32	VÁLIDO	
3	30	VÁLIDO	
4	30	VÁLIDO	
5	34	VÁLIDO	
6	31	VÁLIDO	
7	32	VÁLIDO	
8	33	VÁLIDO	
9	35	VÁLIDO	
10	31	VÁLIDO	
11	35	VÁLIDO	
12	32	VÁLIDO	
PROCESAMIENTO DE DATOS DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA			
PROMEDIO DE LECTURAS VÁLIDAS:	32	DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LECTURAS:	1.7
CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO PROMEDIO DE REBOTE (R) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO (*):		170 kg/cm ²	
(*) Valor de la tabla de correlaciones del esclerómetro empleado.			
OBSERVACIONES:		REVISADO Y APROBADO POR:	
		 Joaquín Vásquez Torres INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 255746	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Para la ejecución del presente trabajo se utilizó ensayos de auscultación no destructivos, mediante el Método Estándar del Número de rebote en concreto endurecido, realizado de acuerdo a la Norma ASTM C 805M-13a.
- El ensayo realizado con el equipo llamado Martillo de Schmidt o Esclerómetro, evalúa la dureza superficial del concreto por medio de la medición del rebote de un émbolo cargado con un resorte, después de haber golpeado una superficie plana de la estructura, la dureza superficial además de ser útil para revisar la uniformidad del concreto, es una indicación de la resistencia a compresión.
- Se realizaron 09 ensayos de Esclerometría en total, en elementos estructurales dentro del área de influencia de la tesis: "COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO EDUCATIVO CON ENTREPISO DE LOSA ALIGERADA CON LADRILLO Y POLIESTIRENO EXPANDIDO", las estructuras donde se realizaron los mencionados ensayos, con su respectivo resultado, se detallan a continuación:

CUADRO RESUMEN			
ENSAYO N°	ESTRUCTURA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN REQUERIDA kg/cm2	RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA kg/cm2
1	COLUMNA N° 1	No especificado	320.00
2	COLUMNA N° 2	No especificado	290.00
3	COLUMNA N° 3	No especificado	310.00
4	VIGA N° 1	No especificado	340.00
5	VIGA N° 2	No especificado	340.00
6	VIGA N° 3	No especificado	350.00

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Jhony Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 255746

ENSAYO N°	ESTRUCTURA	RESISTENCIA A COMPRESIÓN REQUERIDA kg/cm2	RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA kg/cm2
7	LOSA N° 1	No especificado	200.00
8	LOSA N° 2	No especificado	170.00
9	LOSA N° 3	No especificado	170.00

- Antes de tomar como válidos los resultados se tiene que saber, que éstos pueden estar afectados por la rugosidad de la superficie, el tamaño, forma y rigidez de la superficie, tamaño máximo del agregado grueso, la edad y condición de humedad del elemento y la carbonatación de la superficie del concreto.
- Se recomienda, que, en caso de existir algunas dudas en las pruebas realizadas de auscultación no destructiva con Esclerómetro, se deberá realizar ensayos destructivos como extracción con diamantina de núcleos de concreto endurecido, de acuerdo a la norma ASTM C 42.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Jhony Vásquez Torres
Jhony Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 255746

ANEXO 01: ABACO DE CORRELACIÓN NÚMERO DE REBOTE – RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

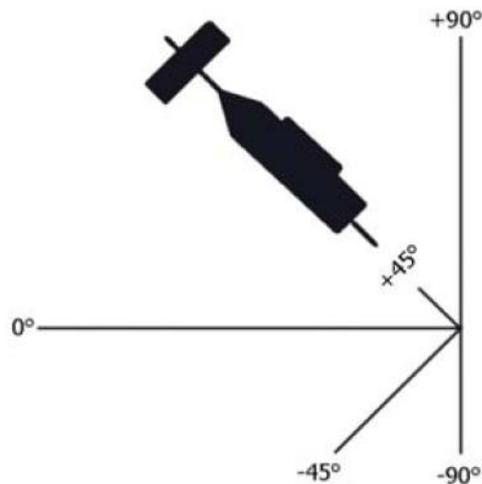
Jhony Vásquez Torres
.....
Jhony Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 255746



ZHEJIANG TUGONG INSTRUMENT CO., LTD.

MANUAL DEL USUARIO
ESCLEROMETRO

R	$\alpha - 90^\circ$	$\alpha - 45^\circ$	$\alpha - 0^\circ$	$\alpha + 45^\circ$	$\alpha + 90^\circ$
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Por encima 600	Por encima 600	580	550	530
55	Por encima 600	Por encima 600	600	570	550



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Jhony Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 255746

ANEXO N°6: HOJA TÉCNICA DE LADRILLO

FICHA TÉCNICA



MANUAL APOYO	LADRILLO HUECO 15 LISO
--------------	------------------------

CARACTERISTICAS GENERALES

Denominación del Bien	: HUECO 15 LISO		
Denominación técnica	: LADRILLO HUECO 15		
Grupo/clase/familia	: CONSTRUCCIONES DE TECHO		
Dimensiones (mm)	Alto	Ancho	L. Corte
	150	300	300
Peso	: 7.05 Kg.		
Unidades m ²	: 9		



Anexos adjuntos:

Descripción general: Es el ladrillo fabricado de arcilla moldeada, extruida y quemada o cocida en un horno tipo túnel de proceso continuo.

CARACTERISTICAS TECNICAS

DE LOS TIPOS DE LADRILLOS

Según la Norma NTP 399.613:2005 - 339.604 - 399.604 este ladrillo corresponde:

Tipo : Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

CARACTERISTICAS FISICAS

	según NTP	según muestra
VARIACION DE LA DIMENSION (mm)	± 2.0	± 2.0
ALABEO (mm)	2	0
RESISTENCIA A LA FLEJO-TRACCION (Kg/cm ²)	2.04 Kg/cm ²	2.50 Kg/cm ²
ABSORCION (%)	<22	13.10
EFLORESCENCIA	NO EFLORESCENTE	NO EFLORESCENTE

OTRAS ESPECIFICACIONES

- Proceso de fabricación altamente controlado.
- Control de Calidad riguroso en todos los procesos.
- Peso exacto
- Secado Artificial Automatizado

EL CONTENIDO DE LA FICHA PUEDE VARIAR POR CAMBIOS EN LOS PROCEDIMIENTOS O EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

ACTUALIZADO: FEBRERO 2019

Parcela 10234 Fundo Santa Inés, Puente Piedra – Lima. Telf: (051) 711-3322

www.ladrilloslark.com.pe

ANEXO N°7: HOJA TÉCNICA POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)



Catálogo Ladrillos para techo

Ladrillo Casetón 1.20x30x0.15 metros Etsapol 11763



Alt: 15 cm
Ancho: 30 cm
Prof: 120 cm

FICHA TÉCNICA

Características Los ladrillos de tecnopor reemplazan a 4 ladrillos de arcilla, disminuyen los ruidos molestos entre pisos y producen mayor confort térmico. Su fácil descarga, manipulación y traslado garantizan un menor tiempo de instalación, logrando una reducción en costos en mano de obra, además genera un importante ahorro de fierro y hormigón en la estructura por mayor esparcimiento entre viguetas.

Observaciones Puede reducir hasta 80 Kg/m²

Recomendaciones De Uso Una vez colocados los ladrillos en la losa aligerada estos deben recibir grandes dosis de agua, sobre todo por debajo (donde se realizará el enlucido). Tener cuidado con el transporte del producto a obra.

Modelo Caseton

Ancho Del Producto 30 cm

Color Blanco

Rendimiento 2.5 u/m²

Advertencia de uso Utilizar los implementos de seguridad al momento de manipular el producto. Utilizar el equipo y herramientas adecuadas para instalar el producto. Mantener alejado de los niños. Antes y después de la construcción, no exponerlos a la intemperie. Evitar que se mojen con la lluvia.

Medida 1.20x0.30x0.15m

Garantía 1 Año

Profundidad Del Producto 120 cm

Altura Del Producto 15 cm

Tipo de Producto Ladrillo

Material Poliestireno

Marca Etsapol

Peso Del Producto 0.15 kg

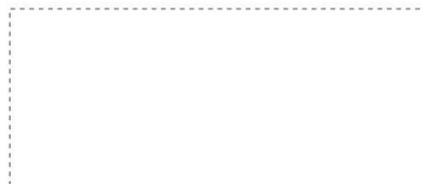
Diseño Rectangular

Uso Ideales para la construcción de losas aligeradas.

Despacho a Domicilio



Financiamiento



ANEXO N°8: CONSTANCIAS DE LABORATORIO



PERÚ

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00102926

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 020280-2017/DSD - INDECOPI de fecha 29 de septiembre de 2017, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación GUERSAN INGENIEROS SRL y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo adjunto

Distingue : Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0713930-2017

Titular : GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

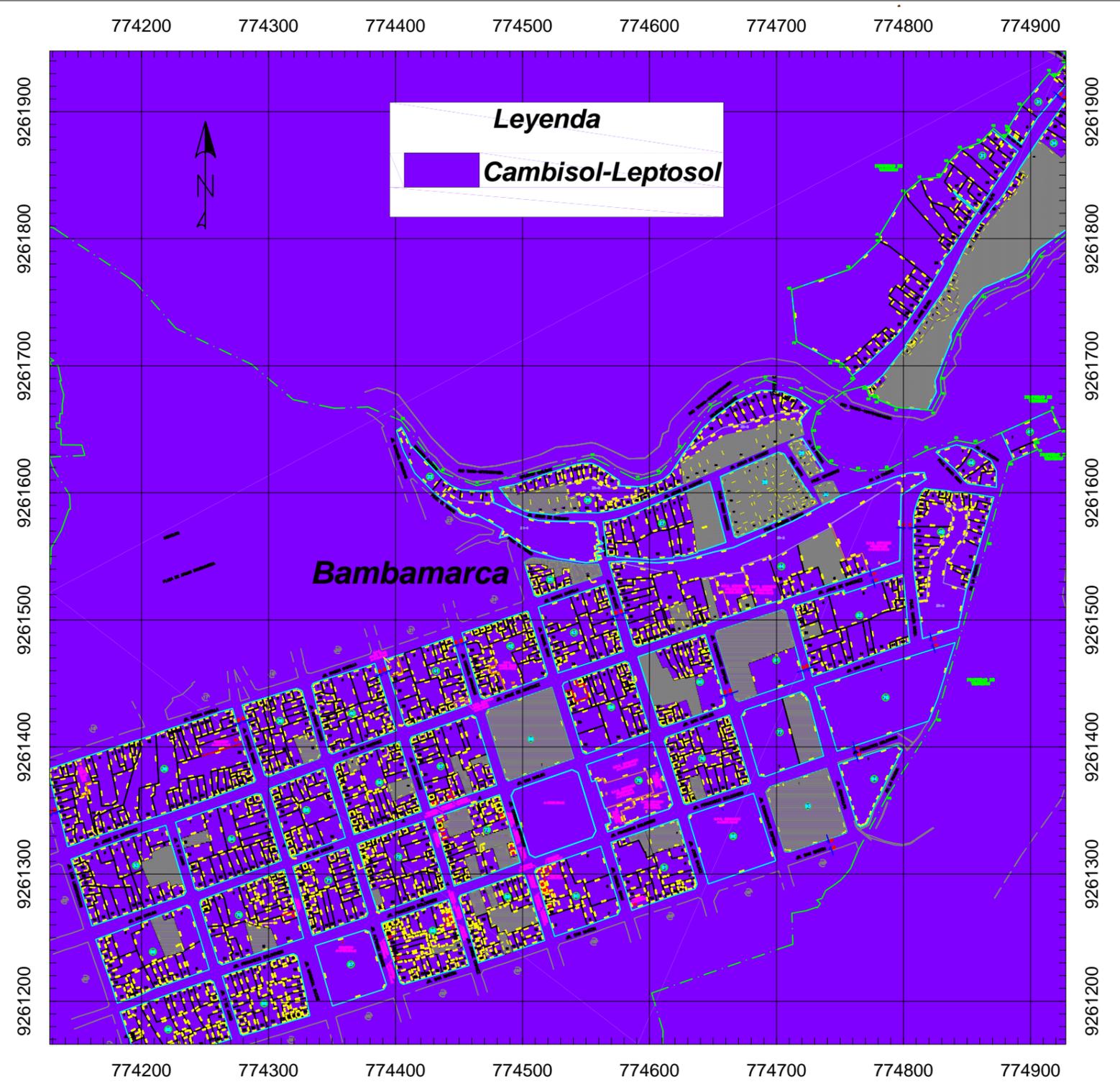
País : Perú

Vigencia : 29 de septiembre de 2027

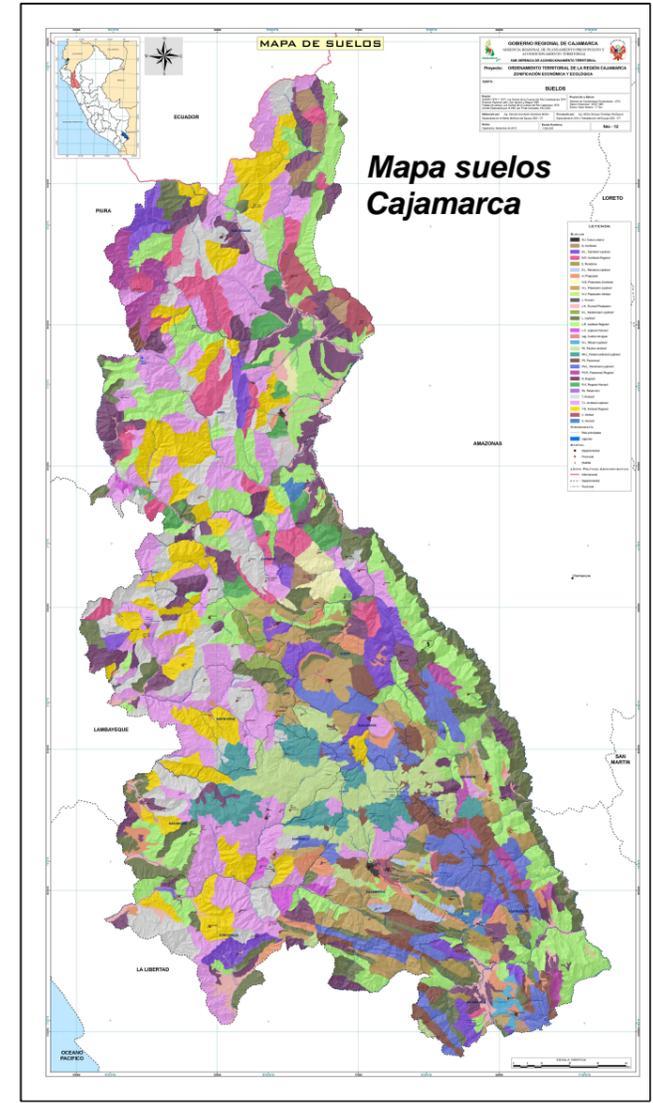
Tomo : 0515

Folio : 140

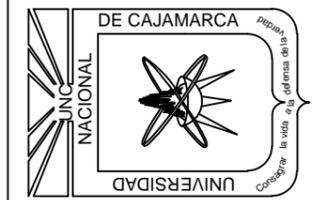
RAY MELONI GARCIA
Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI

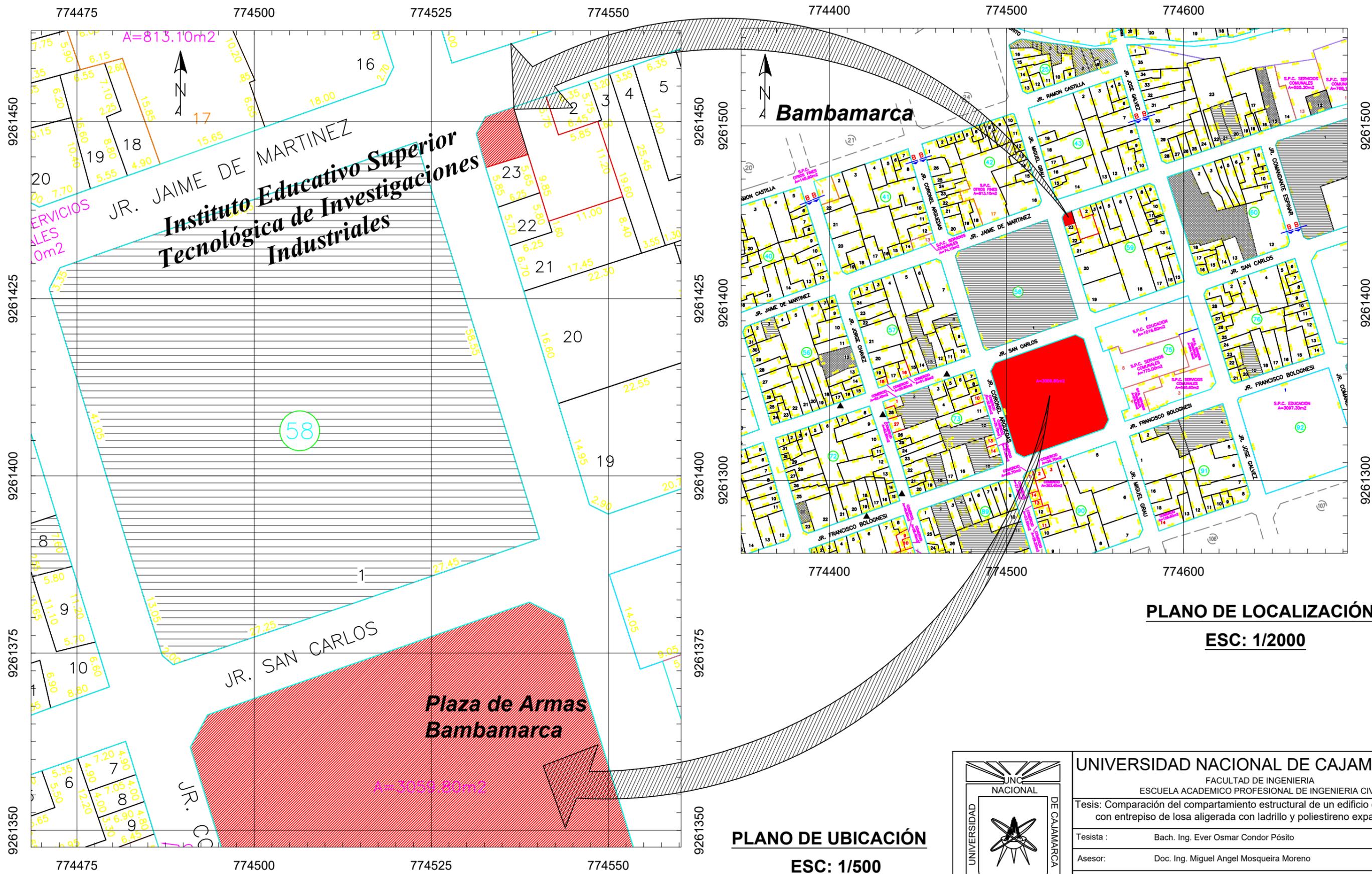


Tipo de suelo	<i>Cambisol-Leptosol</i>
Símbolo	<i>B-L</i>
Paisaje	<i>Valle y montañas</i>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 Tesis: Comparación del compartimiento estructural de un edificio educativo con entripiso de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.
 Tesisista : Bach. Ing. Ever Osmar Condor Pósito
 Asesor: Doc. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
 Plano: ANEXO N°9: SUELO PREDOMINANTE DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA
 ESCALA: SE





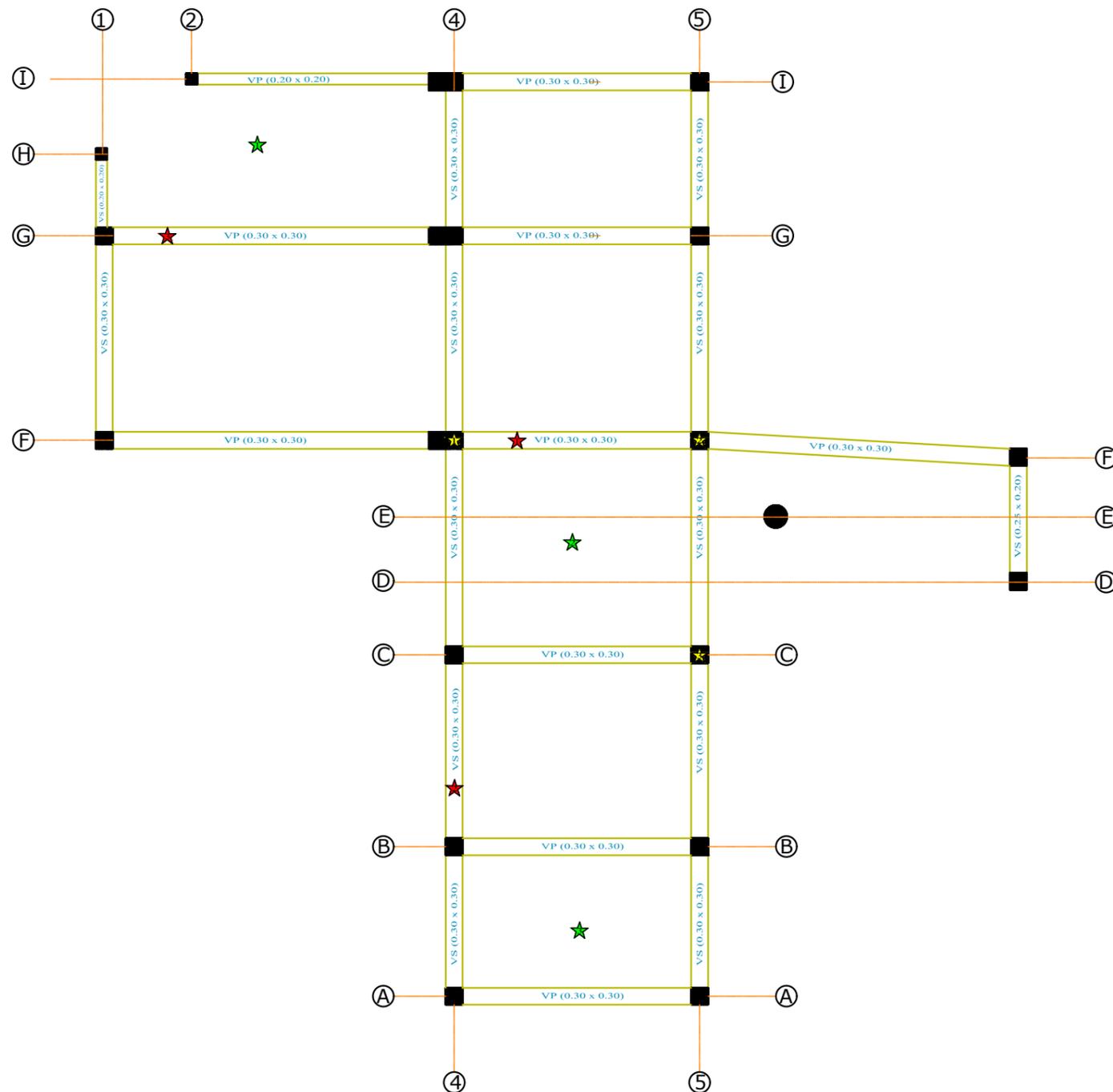
PLANO DE LOCALIZACIÓN
ESC: 1/2000

PLANO DE UBICACIÓN
ESC: 1/500



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
Tesis: Comparación del compartimento estructural de un edificio educativo con entrecapado de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.	
Tesista :	Bach. Ing. Ever Osmar Condor Pósito
Asesor:	Doc. Ing. Miguel Angel Mosquera Moreno
Plano: ANEXO N° 10: PLANO DE UBICACIÓN DEL EDIFICIO EN ESTUDIO	
ESCALA: indicada	

PLANO TÍPICO DE LOS 6 NIVELES
ESC. 1 / 100



CUADRO DE VIGAS DE CONCRETO
(ESC. 1:75)

TIPO	VP - 1	VS-1	VP - 1
DIMENSION			
CONCRETO	$f'_c = 340 \text{ Kg/cm}^2$	$f'_c = 340 \text{ Kg/cm}^2$	$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$
EJE	A	A	A
ZONA DE ENSAYO	★ 2° Nivel	★ 3° Nivel	★ 4° Nivel

CUADRO DE COLUMNAS DE CONCRETO
(ESC. 1:75)

TIPO	COLUMNA	COLUMNA	COLUMNA
DIMENSION			
CONCRETO	$f'_c = 320 \text{ Kg/cm}^2$	$f'_c = 290 \text{ Kg/cm}^2$	$f'_c = 310 \text{ Kg/cm}^2$
EJE	A	A	A
ZONA DE ENSAYO	★ 1° Nivel	★ 3° Nivel	★ 4° Nivel

CUADRO DE LOSAS DE CONCRETO
(ESC. 1:75)

TIPO	LOSA ALIGERADA	LOSA ALIGERADA	LOSA ALIGERADA
CONCRETO	$f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$	$f'_c = 170 \text{ Kg/cm}^2$	$f'_c = 170 \text{ Kg/cm}^2$
ZONA DE ENSAYO	★ 2° Nivel	★ 3° Nivel	★ 4° Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis: Comparación del compartamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.

Tesista: Bach. Ing. Condor Pósito Ever Osmar

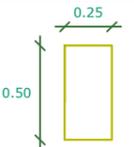
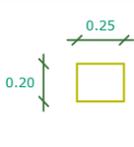
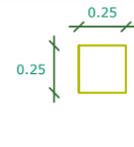
Asesor: Doc. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Plano: ANEXO N° 11: ZONAS DE ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA

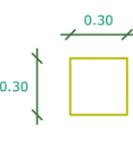
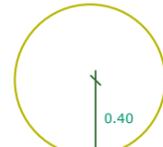
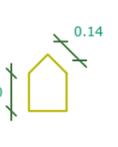
ESCALA: Indicada

SECCIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES UTILIZADOS EN EL ETABS V.20

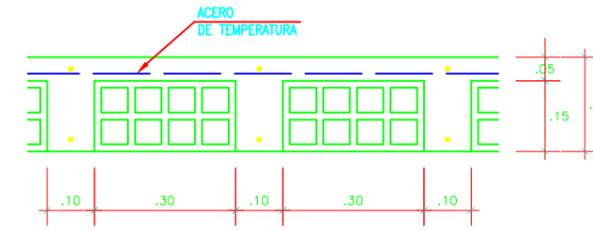
CUADRO DE VIGAS DE CONCRETO (ESC. 1:25)

TIPO	VP - 1	VS-1	VP - 1
DIMENSION			

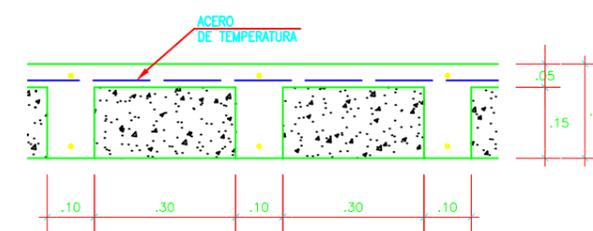
CUADRO DE COLUMNAS DE CONCRETO (ESC. 1:75)

TIPO	COLUMNA C1	COLUMNA C2	COLUMNA C3	COLUMNA CIR1
DIMENSION				

CUADRO DE LOSAS DE CONCRETO (ESC. 1:75)

TIPO	LOSA ALIGERADA CON LADRILLO HUECO 15
	
<p style="color: magenta;">SECCION TIPICA DE ALIGERADO(h=.20)</p> <p style="color: blue;">ESCALA:1/75</p>	

CUADRO DE LOSAS DE CONCRETO (ESC. 1:75)

TIPO	LOSA ALIGERADA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
	
<p style="color: magenta;">SECCION TIPICA DE ALIGERADO(h=.20)</p> <p style="color: blue;">ESCALA:1/75</p>	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

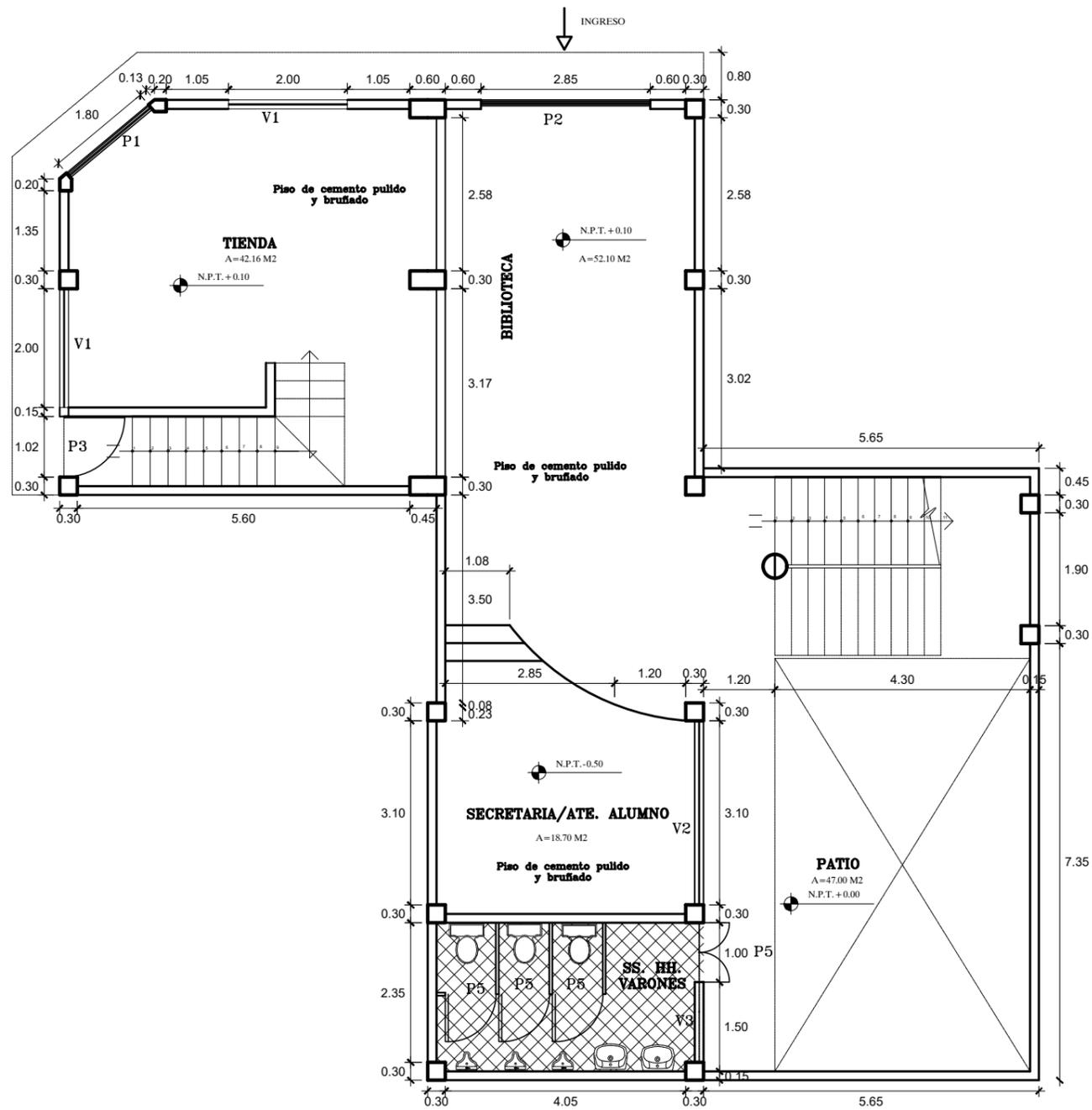
Tesis: Comparación del compartamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.

Tesista : Bach. Ing. Condor Pósito Ever Osmar

Asesor: Doc. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Plano: ANEXO N°12: SECCIONES ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ESCALA: Indicada



PRIMER NIVEL
ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis: Comparación del compartamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.

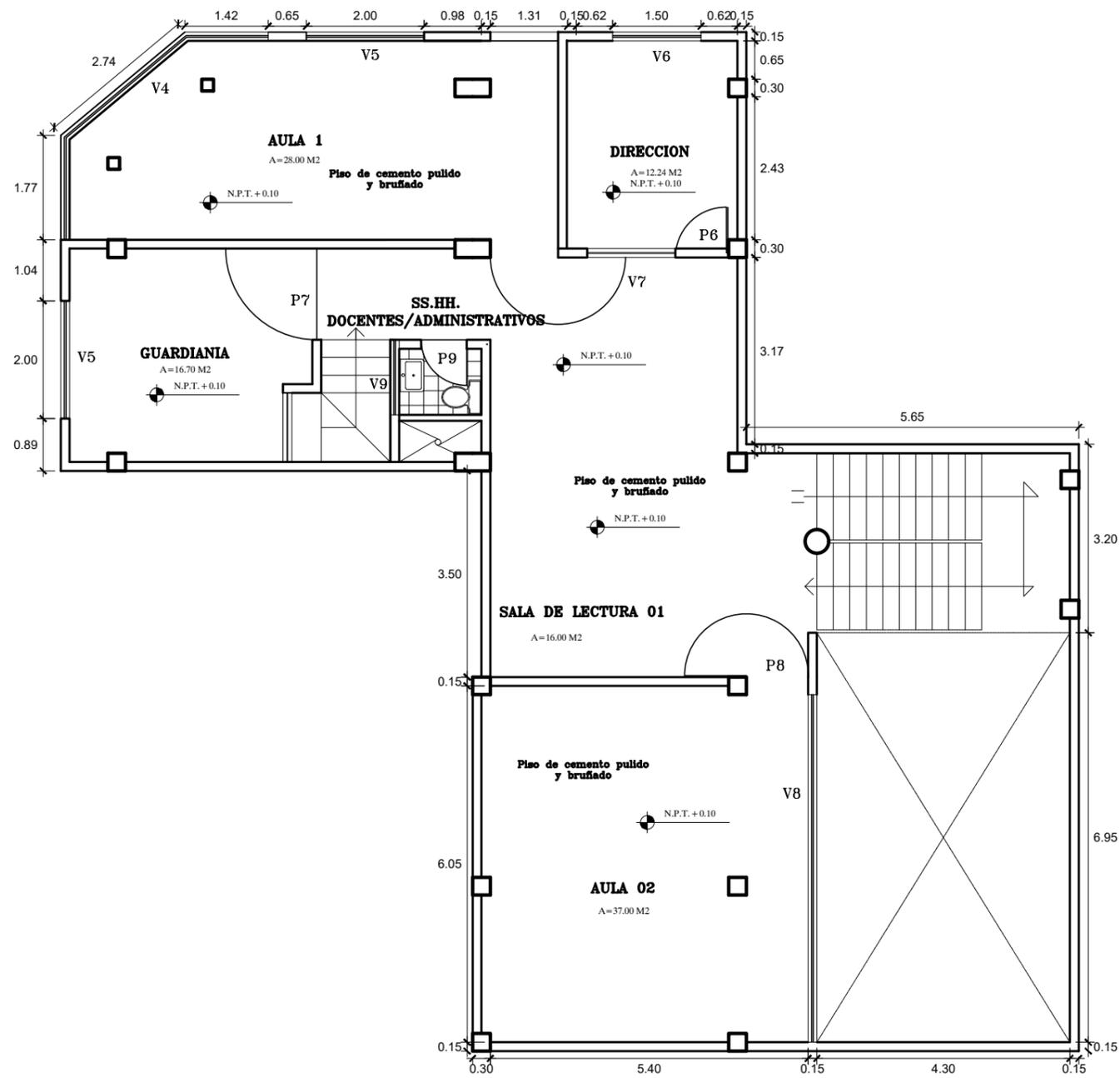
Tesista : Bach. Ing. Condor Pósito Ever Osmar

Asesor: Doc. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Plano: ANEXO N°13: PLANOS ARQUITECTÓNICOS

PRIMER NIVEL

ESCALA: Indicada



SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis: Comparación del compartamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.

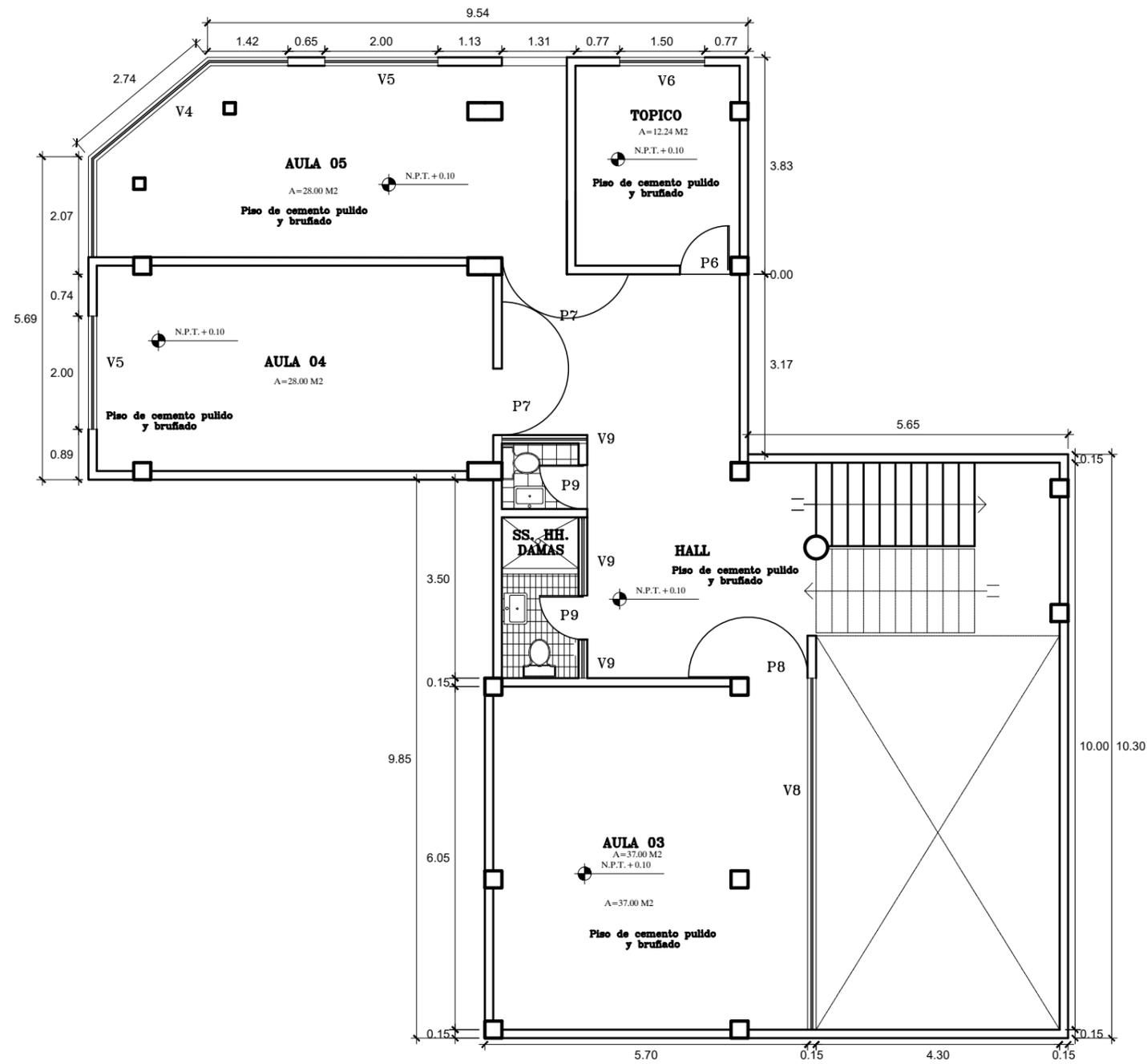
Tesista : Bach. Ing. Condor Pósito Ever Osmar

Asesor: Doc. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Plano: ANEXO N°13: PLANOS ARQUITECTÓNICOS

SEGUNDO NIVEL

ESCALA: Indicada



TERCER NIVEL
ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Tesis: Comparación del compartamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.

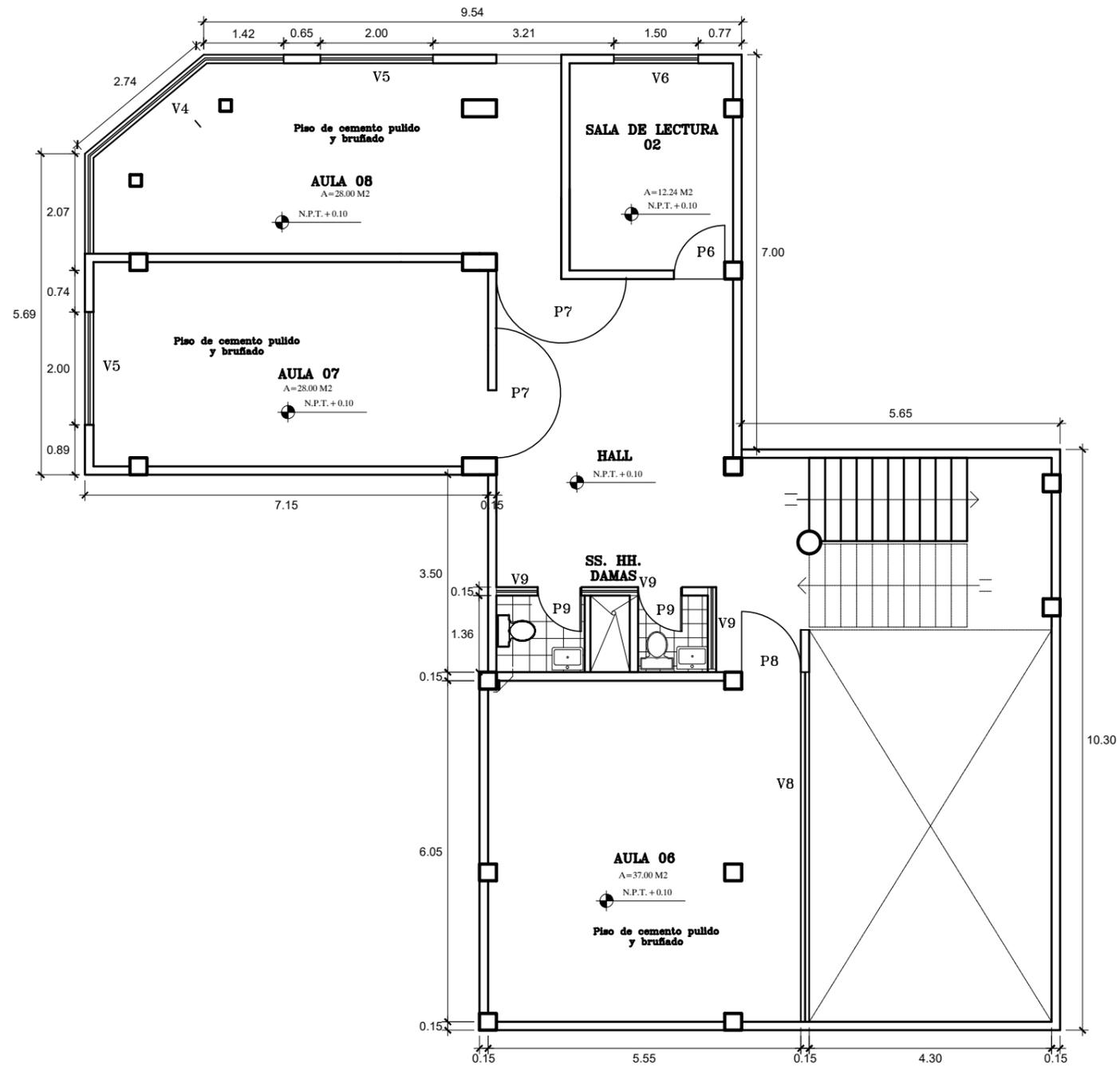
Tesista : Bach. Ing. Condor Pósito Ever Osmar

Asesor: Doc. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

Plano: ANEXO N°13: PLANOS ARQUITECTONICOS

TERCER NIVEL

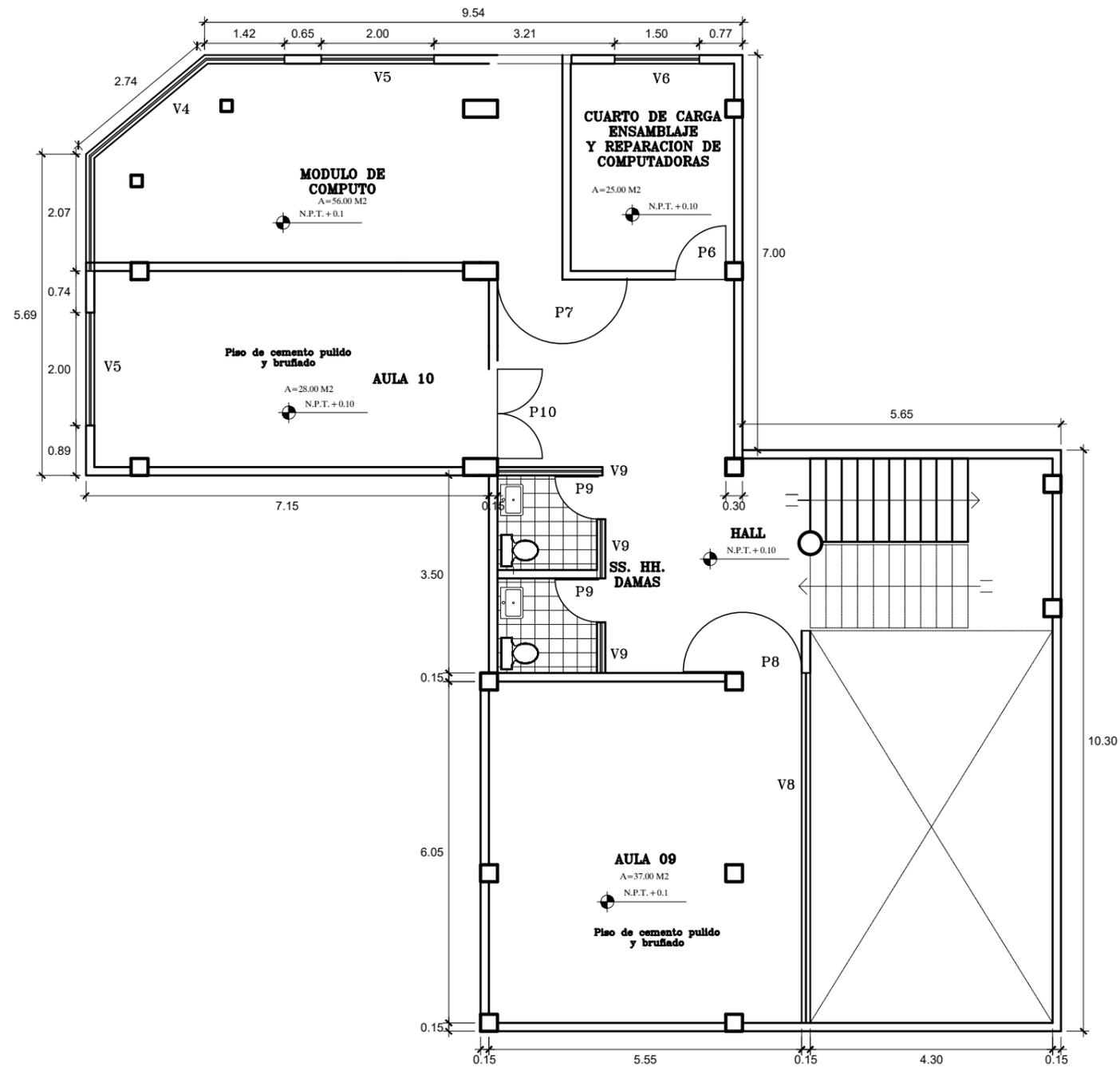
ESCALA: Indicada



CUARTO NIVEL
ESCALA 1:100



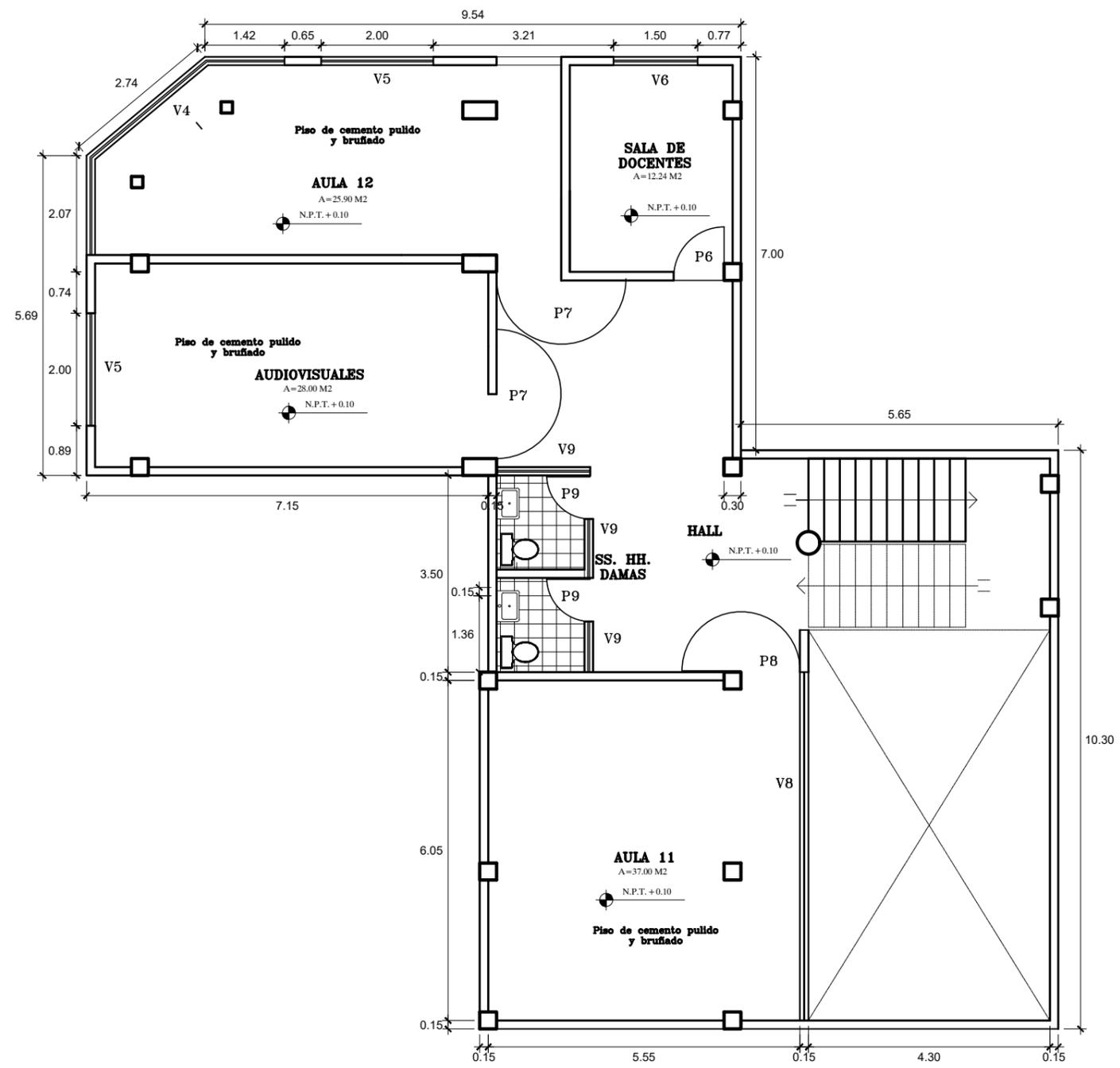
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
Tesis: Comparación del compartamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.	
Tesista :	Bach. Ing. Condor Pósito Ever Osmar
Asesor:	Doc. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Plano:	ANEXO N°13: PLANOS ARQUITECTÓNICOS
CUARTO NIVEL	ESCALA: Indicada



QUINTO NIVEL
ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
Tesis: Comparación del compartamiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.	
Tesista :	Bach. Ing. Condor Pósito Ever Osmar
Asesor:	Doc. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Plano:	ANEXO N°13: PLANOS ARQUITECTÓNICOS
	QUINTO NIVEL
	ESCALA: Indicada



SEXTO NIVEL
ESCALA 1:100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
Tesis: Comparación del compartimiento estructural de un edificio educativo con entrepiso de losa aligerada con ladrillo y poliestireno expandido.	
Tesista :	Bach. Ing. Condor Pósito Ever Osmar
Asesor:	Doc. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno
Plano:	ANEXO N°13: PLANOS ARQUITECTÓNICOS
SEXTO NIVEL	ESCALA: Indicada