

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

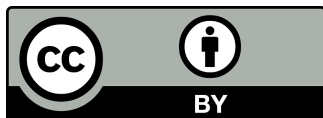
**Influencia de la cortante basal en el predimensionamiento de
elementos estructurales de concreto armado, distrito de
San Jerónimo de Tunán - Huancayo 2024**

**Stephany Nicole Rosales Astuhuaman
Luis Alexis Charapaqui Esplana**

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ángel Narcizo Aquino Fernández
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 10 de Abril de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Influencia de la Cortante Basal en el Predimensionamiento de Elementos Estructurales de Concreto Armado, Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo 2024

Autores:

1. Stephany Nicole Rosales Astuhuaman – EAP. Ingeniería Civil
2. Luis Alexis Charapaqui Esplana – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 10 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|--|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): | SI ☐ | NO ☒ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

Agradecimientos

A nuestras familias, por su amor incondicional, su paciencia y su constante apoyo en cada etapa de mi formación. Su confianza en mí ha sido mi mayor fuente de motivación para seguir adelante y superar cada desafío.

A nuestro asesor, por su valiosa guía, sus consejos y el tiempo dedicado a orientarme en la realización de esta tesis. Su conocimiento y experiencia fueron fundamentales para alcanzar este logro.

Mi más sincero agradecimiento por haber sido pilares fundamentales en este proceso.

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a Dios, quien nos ha dado la fortaleza y la sabiduría para afrontar cada desafío en este camino. Sin su guía, este logro no habría sido posible.

A nuestras familias, por ser nuestro mayor soporte, por cada palabra de aliento y cada sacrificio hecho en silencio. Su amor y confianza nos dieron la fuerza para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A nuestro asesor, por su paciencia y guía, por enseñarnos a confiar en nuestro trabajo y por acompañarnos en este proceso con dedicación.

A todos los que de alguna manera formaron parte de este logro, lo dedicamos con el corazón lleno de gratitud.

Índice de Contenido

Índice de Tablas.....	vi
Índice de Figuras	viii
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiv
Introducción	1
Capítulo I: Planteamiento del Estudio.....	3
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1. <i>Problema General</i>	4
1.2.2. <i>Problemas Específicos</i>	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
1.4. Justificación e Importancia	5
1.4.1. <i>Justificación Teórica</i>	5
1.4.2. <i>Justificación Práctica y Económica</i>	5
1.4.3. <i>Justificación Técnica</i>	6
1.5. Limitaciones de la Presente Investigación	6
1.6. Hipótesis y Variables	6
1.7. Variables.....	7
1.7.1. <i>Variable Independiente</i>	7
1.7.2. <i>Variables Dependientes</i>	7
Capítulo II: Marco Teórico.....	8
2.1. Antecedentes	8
2.1.1. <i>Internacionales</i>	8
2.1.2. <i>Nacionales</i>	11
2.2. Bases Teóricas	14
2.2.1. <i>Definición de Términos Básicos</i>	14
Capítulo III: Metodología.....	44
3.1. Método de Investigación	44
3.1.1. <i>Nivel de Investigación</i>	44
3.1.2. <i>Diseño de Investigación</i>	44
3.2. Población y Muestra	44
3.2.1. <i>Población</i>	44

3.2.2. <i>Muestra</i>	45
3.3. <i>Materiales y Métodos</i>	45
3.3.1. <i>Materiales</i>	45
3.3.2. <i>Métodos</i>	45
Capítulo IV: <i>Resultados</i>	47
4.1 <i>Desarrollo de las Fórmulas de Predimensionamiento que Consideran la Cortante Basal</i>	47
4.1.1. <i>Cálculo de Fuerzas</i>	47
4.1.2. <i>Proceso para Determinar la Fórmula de Predimensionamiento de la Viga</i>	49
4.1.3. <i>Proceso para Determinar la Fórmula de Predimensionamiento de Columnas en un Sistema de Pórticos</i>	53
4.1.4. <i>Proceso para Determinar la Fórmula de Predimensionamiento de Muros de Corte y Columnas en Sistema de Muros Estructurales</i>	54
4.1.5. <i>Proceso para Determinar la Fórmula de Predimensionamiento de Muros de Corte y Columnas en Sistema Dual</i>	55
4.2. <i>Aplicación de los Métodos de Predimensionamiento en un Edificio de 4 Pisos</i>	56
4.2.1. <i>Predimensionamiento Según Blanco Blasco en el Edificio de Cuatro Pisos</i>	60
4.2.2. <i>Predimensionamiento Según Morales Morales en el Edificio de Cuatro Pisos</i> ...	62
4.2.3. <i>Predimensionamiento Según Natividad Antonieta Sánchez Arévalo en el Edificio de Cuatro Pisos</i>	64
4.2.4. <i>Predimensionamiento Según el Método Propuesto en el Edificio de Cuatro Pisos</i>	66
4.2.5. <i>Predimensionamiento en Sistema de Muros de Corte con el Método Propuesto en el Edificio de 4 Pisos</i>	68
4.2.6. <i>Predimensionamiento en Sistema de Dual con el Método Propuesto en el Edificio de 4 Pisos</i>	70
4.2.7. <i>Resumen de Resultados de Predimensionamiento en el Edificio de 4 Pisos</i>	72
4.3. <i>Análisis en ETABS de la Estructura en Sistema de Pórticos en el Edificio de 4 Pisos</i> ..	73
4.3.1. <i>Modelo en ETABS de la Estructura en el Sistema de Pórticos en el Edificio de 4 Pisos</i>	73
4.3.2. <i>Primera Iteración de la Estructura en Sistema de Pórticos en el Edificio de 4 Pisos</i>	85
4.3.3. <i>Iteraciones Posteriores de la Estructura en Sistema de Pórticos en el Edificio de 4 Pisos</i>	93
4.4. <i>Análisis en ETABS de la Estructura en el Sistema Dual en el Edificio de 4 Pisos</i>	103
4.5. <i>Análisis en ETABS de la Estructura en el Sistema de Muros de Corte en el Edificio de 4 Pisos</i>	107
4.6. <i>Aplicación de Métodos de Predimensionamiento y Análisis en ETABS Considerando 6 Pisos</i>	109

4.7. Aplicación de Métodos de Predimensionamiento y Análisis en ETABS Considerando 8 Pisos	110
4.8. Resumen de las Derivas Obtenidas	112
4.9. Análisis Estadístico	113
4.9.1. Análisis de Errores Obtenidos en Pórticos	113
4.9.2. Error Cuadrático Medio (ECM) en Pórticos.....	116
4.9.3. Índice de Ajuste o Precisión (% de error relativo) en Pórticos	118
4.9.4. Análisis de Correlación entre la Cortante Basal y las Derivas Obtenidas en los Pórticos Predimensionados	120
4.9.5. Análisis de Correlación entre la Cortante Basal y el Peralte Predimensionado de las Vigas.....	122
4.9.6. Análisis de Correlación entre la Cortante Basal y el Lado Predimensionado de las Columnas.....	125
4.9.7. Análisis de Correlación entre la Cortante Basal y la Longitud Predimensionada de Muros de Corte	127
4.10. Discusión de Resultados	129
Conclusiones y Recomendaciones.....	132
Conclusiones	132
Recomendaciones	133
Referencias Bibliográficas	134
ANEXOS	138

Índice de Tablas

Tabla 1: Valores de los Coeficientes para calcular Momentos y Fuerzas Cortantes según el Método de los Coeficientes.....	22
Tabla 2: Factores de Zona "Z"	25
Tabla 3: Clasificación de los Perfiles de Suelo	26
Tabla 4: Factor de Suelo "S"	26
Tabla 5: Períodos "T _P " y "T _L "	26
Tabla 6: Adaptación de la tabla sobre Categoría de las Edificaciones y Factor "U"	27
Tabla 7: Adaptación de la tabla sobre Categoría y Sistema Estructural de las Edificaciones (con enfoque en estructuras de concreto armado)	28
Tabla 8: Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción (R_0)	29
Tabla 9: Adaptación de la Tabla de Irregularidades Estructurales en Altura	30
Tabla 10: Adaptación de la Tabla de Irregularidades Estructurales en Planta	30
Tabla 11: Categoría y Regularidad de las Edificaciones	31
Tabla 12: Límites para la Distorsión del Entrepiso	32
Tabla 13: Factores de Reducción de Resistencia	35
Tabla 14: Adaptación de la tabla 9.1 de Peraltes O Espesores Mínimos De Vigas No Preesforzadas O Losas Reforzadas En Una Dirección A Menos Que Se Calculen Las Deflexiones	36
Tabla 15: Desarrollo de Ganchos Estándar en Tracción	37
Tabla 16: Predimensionamiento de Vigas según la Sobrecarga	40
Tabla 17: Tipos de columnas y valores de P y n	40
Tabla 18: Coeficientes (K) según el Número de Pisos y Luz.....	41
Tabla 19: Cuadro Resumen De Resultados De Predimensionamiento en el edificio de 4 Pisos	72
Tabla 20: Resultados de Derivas en Sistema de Pórticos.....	84
Tabla 21: Errores Relativos en Sistema de Pórticos	84
Tabla 22: Comparación de Resultados Luego de la Primera iteración.....	92
Tabla 23: Comparación de Derivas Luego de la Primera iteración	92
Tabla 24: Comparación de Resultados Luego de Iteraciones Posteriores.....	101
Tabla 25: Comparación de Derivas Luego de de Iteraciones Posteriores.....	102
Tabla 26: Resultados de Derivas en Sistema Dual	106
Tabla 27: Resultados de Derivas en Sistema De Muros de Corte	109
Tabla 28: Cuadro Resumen De Resultados De Predimensionamiento Considerando 6 Pisos	109
Tabla 29: Resultados de Derivas en Sistema de Pórticos Considerando 6 Pisos.....	110
Tabla 30: Resultados de Derivas en Sistema Dual Considerando 6 Pisos	110
Tabla 31: Resultados de Derivas en Sistema De Muros De Corte Considerando 6 Pisos.	110
Tabla 32: Aplicación de Métodos de Predimensionamiento Considerando 8 Pisos.....	111
Tabla 33: Resultados de Derivas en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos.....	111
Tabla 34: Resultados de Derivas en Sistema Dual Considerando 8 Pisos	112
Tabla 35: Resultados de Derivas en Sistema De Muros De Corte Considerando 6 Pisos.	112
Tabla 36: Comparación de Derivas en sistema de Pórticos	112
Tabla 37: Comparación de Derivas en sistema Dual.....	113
Tabla 38: Comparación de Derivas en Sistema de Muros de Corte.....	113
Tabla 39: Comparación de Errores Absolutos de Derivas en Pórticos en la Dirección X... ..	114
Tabla 40: Comparación de Errores Absolutos de Derivas en Pórticos en la Dirección Y... ..	114

Tabla 41: Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para los Pórticos en Dirección X	114
Tabla 42: Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para los Pórticos en Dirección Y	114
Tabla 43: Análisis de Varianza en Pórticos en Dirección X	115
Tabla 44: Análisis de Varianza en Pórticos en Dirección Y	116
Tabla 45: Calculo del Error Cuadrático Medio (ECM).....	117
Tabla 46: Cálculo del Índice de Ajuste.....	119
Tabla 47: Derivas Obtenidas en Función a la Cortante Basal en el Sistema de Pórticos ..	120
Tabla 48: Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk Para las Derivas Obtenidas en Función a la Cortante Basal en el Sistema de Pórticos.....	121
Tabla 49: Peralte Predimensionado de las Vigas (cm).....	122
Tabla 50: Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para el Peralte Predimensionado de las Vigas	122
Tabla 51: Cálculo del coeficiente de Correlación de Spearman entre la Cortante Basal y el Peralte Predimensionado de las Vigas según Blanco Blasco	123
Tabla 52: Cálculo del coeficiente de Correlación de Spearman entre la Cortante Basal y el Peralte Predimensionado de las Vigas según Morales Morales.....	124
Tabla 53: Cálculo del coeficiente de Correlación de Pearson entre la Cortante Basal y el Peralte Predimensionado de las Vigas según el Método Propuesto	124
Tabla 54: Lado Predimensionado de las Columnas (cm)	125
Tabla 55: Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk Para el Lado Predimensionado de las Columnas	125
Tabla 56: Análisis de Correlación de Spearman entre la Cortante Basal y el Lado Predimensionado de las Columnas según Sánchez Arévalo	126
Tabla 57: Análisis de Correlación de Pearson entre la Cortante Basal y el Lado Predimensionado de las Columnas según Blanco, Morales y el Método propuesto.	127
Tabla 58: Longitud Predimensionada de Muros de Corte	128
Tabla 59: Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk Para la Longitud Predimensionada de Muros de Corte	128
Tabla 60: Análisis de Correlación de Pearson entre la Cortante Basal y la Longitud Predimensionada de Muros de Corte	129

Índice de Figuras

Figura 1: Diagrama para el cálculo de fuerzas	48
Figura 2: Planta del 1er Piso del Proyecto.....	58
Figura 3: Planta del 2do al 4to Piso del Proyecto	59
Figura 4: Configuración de Unidades	73
Figura 5: Configuración de Materiales, Concreto	74
Figura 6: Configuración de Materiales, Acero.....	75
Figura 7: Espectro de Respuesta de Sismo	76
Figura 8: Coeficiente Sísmica Estático	76
Figura 9: Combinaciones de Carga	77
Figura 10: Modelado del Predimensionamiento de la Estructura Según Blanco Blasco	78
Figura 11: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Blanco Blasco	78
Figura 12: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Blanco Blasco	79
Figura 13: Modelado del Predimensionamiento de la Estructura Según Morales Morales ..	79
Figura 14: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Morales Morales	80
Figura 15: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Morales Morales	80
Figura 16: Modelado del Predimensionamiento de la Estructura en Sistema de Pórticos Según Sánchez Arévalo	81
Figura 17: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Pórticos Según Sánchez Arévalo.....	81
Figura 18: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema de Pórticos Según Sánchez Arévalo.....	82
Figura 19: Modelado del Predimensionamiento de la Estructura en Sistema de Pórticos Según el Método Propuesto	82
Figura 20: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Pórticos Según el Método Propuesto.....	83
Figura 21: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema de Pórticos Según el Método Propuesto.....	83
Figura 22: Primera Iteración de la Estructura según Blanco Blasco.....	85
Figura 23: Deriva Máxima en X Luego de la Primera Iteración de la Estructura Según Blanco Blasco	86
Figura 24: Deriva Máxima en Y Luego de la Primera Iteración de la Estructura Según Blanco Blasco	86
Figura 25: Primera Iteración de la Estructura según Morales Morales	87
Figura 26: Deriva Máxima en X Luego de la Primera Iteración de la Estructura Según Morales Morales	88
Figura 27: Deriva Máxima en Y Luego de la Primera Iteración de la Estructura Según Morales Morales	88
Figura 28: Primera Iteración de la Estructura según Sánchez Arévalo	89
Figura 29: Deriva Máxima en X Luego de la Primera Iteración de la Estructura Según Sánchez Arévalo.....	89
Figura 30: Deriva Máxima en Y Luego de la Primera Iteración de la Estructura	90
Figura 31: Primera Iteración de la Estructura según el Método Propuesto	90
Figura 32: Deriva Máxima en X Luego de la Primera Iteración de la Estructura Según el Método Propuesto.....	91
Figura 33: Deriva Máxima en Y Luego de la Primera Iteración de la Estructura Según el Método Propuesto.....	91

Figura 34: Iteraciones Posteriores de la Estructura según Blanco Blasco	93
Figura 35: Deriva Máxima en X Luego de Varias Iteraciones de la Estructura Según Blanco Blasco	94
Figura 36: Deriva Máxima en Y Luego de Varias Iteraciones de la Estructura Según Blanco Blasco	94
Figura 37: Iteraciones Posteriores de la Estructura según Morales Morales	95
Figura 38: Deriva Máxima en X Luego de Varias Iteraciones de la Estructura Según Morales Morales	95
Figura 39: Deriva Máxima en Y Luego de Varias Iteraciones de la Estructura Según Morales Morales	96
Figura 40: Iteraciones Posteriores de la Estructura según Sánchez Arévalo	97
Figura 41: Deriva Máxima en X Luego de Varias Iteraciones de la Estructura Según Sánchez Arévalo	97
Figura 42: Deriva Máxima en Y Luego de Varias Iteraciones de la Estructura Según Sánchez Arévalo	98
Figura 43: Iteraciones Posteriores de la Estructura según el Método Propuesto	99
Figura 44: Deriva Máxima en X Luego de Varias Iteraciones de la Estructura Según el Método Propuesto	99
Figura 45: Deriva Máxima en Y Luego de Varias Iteraciones de la Estructura Según el Método Propuesto	100
Figura 46: Modelado del Predimensionamiento de la Estructura en Sistema Dual Según Sánchez Arévalo	103
Figura 47: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema Dual Según Sánchez Arévalo	104
Figura 48: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema Dual Según Sánchez Arévalo	104
Figura 49: Modelado del Predimensionamiento de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto	105
Figura 50: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto	105
Figura 51: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto	106
Figura 52: Modelado del Predimensionamiento de la Estructura en Sistema de Muros de Corte Según el Método Propuesto	107
Figura 53: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Muros de Corte Según el Método Propuesto	108
Figura 54: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema de Muros de Corte Según el Método Propuesto	108
Figura 55: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Blanco Blasco en Sistema de Pórticos Considerando 6 Pisos	142
Figura 56: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Blanco Blasco en Sistema de Pórticos Considerando 6 Pisos	142
Figura 57: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Morales Morales en Sistema de Pórticos considerando 6 Pisos	143
Figura 58: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Morales Morales en Sistema de Pórticos considerando 6 Pisos	143
Figura 59: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Sánchez Arévalo en Sistema de Pórticos considerando 6 Pisos	144

Figura 60: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Sánchez Arévalo en Sistema de Pórticos considerando 6 Pisos.....	144
Figura 61: Deriva Máxima en X de la Estructura Según el Método Propuesto en Sistema de Pórticos Considerando 6 Pisos.....	145
Figura 62: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según el Método Propuesto en Sistema de Pórticos Considerando 6 Pisos.....	145
Figura 63: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema Dual Según Sánchez Arévalo Considerando 6 Pisos.....	146
Figura 64: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema Dual Según Sánchez Arévalo Considerando 6 Pisos.....	146
Figura 65: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto Considerando 6 Pisos	147
Figura 66: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto Considerando 6 Pisos	147
Figura 67: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema De Muros De Corte Según el Método Propuesto Considerando 6 Pisos	148
Figura 68: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema De Muros De Corte Según el Método Propuesto Considerando 6 Pisos	148
Figura 69: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Blanco Blasco en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos.....	149
Figura 70: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Blanco Blasco en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos.....	149
Figura 71: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Morales Morales en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos.....	150
Figura 72: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Morales Morales en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos.....	150
Figura 73: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Sánchez Arévalo en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos.....	151
Figura 74: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Sánchez Arévalo en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos.....	151
Figura 75: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Pórticos Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos	152
Figura 76: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema de Pórticos Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos	152
Figura 77: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Dual Según Sánchez Arévalo Considerando 8 Pisos.....	153
Figura 78: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema de Dual Según Sánchez Arévalo Considerando 8 Pisos.....	153
Figura 79: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos	154
Figura 80: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos	154
Figura 81: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Muros de Corte Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos	155
Figura 82: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Muros de Corte Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos	155
Figura 83: Diagrama para el Cálculo Simplificado del Peralte de Viga	156
Figura 84: Diagrama para el Cálculo Simplificado del área de una columna esquinera.....	157

Figura 85: Diagrama para el Cálculo Simplificado del área de una Columna Intermedia...	158
Figura 86: Diagrama para el Cálculo Simplificado de la Longitud Total de Muros de Corte	159
Figura 87: Diagrama para el Cálculo Simplificado del Número de Columnas Total	159

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de la cortante basal en el predimensionamiento de elementos estructurales de concreto armado en edificaciones del distrito de San Jerónimo de Tunán, Huancayo, en 2024. El estudio siguió el método científico y tuvo un enfoque correlacional. Para medir la magnitud y dirección de la relación se emplearon los coeficientes de correlación de Pearson y Spearman; mientras que para medir la influencia de una variable en la otra se utilizó el coeficiente de determinación R^2 . Se utilizaron herramientas como ETABS, Excel y MathCad, además de normativas como el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. La población de estudio incluyó todas las edificaciones de concreto armado en San Jerónimo de Tunán, pero se seleccionó un edificio mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. El proceso metodológico abarcó la formulación de un modelo matemático para el predimensionamiento de elementos estructurales (método propuesto), la aplicación del predimensionamiento con fórmulas tradicionales (Blanco Blasco y Morales Morales) y fórmulas que contemplan la cortante basal (Sánchez Arévalo y método propuesto), el cálculo de errores y el análisis de la correlación e influencia. Los resultados mostraron que la incorporación de la cortante basal tuvo una influencia significativa en la deriva de los pórticos ($R^2=0.87$). Se determinó que el método propuesto presentó el menor error cuadrático medio (57.5) y menor índice de ajuste (13 %), lo que lo hizo el más preciso y alineado con las dimensiones finales, especialmente en vigas (8 %). Para el predimensionamiento de peralte de vigas, se obtuvo una correlación positiva e influencias casi perfectas (0.99 y 0.97) con la cortante basal. En columnas, los métodos que consideran la cortante basal al predimensionar también obtuvieron las influencias más altas (Sánchez 1 y el método propuesto 0.67), mientras que en muros de corte se alcanzó unos coeficientes de 1 y 0.97, lo que indicó una influencia muy fuerte. En conclusión, se encontró que la cortante basal influye significativamente en los resultados del predimensionamiento estructural. La consideración de este parámetro en el cálculo permitió obtener dimensiones más cercanas a las finales y menores ajustes. Además, el análisis estadístico basado en el coeficiente de determinación (R^2) demostró que el valor del predimensionamiento es

altamente sensible a la variación de la cortante basal en los métodos que presentan una mayor precisión. Es decir, la cortante basal tiene una influencia muy alta en el predimensionamiento de vigas, columnas y muros de corte de concreto armado.

Palabras Clave: Cortante basal, predimensionamiento, elementos de concreto armado

Abstract

The objective of this research was to determine the influence of base shear on the preliminary sizing of reinforced concrete structural elements in buildings in the district of San Jerónimo de Tunán, Huancayo, in 2024. The study followed the scientific method and had a correlational approach. Pearson and Spearman correlation coefficients were used to measure the magnitude and direction of the relationship, while the coefficient of determination (R^2) was used to assess the influence of one variable on the other. Tools such as ETABS, Excel, and MatCad were employed, along with regulations such as the Peruvian National Building Code. The study population included all reinforced concrete buildings in San Jerónimo de Tunán, but a single building was selected through non-probabilistic convenience sampling. The methodological process included formulating a mathematical model for the preliminary sizing of structural elements (proposed method), applying traditional sizing formulas (Blanco Blasco and Morales Morales), formulas that consider base shear (Sánchez Arévalo and the proposed method), error calculation, and correlation and influence analysis. The results showed that incorporating base shear had a significant influence on frame drift ($R^2 = 0.87$). The proposed method had the lowest mean squared error (57.5) and the lowest adjustment index (13%), making it the most accurate and aligned with the final dimensions, especially for beams (8%). For beam depth sizing, a positive correlation and near-perfect influences (0.99 and 0.97) with base shear were obtained. In columns, the methods that considered base shear in sizing also showed the highest influences (Sánchez 1 and the proposed method, 0.67), while for shear walls, coefficients of 1 and 0.97 indicated a very strong influence. In conclusion, it was found that base shear significantly influences the results of structural preliminary sizing. Considering this parameter in the calculation allowed for dimensions closer to the final ones and required fewer adjustments. Additionally, the statistical analysis based on the coefficient of determination (R^2) demonstrated that the preliminary sizing value is highly sensitive to variations in base shear in the most precise methods. In other words, base shear has a very high influence on the preliminary sizing of beams, columns, and reinforced concrete shear walls.

Keywords: Base shear, preliminary sizing, reinforced concrete elements

Introducción

En la construcción civil la eficiencia en la edificación requiere coordinación entre los diversos profesionales de distintas especialidades. Una de las partes más difíciles se presenta en la interacción entre el diseño arquitectónico y el diseño estructural (1).

La relación entre la cortante basal y el predimensionamiento de elementos estructurales de concreto armado en edificaciones es un aspecto fundamental en el diseño sísmico. El problema central de la investigación radica en que los métodos tradicionales de predimensionamiento utilizados en el país consideran principalmente las cargas gravitatorias y no incorporan de manera explícita la cortante basal en las etapas iniciales del diseño. Esto puede llevar a dimensionamientos inadecuados que requieren correcciones posteriores, afectando la eficiencia del proceso constructivo. La presente investigación busca abordar esta problemática a través de un enfoque que incluya la influencia sísmica desde la fase preliminar del diseño estructural en el contexto del distrito de San Jerónimo de Tunán, Huancayo, para el año 2024.

Se plantea la hipótesis de que la cortante basal influye significativamente en el predimensionamiento de vigas, columnas y muros de corte, mejorando la precisión y eficiencia en etapas tempranas del diseño de edificaciones en zonas sísmicas.

Desde una perspectiva teórica, la investigación contribuirá a la integración de conceptos estructurales y normativos en el predimensionamiento, permitiendo una interpretación más eficiente de la normativa peruana. Desde un punto de vista práctico y económico, la implementación de un método de predimensionamiento más preciso optimizará tiempos y costos en el desarrollo de proyectos de construcción. Desde una perspectiva técnica, se emplearán herramientas de modelado y análisis estructural para evaluar la viabilidad del método propuesto y su aplicabilidad en la industria de la construcción.

El desarrollo de esta investigación se organiza en cinco capítulos. El primer capítulo expone el planteamiento del problema, formulación de objetivos, justificación e hipótesis. El segundo capítulo presenta el marco teórico, incluyendo antecedentes, bases teóricas y el

estado del arte respecto del predimensionamiento estructural. El tercer capítulo detalla la metodología utilizada en la investigación. El cuarto capítulo se enfoca en la presentación y análisis de los resultados obtenidos. Finalmente, el quinto capítulo expone las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

Capítulo I: Planteamiento del Estudio

1.1. Planteamiento del Problema

A nivel global, la construcción de edificaciones sismo resistentes es un desafío crucial en la ingeniería estructural, especialmente en regiones con alta actividad sísmica. Esto ha impulsado diversas investigaciones enfocadas en mejorar los criterios de predimensionamiento de estructuras para garantizar su resistencia y seguridad. En España, estudios como el de José Manuel Cárdenas han evaluado diferentes tipologías estructurales mediante modelos paramétricos. Por otro lado, en Colombia, investigaciones han desarrollado métodos que contribuyen a un predimensionamiento más eficiente y preciso (2,3).

En el contexto nacional, Perú es un país altamente sísmico debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se producen aproximadamente el 85 % de los terremotos a nivel mundial según el Instituto Geofísico del Perú (2021). A pesar de esto, el proceso de predimensionamiento estructural sigue basándose mayormente en cargas gravitacionales, lo que podría subestimar las dimensiones requeridas para resistir cargas sísmicas (4). Investigaciones han demostrado que la aplicación de metodologías sísmicas estructuradas mejora la eficiencia y seguridad de las edificaciones (5).

A nivel local, en el distrito de San Jerónimo de Tunán, Huancayo, el crecimiento urbano ha impulsado la construcción de nuevas edificaciones, muchas de las cuales no cuentan siquiera con un predimensionamiento estructural óptimo (6). En este contexto, la falta de precisión en el predimensionamiento de elementos de concreto armado puede generar sobrecostos producidos por procesos de diseño ineficientes. Se sabe que la industria de la construcción sigue siendo criticada por su baja eficiencia; ante esto, la integración inicial de requisitos estructurales se vuelve aún más relevante (4).

Por lo tanto, se plantea la necesidad de investigar la influencia de la cortante basal en el predimensionamiento de elementos estructurales de concreto armado en el distrito de San Jerónimo de Tunán, con el fin de optimizar el diseño estructural. Es fundamental que arquitectos e ingenieros tengan dimensiones preliminares que ya consideren la influencia

sísmica para lograr optimizar el diseño y evitar ajustes que podrían afectar la estética o funcionalidad del edificio en etapas posteriores, lo que a su vez puede reducir costos y tiempos de proyección al evitar trabajar nuevamente y realizar modificaciones tardías.

Esto lleva a plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo influye la cortante basal en el predimensionamiento de elementos estructurales de concreto armado en el distrito de San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024? Resolver esta interrogante permitirá mejorar los procesos de predimensionamiento y contribuir a la proyección más eficiente de estructuras adaptadas a las condiciones sísmicas de la región.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Qué influencia tiene la cortante basal en el predimensionamiento de elementos estructurales de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, para el año 2024?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuál es el impacto de la cortante basal en el predimensionamiento de vigas de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024?

¿Qué efecto tiene la cortante basal en el predimensionamiento de columnas de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024?

¿De qué manera afecta la cortante basal al predimensionamiento de muros de corte de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia de la cortante basal y el predimensionamiento de elementos estructurales de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, para el año 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar el impacto de la cortante basal en el predimensionamiento de vigas de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024.

Determinar el efecto de la cortante basal en el predimensionamiento de columnas de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024.

Determinar de qué manera afecta la cortante basal en el predimensionamiento de muros de corte de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024.

1.4. Justificación e Importancia

1.4.1. Justificación Teórica

Esta investigación tiene una relevancia teórica al integrar conceptos y teorías existentes en el área del diseño estructural para avanzar en el conocimiento sobre cómo afecta abordar las condiciones sísmicas del país de manera temprana en el proyecto.

Además, se propone un método de predimensionamiento que, al sistematizar la correcta interpretación e implementación de las normas peruanas que deben ser relevantes en el proceso de predimensionamiento, evita hacerlo manualmente, lo que puede resultar repetitivo y laborioso de realizar para cada proyecto.

1.4.2. Justificación Práctica y Económica

Esta investigación es fundamental para mejorar la eficiencia de las construcciones en Perú. El proceso de modelamiento estructural en la industria de la construcción enfrenta dificultades debido al flujo de trabajo, lo que puede llevar a deficiencias y aumentar los costos a largo plazo por los cambios necesarios. Por lo tanto, saber cuál es la influencia de la cortante basal en el predimensionamiento es fundamental. Además, plantear un método de predimensionamiento podría tener un impacto positivo. Esto beneficiaría tanto a los profesionales del sector como a la sociedad en general al contribuir a la reducción de los costos asociados a la proyección (7)

1.4.3. Justificación Técnica

Para lograr el objetivo, se utilizarán diversas metodologías y herramientas. Esto incluirá el uso de métodos de análisis aproximados y *software* especializado en análisis estructural, que permitirá simular y predecir el comportamiento de las estructuras en condiciones sísmicas.

Se realizará también un estudio detallado de las normas y regulaciones peruanas que son relevantes. Estas metodologías y herramientas asegurarán la rigurosidad y la calidad de los resultados obtenidos, así como su aplicabilidad en la ingeniería estructural en zonas sísmicas.

1.5. Limitaciones de la Presente Investigación

Esta investigación se enfoca en el predimensionamiento de elementos estructurales de concreto armado en el contexto sísmico de Perú, específicamente en vigas, columnas y muros de corte. El estudio se limita al peralte de la viga, el área de la sección transversal de las columnas y la longitud en el caso de los muros de corte. El análisis se realizará luego de predimensionar un plano de arquitectura. Posteriormente, se verificará la eficiencia del predimensionamiento mediante el uso del *software* ETABS. Asimismo, se limitará a determinar el impacto de la cortante basal en los resultados del predimensionamiento, y se van a realizar análisis estadísticos de los resultados para determinar los errores, ajustes, correlaciones e influencias. La investigación no incluirá el diseño detallado de acero, pues se centrará solo en el predimensionamiento de la sección de concreto de los elementos estructurales. En caso de que algún criterio de predimensionamiento no esté mencionado en la bibliografía, no será abordado en esta investigación.

1.6. Hipótesis y Variables

Hipótesis

Existe una influencia significativa entre la cortante basal y el predimensionamiento de los elementos estructurales de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024.

Hipótesis Específicas

La cortante basal impacta significativamente en el predimensionamiento de vigas de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024.

La cortante basal tiene un efecto significativo en el predimensionamiento de columnas de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024.

La cortante basal afecta significativamente el predimensionamiento de muros de corte de concreto armado en edificaciones en San Jerónimo de Tunán, Huancayo, 2024.

1.7. Variables

La hipótesis establece una relación entre las variables identificadas en la investigación: La cortante basal y los resultados del predimensionamiento obtenidos.

Clasificando las variables según Namakforoosh, se presentan:

1.7.1. Variable Independiente

La cortante basal es la variable independiente, representa la fuerza cortante total en la base de una estructura debido a efectos sísmicos. Se calculará en base a la Norma Técnica Peruana E.030. Es una variable cuantitativa continua, pues se mide en unidades de fuerza y puede tomar cualquier valor dentro de un rango determinado.

1.7.2. Variables Dependientes

El predimensionamiento de los elementos estructurales de concreto armado es la variable dependiente, dado que se intenta probar que sus valores dependen de la consideración y magnitud de la cortante basal. Este predimensionamiento se expresa en términos de dimensiones iniciales de los elementos estructurales, como el peralte de vigas, el área de la sección transversal de las columnas y los muros de corte. Al ser una medida que varía numéricamente en función de la utilización de la cortante basal, también es una variable cuantitativa continua.

Variable 1: Peralte predimensionado de la viga.

Variable 2: Dimensiones predimensionadas de la columna.

Variable 3: Dimensiones predimensionadas del muro de corte.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

El estudio de Delgado et al. (2023) resalta las dificultades de los estudiantes de arquitectura en áreas específicas del diseño estructural en sus proyectos finales de máster. Estas áreas incluyen la integración entre estructura y arquitectura, el predimensionamiento, las grandes luces, las geometrías complejas y los sistemas de forjado. El objetivo principal fue analizar estas dificultades a través de encuestas administradas durante el trabajo final de máster. Los resultados revelaron que los estudiantes emplearon estrategias documentales, sociales y experimentales para superar estos desafíos. Se observó que desarrollaron habilidades como aprendizaje autodirigido, investigación constructiva y resolución de problemas, así como una interacción social positiva. Estos hallazgos otorgan información valiosa para mejorar la enseñanza del diseño estructural en proyectos del mundo real (8).

El estudio titulado *Estimación rápida de la demanda sísmica en edificios de muros delgados de hormigón reforzado*, realizado por Carlos Blandón, tiene como propósito desarrollar herramientas que faciliten una evaluación rápida de la demanda sísmica en este tipo de estructuras, garantizando que el predimensionamiento de los elementos estructurales sea el adecuado. Para este análisis, se utilizó una base de datos extensa proporcionada por la Red Colombiana de Investigación en Ingeniería Sísmica CEER, obtenida a lo largo de los últimos 10 años en diversas ciudades con diferentes niveles de amenaza sísmica, tales como Armenia, Bogotá, Bucaramanga, Cali, Medellín y Pereira. Se analizaron 13 edificios con 26 modelos estructurales, considerando el comportamiento en las dos direcciones principales, y utilizando un *software* comercial como ETABS para realizar los análisis modales espectrales. Como resultado, se lograron establecer relaciones que conectan las principales características de los edificios con la demanda sísmica, específicamente la rotación máxima elástica, y se derivó una fórmula para estimar el período fundamental de vibración de las estructuras en función de su altura. Finalmente, los

investigadores proponen un procedimiento ágil para la estimación de la demanda sísmica, lo cual puede ser una alternativa en la evaluación de este parámetro tanto para edificios ya existentes como para aquellos en fase de diseño alineados con las normativas actuales (9).

El trabajo titulado *Estudio de diferentes tipologías estructurales para el proyecto de edificios altos: criterios de predimensionamiento y aplicación a dos casos de estudio*, realizado por Berlana et al. (2021), tiene como objetivo principal analizar el desempeño de distintos sistemas estructurales aplicados a edificios altos, evaluando su eficiencia en términos de aprovechamiento de materiales. El estudio se centra en la recopilación de datos de edificios reales y en el establecimiento de criterios de predimensionamiento específicos para cada sistema estructural. Para ello, se utilizan modelos paramétricos que permiten modificar tanto el sistema estructural como las características mecánicas de los materiales y las geometrías de las secciones resistentes. Los edificios son analizados bajo cargas gravitatorias y eólicas, y se evalúa la eficiencia de los sistemas para cumplir con los requisitos de resistencia y deformación. En cuanto a los métodos empleados, el estudio se organiza detalladamente, comenzando con la descripción de la metodología utilizada para modelar los edificios, las hipótesis consideradas y las acciones evaluadas. Se dedicó un análisis a dos sistemas estructurales (*framed tube* y *shear wall*) aplicados a un edificio de 240 metros de altura, y también se evaluaron cuatro tipologías estructurales (*framed tube*, *shear wall*, *tube in tube* y *outriggers*) para un edificio de 480 metros de altura. Los resultados muestran que, para edificios de 240 metros, el sistema *shear wall* resultó ser el más eficaz, permitiendo un aprovechamiento óptimo del material y superando ampliamente al método de Khan debido a que el criterio resistente es más restrictivo que el deformacional. En el caso de edificios de 480 metros, se encontró que el sistema *tube in tube* fue el más efectivo para reducir los desplazamientos, aunque la estructura central soporta la mayor parte de los esfuerzos. Por otro lado, el sistema Outrigger permitió reducir los momentos y deformaciones dependiendo de su ubicación. Como conclusión, los autores desarrollaron un modelo paramétrico que permite modificar las secciones transversales, los materiales y las cargas para analizar cada sistema estructural, y definieron criterios de

predimensionamiento adaptados a las características de cada uno de los sistemas estudiados (10).

El estudio titulado *Estimación de la densidad óptima del área de muros estructurales, de acuerdo a la altura, en edificios de concreto reforzado como parámetro de predimensionamiento para el cumplimiento de derivas*, realizado por Cárdenas (2020), tiene como objetivo estimar el área necesaria de muros estructurales en cada dirección ortogonal de los edificios, en función de su altura y relacionada con el área de la losa típica de la estructura, todo ello para garantizar el cumplimiento de las derivas máximas en suelos tipo C y D en zonas de amenaza sísmica intermedia. El estudio busca proponer un parámetro de predimensionamiento más ajustado para este tipo de edificaciones. Se analizaron diferentes edificios de muros estructurales ubicados en varios municipios del Valle de Aburrá, construidos y diseñados, destinados principalmente para uso residencial y con distribuciones de 6 y 8 apartamentos por piso. El estudio abarcó aspectos generales de cada edificio, como su localización, número de pisos, alturas de entrepiso y materiales, así como las características geométricas de los muros, tales como densidades, distribución, relación de aspecto y esbeltez. Además, se revisaron los parámetros sísmicos utilizados en el diseño de los edificios y se obtuvieron datos sobre la respuesta dinámica de las estructuras, incluyendo los periodos de vibración, cortante basal y derivas máximas. Como resultado, se obtuvieron los valores de densidad de muros para todos los casos estudiados, con el objetivo de optimizar el comportamiento dinámico de las estructuras. En cuanto a las conclusiones, se destacó que los valores de predimensionamiento derivados de esta investigación no son definitivos, ya que dependen de las características específicas de cada edificación. No obstante, se observó que las ecuaciones propuestas para predimensionar la densidad de los muros estructurales ofrecieron resultados razonables, dado que las diferencias con respecto a los valores extraídos de diseños estructurales reales no superaron el 20 % en la mayoría de los casos. Las variaciones más grandes se atribuyen a la disposición, configuración y geometría de los muros en cada proyecto particular, así como a las limitaciones en altura de las ecuaciones encontradas (2).

En el artículo *Diseño sísmico preliminar de edificios de concreto reforzado usando redes neuronales artificiales*, publicado por Bojórquez et al. (2016), se abordó la problemática del proceso de diseño de estructuras de concreto reforzado para edificios en zonas sísmicas como Ciudad de México. Este proceso era tedioso y requería múltiples iteraciones para cumplir con las especificaciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), debido a la complejidad de las normativas sísmicas y la necesidad de encontrar diseños que se ajustaran a las regulaciones vigentes. El objetivo principal del estudio fue utilizar Redes Neuronales Artificiales (RNA) para pre-diseñar estructuras de concreto reforzado en edificios de 4 a 12 niveles en el suelo blando de Ciudad de México, con el fin de reducir el tiempo y las iteraciones necesarias en el proceso de diseño, ofreciendo diseños más eficientes desde el punto de vista económico y que cumplieran con las regulaciones sísmicas. La metodología empleada incluyó el entrenamiento de dos modelos de RNA, uno para edificios de 8 a 12 niveles y otro para edificios de 4 a 7 niveles, utilizando bases de datos de diseños estructurales previos. Se compararon los diseños obtenidos con RNA con los diseños convencionales realizados siguiendo el RCDF, utilizando modelos de RNA con alimentación "hacia adelante" y con un algoritmo de aprendizaje de retroalimentación. Los resultados mostraron que los diseños obtenidos con RNA presentaban diferencias máximas del orden del 15 % en comparación con los diseños convencionales, indicando que los modelos de RNA propuestos eran aceptables y podían utilizarse para pre-diseñar estructuras de concreto, reforzado de manera eficiente y confiable (11).

2.1.2. Nacionales

El artículo titulado *Análisis comparativo de las metodologías de predimensionamiento para columnas en una edificación de seis niveles sin sótano*, publicado por Rupay et al. (2024), tiene como objetivo evaluar cómo diferentes metodologías de predimensionamiento afectan las derivas estructurales de un edificio de seis plantas sin sótano, siguiendo las normativas peruanas E. 020 Cargas, E. 030 Diseño

Sismorresistente y E. 060. Concreto Armado. La investigación se llevó a cabo en una edificación con estructura de pórticos situada en el distrito de Chanchamayo, en la región Junín. Para realizar el análisis, se utilizaron los planos generados con el *software* AutoCAD 2020, lo que permitió un examen detallado de las columnas. En este estudio se aplicaron tres métodos de predimensionamiento para comparar las variaciones en las dimensiones de las columnas y su efecto sobre las derivas finales de la estructura. Los resultados mostraron que las derivas variaron según la metodología utilizada: el método de gravedad produjo una deriva de 0.0086, el método del ACI alcanzó 0.0099 y el método sísmico arrojó un valor de 0.0074. En conclusión, los autores determinaron que el tercer método es el más adecuado para el predimensionamiento de las columnas, ya que ofrece una mejor respuesta ante las fuerzas sísmicas, garantizando así una mayor seguridad estructural en edificaciones de este tipo. Este estudio subraya la importancia de elegir la metodología más adecuada para el diseño de elementos estructurales, ya que incluso pequeñas diferencias en las derivas pueden tener un impacto significativo en el comportamiento sísmico del edificio (5).

En la tesis titulada *Diseño estructural bajo 3 propuestas de predimensionamiento de elementos estructurales de una vivienda multifamiliar con $\sigma_{adm}=2.50 \text{ kg/cm}^2$* , publicado por Quartara y Tadeo (2023), tiene como principal objetivo identificar cuál de las tres alternativas propuestas de predimensionamiento de los elementos estructurales resulta ser la más eficiente en términos de diseño estructural para una vivienda multifamiliar. Para ello, los autores llevaron a cabo un proceso exhaustivo que incluyó diversas fases de diseño y análisis. En primer lugar, se realizó el diseño inicial del plano arquitectónico de la vivienda multifamiliar, lo cual constituyó la base para los posteriores cálculos estructurales. Posteriormente, se elaboraron tres diferentes propuestas de estructuración, cada una basada en criterios de diseño distintos que fueron evaluados mediante un proceso de predimensionamiento. Este proceso se complementó con un análisis estructural detallado con el que se evaluó el comportamiento de la estructura bajo distintas condiciones de carga. Además, se desarrolló el diseño en concreto armado para los elementos estructurales, garantizando que cada componente de la estructura cumpliera con las normativas vigentes

y fuera capaz de soportar las cargas previstas de manera segura. Tras realizar los cálculos, se procedió a la elaboración de los planos estructurales detallados, los cuales fueron fundamentales para la posterior implementación del proyecto. Finalmente, los investigadores recopilaron y registraron los datos finales del diseño y los predimensionamientos obtenidos en cada una de las metodologías evaluadas. Como resultado del análisis comparativo, se logró obtener el diseño final de los elementos estructurales con las dimensiones adecuadas, determinadas por el método más eficiente en relación a las tres metodologías de predimensionamiento propuestas. En base a estos resultados, los autores concluyeron que el criterio de Blanco fue el más eficaz y adecuado para este tipo de diseño estructural en particular, ya que permitió optimizar tanto la seguridad como los costos del proyecto. Este estudio resalta la importancia de elegir la metodología adecuada de predimensionamiento en el diseño estructural de edificaciones multifamiliares, ya que las decisiones tomadas en esta fase pueden tener un impacto significativo en la calidad y la viabilidad del proyecto a largo plazo (3).

La tesis *Optimización del diseño estructural en edificaciones educativas de concreto armado* de John Elvis La Torre Esquivel, aborda un problema fundamental en la ingeniería estructural: la falta de aplicación de metodologías de optimización en proyectos de estructuras debido a su complejidad y a la especialización que se necesita en temas avanzados de optimización. El objetivo principal de este trabajo es ofrecer una solución práctica a este desafío, desarrollando un procedimiento más sencillo y accesible que utiliza estrategias como la reducción de variables, la optimización por partes y las herramientas específicas para visualizar y ajustar los diseños.

Los resultados son prometedores: aplicar este enfoque permite reducir considerablemente los costos de construcción. Esto es especialmente cierto si se utilizan materiales como concreto premezclado de alta resistencia y losas aligeradas con bloques de poliestireno expandido, además de tener en cuenta cómo interactúan los tabiques de albañilería con la estructura de concreto armado. Las conclusiones de esta investigación presentan un enfoque práctico y viable para los ingenieros diseñadores. Esto no solo facilita

la optimización económica de las construcciones, sino que también asegura el cumplimiento de los estándares establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (12).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Definición de Términos Básicos

Diseño sísmico

El diseño sísmico es el proceso de crear estructuras que puedan resistir las fuerzas de los terremotos. Para lograrlo, se deben considerar aspectos como los movimientos locales, cómo controlar la energía del sismo y cómo prevenir daños (13).

Concreto armado

El concreto armado es un material de construcción que integra la resistencia del concreto a la compresión con la capacidad del acero para soportar tracción. El acero se coloca dentro del concreto para reforzarlo y aumentar su resistencia y durabilidad (14).

Cargas sísmicas

Las cargas sísmicas son las fuerzas que actúan sobre las estructuras durante un terremoto, provocando un movimiento dinámico debido a la resistencia de las estructuras a la aceleración del terremoto (15).

Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica es la facilidad con la que un edificio u otra estructura puede dañarse o colapsar durante un terremoto (16). Esta vulnerabilidad depende de factores como la resistencia de la estructura, los materiales de construcción utilizados y si cuenta con medidas de modernización (17).

Estructuras de concreto armado

En ingeniería civil, la estructura se refiere a cómo están dispuestos y cómo interactúan los diferentes componentes de un proyecto, como un edificio o un puente. Esto incluye los materiales físicos utilizados, las relaciones entre estos materiales y cómo responden a las fuerzas que actúan sobre ellos, como la gravedad, el viento o los movimientos del suelo (18).

Elementos estructurales de concreto armado en una edificación

Los elementos estructurales desempeñan roles específicos, pero están diseñados para trabajar juntos. Columnas, vigas y losas, por ejemplo, se colocan estratégicamente para resistir y distribuir cargas de manera efectiva. Cada uno de estos elementos cumple una función muy importante: las columnas soportan principalmente cargas verticales, las vigas transfieren cargas horizontales y las losas dan una superficie de carga uniforme. La ubicación y conexión adecuadas de estos elementos son fundamentales para la estabilidad de la estructura. Las columnas deben estar posicionadas y conectadas de manera que distribuyan las cargas de manera uniforme y eficiente (19).

Además, es importante tener en cuenta las cargas que la estructura va a tener que resistir durante su vida útil. Los elementos estructurales deben diseñarse para soportar las cargas previstas, como las relacionadas con la ocupación y el clima, y también las cargas imprevistas, como las provocadas por eventos sísmicos o climáticos extremos (19).

Blanco (1990) detalla los siguientes elementos estructurales de concreto armado:

Losa

Las losas cumplen dos funciones principales en una estructura: la primera es transmitir las cargas de gravedad hacia las vigas, y la segunda es unificar la estructura para que tenga un comportamiento uniforme en cada piso. De esta manera, las columnas más peraltadas controlarán más la deformación lateral del entrepiso al absorber una mayor fuerza horizontal. Para analizar las losas, se parte del principio fundamental de que la losa es indeformable en su plano, lo que la convierte en un diafragma rígido.

Existen diferentes tipos de losas:

Las losas nervadas presentan viguetas cada cierta distancia, unidas por una losa maciza superior más delgada.

Las losas aligeradas son similares a las nervadas, pero presentan un relleno en los espacios entre las nervaduras. En Perú, las viguetas suelen tener 10 cm de ancho y una separación de 30 cm. Es común considerar una losa superior de 5 cm de espesor.

Vigas

Las vigas son elementos estructurales que se encargan de transferir las cargas de las losas hacia las columnas o muros. Generalmente, definen los ejes principales de la estructura, ya que las columnas suelen situarse en los puntos donde las vigas se cruzan. Además de soportar cargas, cumplen un rol esencial en la resistencia sísmica, ayudando a que la estructura soporte fuerzas generadas por movimientos sísmicos.

Cuando una viga peraltada se somete a flexión, genera esfuerzos de tracción y compresión. Por ello, es crucial que su capacidad resistente sea superior a los momentos aplicados, garantizando así la estabilidad y seguridad de toda la edificación. Por otro lado, las vigas chatas no se utilizan en situaciones donde las cargas actuantes son significativas, especialmente en casos de cargas sísmicas, debido a que su capacidad para resistir momentos y fuerzas es limitada en comparación con las vigas peraltadas.

Columnas

Las columnas son elementos normalmente verticales que reciben cargas de las vigas y/o losas para transmitir las hacia la cimentación. Son fundamentales en términos sísmicos, ya que forman parte de los pórticos resistentes de una estructura.

Las columnas están principalmente sometidas a compresión y flexión simultáneamente. En presencia de muros estructurales que miden menos de 6 metros, es posible prever su tamaño considerando solo las cargas verticales, ya que estas suelen ser críticas en este caso. Sin embargo, en los pórticos sin muros, la carga sísmica cobra mayor importancia. Por lo tanto, se recomienda peraltar las columnas en ambas direcciones para proporcionar rigidez lateral en ambas direcciones. También es recomendable que las columnas exteriores tengan una adecuada longitud de anclaje para mejorar la estabilidad y resistencia de la estructura.

Muros o placas

Los muros son elementos estructurales que, debido a su mayor dimensión en una dirección, brindan mayor rigidez y resistencia en esa dirección. A diferencia de las columnas, los muros de concreto armado experimentan importantes fuerzas de corte, lo que

significa que pueden deformarse significativamente bajo cargas laterales, como las generadas por el viento o los sismos. Es fundamental ser cuidadosos al ubicar los muros en una estructura para evitar crear efectos de torsión.

Sistemas estructurales de concreto armado

Un sistema estructural es un tipo específico de estructura. Este concepto abarca el diseño inicial de la estructura, su construcción, mantenimiento y funcionamiento a lo largo del tiempo (21).

Los edificios han experimentado una evolución significativa en su diseño y construcción a lo largo de la historia. En esta evolución, se han desarrollado sistemas estructurales que pueden resistir diversas fuerzas, como la gravedad, el viento y, en algunos casos, los terremotos. En el caso de los sistemas estructurales de concreto armado, estos sistemas se componen de elementos descritos anteriormente para soportar y distribuir las cargas de manera segura y eficiente (22).

Los sistemas estructurales de concreto armado que se toman en cuenta en la Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado del RNE son (23):

Pórticos: Las columnas de los pórticos son responsables de soportar al menos el 80 % de la fuerza cortante en la base. Si se incluyen muros estructurales, estos deben ser diseñados para resistir una parte de la carga sísmica total, dependiendo de su rigidez.

Muros estructurales: En este sistema, la resistencia sísmica es proporcionada principalmente por muros estructurales que soportan al menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

Sistema dual: Las fuerzas sísmicas son absorbidas mediante una combinación de pórticos y muros estructurales. Los muros deben ser capaces de resistir entre el 20 % y el 70 % de la fuerza cortante en la base del edificio.

Edificaciones de muros de ductilidad limitada (EMDL): Estas edificaciones se distinguen por contar con un sistema estructural en el cual la resistencia sísmica y de cargas gravitacionales es brindada por muros de concreto armado de espesores reducidos,

sin extremos confinados y con refuerzo vertical en una sola capa. Este sistema permite la construcción de edificios de hasta ocho pisos.

Configuración estructural

La configuración estructural de un edificio es muy importante para su resistencia sísmica y su capacidad para disipar energía y resistir la deformación lateral durante un terremoto. Dos principios fundamentales en este sentido son la regularidad morfológica y constructiva, que incluye la disposición estructural del edificio de manera uniforme y continua, y el uso adecuado de materiales (24).

Las decisiones a nivel estructural y arquitectónico se influyen mutuamente. Esto implica definir la ubicación, material, tamaño, forma y cantidad de los elementos estructurales, así como considerar las características de los elementos no estructurales para asegurar la integridad del edificio frente a eventos sísmicos.

En proyectos con plantas estructurales extremas, como una luz larga o alturas significativas, las necesidades estructurales se abordan desde el inicio del diseño, mientras que, en proyectos más convencionales, los problemas estructurales pueden abordarse de manera menos agresiva (19, 25).

Según la ingeniera Natividad Sánchez, estas son las recomendaciones a seguir para poder configurar correctamente una edificación (25):

Rigidez lateral

Aunque ninguna estructura puede evitar completamente la deformación bajo carga, es necesario controlarla. Así también, se deben evitar las rigidizaciones no intencionadas en el diseño, elementos estructurales o características arquitectónicas que, aunque no fueron concebidas específicamente para proporcionar rigidez estructural, terminan contribuyendo a ella de manera no planificada; por ejemplo, los muros que rodean un núcleo de ascensores y escaleras (26).

Simetría en planta

Algunos defectos comunes y perjudiciales en el diseño sísmico incluyen situaciones como formas no simétricas de la planta, donde el centro de masa y el centro de rigidez no coinciden, lo que requiere considerar los grados de libertad torsionales (19, 27).

Evitar edificios extremadamente alargados

Es importante evitar edificios extremadamente alargados, ya que cuanto más largo sea un edificio en planta, mayor será la posibilidad de que los extremos opuestos se vean afectados por movimientos del suelo diferentes. Los edificios altos y delgados también deben evitarse, ya que son menos capaces de resistir los momentos de vuelco asociados con las fuerzas sísmicas que los edificios más bajos y anchos (19).

Ligereza

Según la Norma Técnica de Edificación NTE-030, es recomendable minimizar los pesos, especialmente en los pisos superiores, ya que las aceleraciones sísmicas aumentan con la altura. Es preferible concentrar las cargas más pesadas en los pisos inferiores del edificio (25).

Redundancia

La inclusión de múltiples líneas de resistencia en los edificios es importante porque aumenta la capacidad de las estructuras para resistir colapsos progresivos y eventos extremos. Es preferible optar por estructuras que cuenten con un mayor número de elementos, ya que, si alguno de ellos falla, otros pueden evitar el colapso total de la edificación (28).

Las estructuras que incorporan un mayor número de elementos estructurales tienen la ventaja de distribuir las fuerzas entre varios componentes, lo que reduce la carga que recibe cada uno de ellos (25).

Evitar cambios de dimensiones en plantas

Las estructuras continuas y distribuidas uniformemente a lo largo de un edificio suelen tener un buen desempeño durante los terremotos. Además, los elementos horizontales deben estar diseñados para fallar antes que los elementos verticales, lo que se logra cuidando el diseño y la proporción de los elementos viga-columna (19).

Juntas de separación

Se recomienda instalar juntas de separación sísmica entre edificios contiguos y en aquellos separados debido a su forma irregular en planta (como T, L, U) para evitar posibles choques que podrían causar daños significativos en ambas estructuras. El diseño de las juntas de separación sísmica debe ser realizado de acuerdo con las normas establecidas. Una recomendación práctica es considerar un espesor de junta igual al 1 % de la altura del punto más alto donde podría producirse el contacto entre los edificios (25).

Consideraciones constructivas

Por último, las consideraciones de construcción también son importantes. A veces, un diseño estructural altamente eficiente en términos de uso de material puede ser difícil de fabricar y ensamblar. Los criterios de construcción incluyen la cantidad y el tipo de mano de obra necesaria, el equipo requerido y el tiempo total necesario para completar la construcción (19).

Predimensionamiento en el diseño estructural

El predimensionamiento y el dimensionamiento son dos etapas fundamentales en el diseño de estructuras, especialmente en el contexto sísmico, donde la seguridad y la resistencia son críticas. El predimensionamiento se refiere a la fase inicial del diseño, donde se identifican las secciones transversales y orientaciones óptimas de los elementos estructurales.

Por otro lado, el dimensionamiento es un proceso más detallado que implica una serie de evaluaciones iterativas. Aquí se consideran las condiciones de carga, los esquemas estáticos y dinámicos, así como el período fundamental de vibración de la estructura. El objetivo del dimensionamiento es lograr estructuras que sean seguras y robustas ante situaciones de alto estrés. Además, el dimensionamiento adecuado también tiene en cuenta la ductilidad del material de relleno, las fuerzas axiales presentes en las columnas y la geometría general de la estructura (29).

Impacto del predimensionamiento en la eficiencia del diseño

El dimensionamiento preliminar de las secciones transversales de elementos de concreto armado, cuando inicialmente solo se conocen las dimensiones básicas del edificio, es necesario para el análisis estructural, ya que requisitos como deflexión, desplazamiento y curvatura, dependen principalmente de las dimensiones transversales de los elementos. Aunque la cantidad de refuerzo también influye, su impacto es menor. Posterior a ello, se identifica la necesidad de cambios en las dimensiones. Esta inversión de tiempo y recursos adicionales disminuye la eficiencia global del proyecto, alargando los plazos y aumentando los costos asociados al diseño estructural (30).

Para simplificar este proceso y asegurar un diseño eficiente, es esencial desarrollar métodos de cálculo básicos que permitan determinar rápidamente las dimensiones preliminares de los elementos. Estos métodos deben considerar los criterios del análisis estructural sísmico desde el inicio, garantizando que el diseño cumpla con los requisitos de resistencia y deformación, optimizando a la vez el uso de materiales y recursos (30).

Métodos aproximados para el análisis estructural de elementos de concreto armado

Método de los coeficientes del ACI

El método de los coeficientes es una técnica simplificada para analizar vigas continuas y losas armadas en una dirección bajo cargas gravitacionales, dando resultados fiables bajo ciertas condiciones (20).

- Múltiples tramos: aplicable a estructuras con al menos dos tramos.
- Tramos similares: las luces adyacentes no deben diferir en más del 20 %.
- Cargas uniformes: las cargas deben estar distribuidas uniformemente.
- Relación de cargas: la carga viva no debe superar tres veces la carga muerta.
- Elementos prismáticos: las secciones transversales deben ser constantes.

Tabla 1

Valores de los coeficientes para calcular momentos y fuerzas cortantes según el método de los coeficientes

Tipo de momento	Condición de apoyo	Ecuación
Momentos positivos	Tramos extremos (no empotrados)	$M = (W_u * L^2) / 11$
	Tramos extremos (empotrados)	$M = (W_u * L^2) / 14$
	Tramos interiores	$M = (W_u * L^2) / 16$
Momentos negativos	Cara exterior del primer apoyo interior (dos tramos)	$M = (W_u * L^2) / 9$
	Cara exterior del primer apoyo interior (más de dos tramos)	$M = (W_u * L^2) / 10$
	Demás caras de los apoyos interiores	$M = (W_u * L^2) / 11$
	Cara interior de los apoyos exteriores (construcciones monolíticas) - Apoyo en viga	$M = (W_u * L^2) / 24$
	Cara interior de los apoyos exteriores (construcciones monolíticas) - Apoyo en columna	$M = (W_u * L^2) / 16$
Fuerzas cortantes	Cara exterior del primer apoyo interior	$V = 1.15 * (W_u * L) / 2$
	Caras de todos los demás apoyos	$V = (W_u * L) / 2$

Nota. American Concrete Institute ACI 18.

W_u: Carga uniformemente distribuida.

L: Longitud del tramo.

El valor de “L” (longitud) es la luz libre para calcular momentos positivos y fuerzas cortantes, y el promedio de las luces continuas para el cálculo de los momentos negativos.

Método del Portal para predimensionamiento en análisis sísmico

El método del Portal es una técnica simplificada utilizada para el predimensionamiento de estructuras de pórticos, particularmente adecuada para edificios de mediana altura y configuración regular. Este método facilita la estimación rápida de las fuerzas sísmicas y su distribución en los elementos estructurales, permitiendo una evaluación preliminar de las dimensiones necesarias para vigas y columnas (31).

Pasos del método del Portal

- Asignación de cortantes a las columnas.
- Suposición: las columnas internas absorben 1.5 veces el cortante de las columnas externas.
- Cálculo: distribución del cortante entre columnas internas y externas con equilibrio de fuerzas horizontales.

- Cálculo de momentos flectores en las columnas.
- Determinación de momentos flectores basados en los cortantes.
- Graficado del Diagrama de Momentos Flectores (DMF) para columnas.
- Determinación de momentos en las vigas.
- Reparto de momentos desequilibrados en los nudos proporcionalmente a las rigideces de las vigas ($1/L$).
- Graficado del DMF para vigas.
- Cálculo del cortante en vigas con equilibrio de fuerzas.
- Cálculo de la fuerza axial en las columnas (tracción o compresión).

Normativa y regulaciones aplicables al predimensionamiento

Norma E.030 - diseño sismorresistente

Se hace una revisión y resumen de los conceptos que podrían ser útiles a esta investigación (23).

Principios del diseño sismorresistente (Artículo 3):

- Resistencia a sismos severos: evitar colapsos y daños graves en estructuras durante sismos severos, aunque puedan presentar daños significativos.
- Resistencia a sismos moderados: soportar sismos moderados con daños reparables y rehabilitación rápida.
- Edificaciones esenciales: diseñar hospitales y estaciones de bomberos para que permanezcan operativas tras sismos severos, utilizando diseños robustos y sistemas redundantes.

Concepción estructural sismorresistente (Artículo 7):

Para diseñar edificaciones resistentes a sismos, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Simetría: distribución simétrica de masas y rigideces para evitar comportamientos irregulares.
- Peso mínimo: reducir peso en pisos altos para disminuir fuerzas sísmicas.

- Selección de materiales: utilizar materiales de alta calidad.
- Resistencia bidireccional: estructuras deben resistir cargas laterales en ambas direcciones.
- Continuidad estructural: asegurar continuidad en planta y elevación.
- Ductilidad: permitir deformación más allá del rango elástico sin colapsar.
- Deformación lateral limitada: limitar deformaciones para proteger la integridad estructural.
- Redundancia estructural: incluir líneas sucesivas de resistencia.
- Condiciones locales: considerar condiciones geotécnicas y sísmicas específicas.
- Buena práctica constructiva: seguir buenas prácticas y supervisión rigurosa.

Peligro sísmico, zonificación (Artículo 10):

El territorio del país está dividido en cuatro zonas, de acuerdo con la sismicidad. Las características de los movimientos sísmicos y cómo estos se atenúan con la distancia al epicentro. El Anexo II de la norma E.030 proporciona una lista de las provincias y distritos correspondientes a cada zona.

Cada zona tiene asignado un factor Z, como se muestra en la tabla siguiente. Este factor representa la aceleración máxima horizontal en suelo rígido, con una probabilidad del 10% de ser superada en un período de 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Tabla 2

Factores de Zona "Z"

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota. Norma E.030 - Diseño Sismorresistente.

Condiciones Geotécnicas (Artículo 12)

La norma clasifica los perfiles de suelo según la velocidad promedio de propagación de ondas de corte (V_s), considerando distintos tipos de suelos y rocas. Se identifican cinco tipos de perfiles de suelo (S_0 , S_1 , S_2 , S_3 , S_4) basados en la rigidez y resistencia de los suelos.

- S_0 : rocas duras con $V_s > 1500$ m/s.
- S_1 : rocas menos densas y suelos muy rígidos con V_s entre 500 y 1500 m/s.
- S_2 : suelos medianamente rígidos $180 \leq V_s \leq 500$ m/s.
- S_3 : suelos blandos con $V_s \leq 180$ m/s, incluyendo arena media a fina, grava arenosa, suelo cohesivo blando, o cualquier perfil con más de 3 m de suelo con índice de plasticidad > 20 , contenido de humedad > 40 %, y resistencia al corte no drenado < 25 kPa.
- S_4 : condiciones excepcionales que requieren estudio específico.
- Cada tipo de perfil describe las características del suelo o la roca, como su resistencia a la compresión, los resultados de los ensayos de penetración estándar (SPT), y la resistencia al corte en condiciones no drenadas. Para el diseño estructural debe considerarse el perfil de suelo más desfavorable.

Tabla 3

Clasificación de los perfiles de suelo

Perfil	V_s	N60	Su
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS	-	-

Nota. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente.

Parámetros de sitio (S, TP y TL):

El artículo 13 establece que se debe seleccionar el perfil de suelo que mejor represente las condiciones locales, utilizando los valores del factor de amplificación del suelo (S) y los períodos (TP y TL) que se encuentran en las tablas correspondientes.

Tabla 4

Factor de Suelo "S"

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	1.60	2.00

Nota. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente.

Tabla 5

Periodos "T_P" y "T_L"

Perfil de Suelo	T _P (s)	T _L (s)
S ₀	0.3	3.0
S ₁	0.4	2.5
S ₂	0.6	2.0
S ₃	1.0	1.6

Nota. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente.

Factor de amplificación sísmica (C):

El factor de amplificación sísmica (C) se determina según las características del sitio y se calcula de la siguiente manera:

- Si $T < T_P$, entonces $C = 2.5$.
- Si $T_P < T < T_L$, entonces $C = 2.5 * (T_P / T)$.
- Si $T_L < T$, entonces $C = 2.5 * (T_P / T) * (T_L^2 / T^3)$.

Categoría, sistema estructural y regularidad de las edificaciones:

El artículo 15 clasifica las edificaciones en diversas categorías según la Tabla 5. Cada una de estas categorías tiene asignado un factor de uso o importancia (U), que también se especifica en la misma tabla. En el caso de edificios con aislamiento sísmico en

la base, se puede asignar un valor de U igual a 1. A continuación, se presenta un resumen de esta tabla.

Tabla 6

Adaptación de la tabla sobre categoría de las edificaciones y factor "U"

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones esenciales	A1: Establecimientos de salud del segundo y tercer nivel. A2: Edificaciones esenciales para emergencias y refugios: puertos, aeropuertos, estaciones, locales municipales, estaciones de bomberos, instalaciones eléctricas, instituciones educativas, edificaciones con riesgo adicional, archivos esenciales.	Ver nota 1 1.5
B Edificaciones importantes	Edificaciones con mucha concentración de personas: cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales, penales, museos, bibliotecas, depósitos de granos.	1.3
C Edificaciones comunes	Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos, instalaciones industriales sin riesgos adicionales.	1.0
D Edificaciones temporales	Construcciones provisionales como depósitos, casetas.	Ver nota 2

Nota. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente. 1. Edificaciones A1 usan aislamiento sísmico en base a zonas sísmicas 4 y 3. En zonas 1 y 2, la entidad responsable decide el uso de aislamiento. Si no se usa, $U=1.5U=1.5U=1.5$. 2. Las edificaciones D requieren resistencia y rigidez adecuadas según el proyectista.

Categoría y sistemas estructurales:

El artículo 16 describe sistemas estructurales para edificaciones de concreto armado:

- Pórticos: 80 % de la fuerza cortante en las columnas.
- Muros estructurales: absorben al menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.
- Dual: los muros absorbiendo entre el 20 % y 70 % de la fuerza cortante.
- EMDL: utiliza muros de concreto armado de espesores reducidos, permitiendo hasta ocho pisos.

El artículo 17 indica que la selección del sistema estructural debe basarse en la categoría de la edificación y su ubicación, cumpliendo con las restricciones establecidas en la tabla.

Tabla 7

Adaptación de la tabla sobre categoría y sistema estructural de las edificaciones (con enfoque en estructuras de concreto armado)

Categoría de la edificación	Zona	Sistema estructural
A1	4 y 3	Aislamiento sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Sistema dual, muros de concreto armado, albañilería armada o confinada.
A2	4, 3 y 2	Sistema dual, muros de concreto armado, albañilería armada o confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Pórticos, sistema dual, muros de concreto armado, albañilería armada o confinada.
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Nota. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente. 1. Para edificaciones con cobertura liviana, se puede usar cualquier sistema estructural. 2. Para construcciones rurales pequeñas, como escuelas y postas médicas, es posible utilizar materiales tradicionales, siempre y cuando se sigan las recomendaciones de las normas aplicables a esos materiales.

Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R_0):

El artículo 18 clasifica los sistemas estructurales según los materiales y su capacidad de resistencia sísmica en cada dirección de análisis. Si una edificación cuenta con más de un sistema estructural en una dirección, se debe seleccionar el coeficiente R_0 más bajo disponible.

Tabla 8***Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción (R_0)***

Sistema estructural	Coeficiente básico de reducción R_0
Acero	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado	
Pórticos	8
Dual	7
Muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Otros Materiales	
Albañilería armada o confinada	3
Madera	7 (*)

Nota: (*) Para diseño por esfuerzos admisibles. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente. Estos coeficientes se aplican a estructuras donde los elementos verticales y horizontales permiten la disipación de energía manteniendo la estabilidad. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

Regularidad estructural:

El artículo 19 clasifica las estructuras como regulares o irregulares para establecer las restricciones, los procedimientos de análisis y el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas. Las estructuras regulares no presentan las irregularidades especificadas en las tablas, y sus factores se asignan como 1.0. Por otro lado, las estructuras irregulares presentan al menos una de las irregularidades indicadas en estas tablas.

El artículo 20 define los factores de irregularidad como el menor valor de las tablas correspondientes a las irregularidades estructurales en altura y en planta, evaluadas en las dos direcciones de análisis.

Tabla 9

Adaptación de la tabla de irregularidades estructurales en altura

Irregularidad	Descripción	Factor de irregularidad
Rigidez – Piso Blando	La rigidez lateral es inferior al 70 % de la del piso superior inmediato o al 80 % del promedio de los tres pisos superiores.	0.75
Resistencia – Piso Débil	La resistencia a las fuerzas cortantes es inferior al 80 % de la del piso superior inmediato.	0.75
Extrema de Rigidez	La rigidez lateral es menor al 60 % de la del piso superior inmediato o al 70 % del promedio de los tres pisos superiores.	0.50
Extrema de Resistencia	La resistencia a las fuerzas cortantes es inferior al 65 % de la del piso superior inmediato.	0.50
Masa o Peso	El peso del piso mayor es 1.5 veces el peso del piso adyacente.	0.90
Geométrica vertical	La dimensión en planta de la estructura resistente es 1.3 veces menor a la dimensión en planta del piso adyacente.	0.90
Discontinuidad en los sistemas resistentes	Los elementos que resisten más del 10 % de la fuerza cortante presentan un desplazamiento mayor al 25 % de la dimensión del elemento.	0.80
Extrema de los sistemas resistentes	Elementos resistentes más del 25 % de la fuerza cortante total.	0.60

Nota. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente.

Tabla 10

Adaptación de la tabla de irregularidades estructurales en planta

Irregularidad	Descripción	Factor de irregularidad I_p
Torsional	Desplazamiento relativo de entrepiso mayor a 1.3 veces el promedio de los extremos del mismo entrepiso.	0.75
Torsional extrema	Desplazamiento relativo de entrepiso > 1.5 veces el promedio de los extremos del mismo entrepiso.	0.60
Esquinas entrantes	Esquinas entrantes > al 20 % de la dimensión total en planta.	0.90
Discontinuidad del diafragma	Diafragmas con discontinuidades > al 50 % del área bruta del diafragma o secciones con área neta resistente < al 25 % del área de la sección transversal total.	0.85
Sistemas paralelos	Elementos que resisten fuerzas laterales no paralelas.	0.90

Nota. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente.

Restricciones a la Irregularidad

El artículo 21 de la norma establece que las edificaciones deben proyectarse respetando las restricciones a la irregularidad de acuerdo a su categoría y la zona donde se ubiquen, según lo indicado en la tabla.

Tabla 11

Categoría y regularidad de las edificaciones

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

Nota. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente.

Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R):

Según el Artículo 22, el coeficiente R se obtiene multiplicando R_0 por los factores I_a e I_p de las tablas.

Estimación del Peso (P) (Artículo 26):

El peso P incluye la carga permanente más un porcentaje de la carga viva:

- Categorías A y B: 50 % de la carga viva.
- Categoría C: 25 % de la carga viva.

Procedimientos de análisis sísmico (Artículo 27):

- Estático equivalente: aplicable a la zona sísmica 1, y a otras zonas para estructuras regulares hasta 30 m de altura y muros portantes hasta 15 m.
- Fórmula: $V = (Z * U * C * S * P) / R$ (con $C/R \geq 0.11$).
- Período de vibración fundamental: $T = h_n / CT$.

- Dinámico modal espectral: utiliza la combinación modal espectral y modos de vibración hasta cubrir el 90 % de la masa total.

Fuerza cortante mínima:

La fuerza cortante en el primer entrepiso debe ser, como mínimo, el 80 % del valor calculado para estructuras regulares, y el 90 % para las estructuras irregulares.

Requisitos de Rigidez, Resistencia y Ductilidad:

Desplazamientos laterales (Artículo 31):

- Estructuras regulares: desplazamientos laterales $\times 0.75R$.
- Estructuras irregulares: desplazamientos laterales $\times 0.85R$.

Desplazamientos laterales relativos admisibles (Artículo 32): (Δ_i/h_{ei}) no deben el valor indicado en la tabla.

Tabla 12

Límites para la distorsión del entrepiso

Material predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Nota. Tomado de la Norma E.030 - Diseño Sismorresistente. Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta tabla.

Redundancia

Según el artículo 34, si un solo elemento, como un muro o un pórtico, soporta el 30 % o más de la fuerza cortante horizontal total en cualquier entrepiso, ese elemento debe ser diseñado para resistir un 125 % de esa carga.

Norma E.060 – Diseño estructural de concreto armado

Se resumirán los aspectos a tener en cuenta para el tema abordado en esta investigación, esto es, el predimensionamiento (23).

Recubrimiento de concreto para el refuerzo (Artículo 7.7.5):

- Concreto contra el suelo: recubrimiento mínimo: 70 mm.
- Concreto en contacto con el suelo o la intemperie:
 - Barras de 3/4" y mayores: 50 mm.
 - Barras de 5/8" y menores, mallas electrosoldadas: 40 mm.
- Losas, muros, viguetas:
 - Barras de 1 11/16" y 2 1/4": 40 mm.
 - Barras de 1 3/8" y menores: 20 mm.
- Vigas y columnas:
 - Armadura principal, estribos y espirales: 40 mm.
- Cáscaras y losas plegadas:
 - Barras $\geq 3/4"$: 20 mm.
 - Barras $\leq 5/8"$ mallas electrosoldadas: 15 mm.

Estribos (Artículo 7.10.5):

Criterios de confinación:

Todas las barras no preesforzadas deben estar confinadas por estribos transversales:

- ≥ 8 mm para barras de hasta 5/8".
- De 3/8" para barras longitudinales $>$ de 5/8" hasta 1".
- De 1/2" para barras longitudinales de mayor diámetro y para paquetes.

Módulo de elasticidad y módulo de corte (Artículo 8.5):

Módulo de elasticidad del concreto (E_c):

Para concretos con peso unitario w_c entre 1450 y 2500 kg/m³:

- $E_c = 1.5(w_c)^{0.043} f_c'$ (en MPa) [fórmula 8-2]
- $E_c = (w_c)^{1.5} \times 0.136 \sqrt{f_c'}$ (en kgf/cm²)

Para concretos de peso unitario normal ($w_c \approx 2300$ kg/m³):

- $E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$ (en MPa) [fórmula 8-3]

- $E_c = 15000 \sqrt{f_c'}$ (en kgf/cm²)

Otros valores de E_c pueden ser utilizados si están respaldados por resultados de laboratorio.

Módulo de rigidez al esfuerzo cortante (G):

Si no hay resultados experimentales confiables:

- $G = 2.3 E_c$ [Fórmula 8-4].
- En unidades de cm y kg: $G = 2.3 E_c$ (en kg/cm²).

Módulo de elasticidad para el acero de refuerzo no preesforzado (E_s):

- $E_s = 200,000$ MPa.
- En unidades de cm y kg: $E_s = 2,000,000$ kg/cm².

Factores de reducción de resistencia

Tabla 13

Factores de reducción de resistencia

Resistencia de Diseño	Descripción	Factor de reducción (ϕ)
Flexión sin carga axial	Resistencia en flexión sin interacción con carga axial	0.90
Carga axial y carga axial con flexión	(a) Carga axial de tracción (b) - Elementos con refuerzo en espiral según 10.9.3 - Otros elementos	(a) 0.90 (b) - 0.75 - 0.70 (Otros elementos) Incremento hasta 0.90 si ϕP_n disminuye.
Cortante y torsión	Resistencia en cortante y torsión	0.85
Aplastamiento en concreto	Excepto zonas de anclaje de postensado	0.70
Zonas de anclaje de postensado	Resistencia en zonas de anclaje postensado	0.85
Secciones en flexión en elementos pretensados	Según la longitud de desarrollo del torón (strand): (a) Desde el extremo del elemento hasta el extremo de la longitud de transferencia (b) Desde el extremo de la longitud de transferencia hasta el extremo de la longitud de desarrollo	(a) 0.75 (b) Incremento lineal de 0.75 a 0.90
Longitudes de desarrollo (Capítulo 12)	No requieren factor ϕ	No aplica
Concreto estructural simple (Capítulo 22)	Resistencia para flexión, compresión, cortante y aplastamiento	0.65

Nota. Tomado de la Norma E.060 – Diseño estructural de concreto armado.

Control de deflexiones (Artículo 9.6.1):

Los elementos de concreto reforzado deben ser diseñados de manera que las deformaciones sean controladas para evitar que afecten tanto la resistencia como el desempeño de la estructura.

Espesores mínimos (Tabla 9.1):

Tabla 14

Adaptación de la tabla 9.1 de peraltes o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones

Elementos	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Losas macizas en una dirección	l/20	l/24	l/28	l/10
Vigas o losas nervadas en una dirección	l/16	l/18.5	l/21	l/8

Nota. Tomado de la Norma E.060 – Diseño estructural de concreto armado. Estos espesores mínimos son aplicables siempre que los elementos no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales que puedan dañarse por deflexiones.

Criterios para evaluar rigidez a flexión y deflexiones

Si el momento flector, bajo condiciones de servicio, no supera el momento de agrietamiento (M_{cr}), se puede utilizar el momento de inercia de la sección no agrietada (I_g).

El momento de agrietamiento, M_{cr} , se determina mediante el siguiente cálculo:

$$M_{cr} = f_r * I_g / y_t$$

Donde f_r , la resistencia del concreto a tracción por flexión (módulo de rotura), es $2\sqrt{f'_c}$.

Refuerzo mínimo en elementos sometidos a flexión

El área mínima de refuerzo por tracción (Artículo 10.5.2) para secciones rectangulares y secciones en T con el ala en compresión no debe ser menor que:

Equivalencia en MKS:

$$A_s \geq 0.7 * \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} * b_w * d$$

No es necesario cumplir con los requisitos de los artículos 10.5.1 y 10.5.2 si en cada sección del elemento el área de acero en tracción proporcionada es al menos un 33 % mayor que la requerida por el análisis.

En cuanto a las losas estructurales y las zapatas de espesor uniforme (según el artículo 10.5.4), el acero mínimo en la dirección de la luz debe ser el especificado en el artículo 9.7. Si el acero mínimo se distribuye en ambas caras de la losa, la cantidad de refuerzo en la cara en tracción por flexión no debe ser inferior al 0.0012.

Resistencia al cortante proporcionada por el concreto en elementos no preesforzados (Artículo 11.3.1)

Equivalencia en MKS:

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

Desarrollo de ganchos estándar en tracción

Es al menos el menor valor entre 8db y 150 mm (artículo 12.5.1). Para barras corrugadas, ldg es:

Equivalencia en MKS:

$$ldg = 0.24 * \Psi_e * \lambda * \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} * db$$

Con $\Psi_e = 1.2$ para refuerzo con recubrimiento epóxico y $\lambda = 1.3$ para concretos livianos; en otros casos, Ψ_e y λ son 1.0 (artículo 12.5.2).

Tabla 15

Desarrollo de ganchos estándar en tracción

Diámetro (mm)	Diámetro (pulgadas)	ldg (Concreto f'c = 21 MPa) (mm)
8.0	5/16"	177.70
9.5	3/8"	211.02
12.7	1/2"	282.09
15.9	5/8"	353.17
19.1	3/4"	424.25
25.4	1"	564.19
31.8	1 1/4"	706.35
35.8	1 3/8"	795.19

Nota. Tomado de la Norma E.060 – Diseño estructural de concreto armado.

Resistencia a cortante en muros (Artículo 11.10.4):

$$V_n \leq 0.83 * \sqrt{f'_c} * A_{cw}$$

Donde:

- f'_c es la resistencia del concreto a compresión.
- A_{cw} representa el área de corte de la sección transversal del muro (área del alma) o del segmento del muro considerado.

Criterios de espesor mínimo en muros

El espesor de los muros de carga no debe ser inferior a 1/25 de la altura entre los elementos que brindan apoyo lateral o de la longitud del muro, lo que sea menor, y debe ser, como mínimo, de 100 mm (según el artículo 14.5.3.1).

Por otro lado, el espesor de los muros exteriores de sótanos y cimentaciones debe ser ≥ 200 mm (según el artículo 14.5.3.2).

Requisitos para vigas en edificios con sistemas resistentes a fuerzas laterales de pórticos y duales tipo II (Artículo 21.5)

- La fuerza de compresión axial amplificada (P_u) no debe exceder $0.1 * f'_c * A_g$.
- La luz libre del elemento (λ_n) debe ser $\geq$ cuatro veces su peralte.
- El ancho del elemento (b_w) debe ser ≥ 0.25 veces el peralte y $\geq$ de 250 mm.
- El ancho del elemento (b_w) es $\leq$ el ancho del elemento de apoyo más tres cuartas partes del peralte a cada lado del elemento de apoyo.

Requisitos para columnas en edificios con sistemas resistentes a fuerzas laterales (Artículo 21.6)

- La fuerza de compresión axial amplificada (P_u) $> 0.1 * f'_c * A_g$ (artículo 21.6.1.1).
- La dimensión menor de la sección transversal, medida en cualquier línea recta que pase por su centroide geométrico, debe ser como mínimo de 250 mm (según el artículo 21.6.1.2).
- Además, la relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular no debe ser inferior a 0.25 (según el artículo 21.6.1.3).

Criterios de predimensionamiento de elementos estructurales

Predimensionamiento según Antonio Blanco Blasco

El ingeniero Antonio Blanco Blasco detalló los siguientes métodos de predimensionamiento para edificaciones con cargas vivas no excesivas teniendo en cuenta las condiciones sísmicas de nuestro país (20).

Predimensionamiento de losas

Predimensionamiento de vigas

- Altura (H): 1/10 a 1/12 de la luz libre (incluye espesor de losa del techo).
- Ancho (b): 0.3 a 0.5 veces la altura (mínimo 25 cm para pórticos sismorresistentes).

Predimensionamiento de columnas

- Área de columna (con muros de corte): $A_c = P_{\text{servicio}} / (0.45 * f'_c)$
- Área de columna (con menor carga axial): $A_c = P_{\text{servicio}} / (0.35 * f'_c)$
- Área de columna (sin muros de corte): 1000 cm² a 2000 cm².
- Peralte de columnas en pórticos (luzes de 7-8 m): 70 % a 80 % del peralte de la viga.

Predimensionamiento de placas

- Espesor mínimo: 10 cm (Espesor común 15 cm en edificios de pocos pisos, 20-30 cm en edificios altos).

Predimensionamiento según Roberto Morales Morales

Predimensionamiento de vigas

Para determinar el peralte de la viga, se utiliza la fórmula derivada de la ACI 318 para una sección rectangular con acero solo en tracción:

$$d = L_n \sqrt{\frac{W_u B}{\alpha \phi f'_c b \omega (1 - 0.59 \omega)}}$$

Valores obtenidos (32):

Tabla 16***Predimensionamiento de vigas según la sobrecarga***

Sobrecarga (kg/m ²)	Divisor
200	13
250	12
500	11
750	10
1000	9

Nota. Tomado de Roberto Morales Morales. Diseño en Concreto Armado (2006).

Para vigas secundarias:

- Ancho (b): $L_{\text{menor paño}} / 20$.
- Altura (h): Igual que para vigas principales.

Predimensionamiento de columnas

Basado en investigaciones en Japón tras el sismo de Tokachi en 1968, se recomienda: $h_n/D \geq 4$

Y se resalta para predimensionar columnas (20): $bD = P/nf'_c$

Donde:

D: Dimensión de la sección en la dirección del análisis sísmico de la columna.

b: La otra dimensión de la sección de la columna.

P: Carga total que soporta la columna.

n: Valor dependiente del tipo de columna.

f'_c: Resistencia del concreto a la compresión simple.

Tabla 17***Tipos de columnas y valores de P y n***

Tipo de columna	Descripción	P	n
TIPO C1	Columna interior (N < 3 pisos)	$1.1 * P_g$	0.3
TIPO C1	Columna interior (N > 4 pisos)	$1.1 * P_g$	0.25
TIPO C2, C3	Columna extrema de pórticos interiores	$1.25 * P_g$	0.25
TIPO C4	Columna de esquina	$1.5 * P_g$	0.2

Nota: Tomado de Roberto Morales Morales. Diseño en Concreto Armado (2006).

Donde: **P_g**: carga total de gravedad soportada por la columna. **P**: carga debido a sismo.

Predimensionamiento usando el criterio del área tributaria

Roberto Morales Morales también propone el predimensionamiento de columnas utilizando el criterio del área tributaria, con la fórmula (20):

$$A_g = K \times A_t$$

Donde:

Ag: Sección de la columna.

At: Área tributaria acumulada.

K: Coeficiente dependiente del número de pisos.

Tabla 18

Coeficientes (K) según el número de pisos y luz

Piso	Luz (m)	Área Trib. por Piso (m ²)	K para 1 Piso	K para 2 Pisos	K para 3 Pisos	K para 4 Pisos
Antepenúltimo	4	16	0.0013	0.0025	0.0022	0.0040
Antepenúltimo	6	36	0.0011	0.0020	0.0016	0.0028
Antepenúltimo	8	64	0.0011	0.0017	0.0015	0.0023
Segundo	4	16	0.0011	0.0014	0.0014	0.0021
Segundo	6	36	0.0012	0.0014	0.0014	0.0015
Segundo	8	64	0.0012	0.0014	0.0014	0.0015

Nota. Tomado de Roberto Morales Morales. Diseño en Concreto Armado (2006).

Esta tabla proporciona los valores del coeficiente K para diferentes combinaciones de número de pisos y luz, lo que permite calcular la sección de la columna en función del área tributaria acumulada.

Predimensionamiento según Natividad Antonieta Sánchez Arévalo

Predimensionamiento de losas y vigas sismoresistentes

Sánchez sigue los métodos de predimensionamiento especificados en la norma E0.60 y los considerados por el ingeniero Blanco Blasco (25).

Predimensionamiento de vigas sobre vigas

Para vigas sobre vigas, se debe asegurar rigidez y resistencia para cargas verticales. Las dimensiones se determinan según las cargas de gravedad (25):

- Si soportan losa de piso peralte mínimo: $L / 16$.
- Arquitectónicamente, se dimensionan como las vigas sismoresistentes que las soportan.
- Si solo soportan cargas directas: mismo espesor que la losa.

Predimensionamiento de vigas en voladizo

Estas vigas soportan cargas de gravedad y sísmicas verticales (25):

- Si soportan techo peralte: entre $1/6$ y $1/4$ de la luz del voladizo.
- Si solo soportan cargas directas o son continuación de los pórticos: consideradas chatas.

Predimensionamiento de columnas

Las columnas de los edificios con sistemas aporticados o duales deben ser capaces de soportar tanto las cargas gravitacionales como las fuerzas sísmicas laterales. Es importante seguir las directrices establecidas por Blanco (1991), complementándolas con soluciones adicionales para garantizar una rigidez lateral adecuada en la estructura (Ortega & Gutiérrez, 2021):

- Cálculo de la fuerza cortante en el primer entrepiso: $V = Z * U * S * C * P / R$.
- La fuerza cortante (V) se distribuye entre los pórticos y cada columna debe resistir una fuerza cortante (V_{col}).
- $V_{col} = V / \text{Número de columnas}$.
- Si $V_{col} \geq V_{rc} \approx 6 \text{ kg} * \text{área}$, se deben incrementar las dimensiones de las columnas.

Predimensionamiento de placas en sistemas duales

El área de una placa (A_p) se define por su espesor (e) y longitud (L_p): $A_p = e * L_p$.

- Espesores para edificios de poca altura: 0.10, 0.15, 0.20, y 0.25 m.
- Espesores para edificios altos: 0.30 m a 0.60 m.

En un sistema dual, se asume que las placas absorben el 100 % x V en una dirección, mientras que los pórticos deben absorber al menos el 25 % x V en cada dirección (Ortega & Gutiérrez, 2021):

$$V = 0.357 * Z * U * S * P$$

Donde:

Z: Coeficiente sísmico.

U: Factor de uso.

S: Factor de suelo.

P: Carga total del edificio.

La fuerza cortante resistente de la placa (V_{rp}) se calcula como: $V_{rp} = 6 \text{ kg/cm}^2 * A_p$

El procedimiento de dimensionamiento es:

- Asumir configuración y dimensiones de las placas.
- Calcular la fuerza cortante actuante (V_{ap}).
- Calcular la fuerza cortante resistente de las placas (V_{rp}).
- Verificar que $V_{ap} \leq V_{rp}$.
- Si V_{rp} es insuficiente, ajustar las dimensiones de la placa.

Capítulo III: Metodología

3.1. Método de Investigación

En esta investigación se utilizará el método científico, ya que permite formular problemas, probar hipótesis y generar conocimiento de manera objetiva y sistemática. Su punto de partida es la interpretación objetiva de la realidad, lo que facilita una formulación precisa de los problemas de investigación, evitando generalidades que dificulten su análisis (33).

3.1.1. Nivel de Investigación

La investigación es de nivel correlacional porque examina la relación matemática entre la cortante basal y el predimensionamiento, determinando cómo varía este último en función de diferentes valores de cortante basal. En este estudio, la cortante basal actúa como variable independiente (X) y el predimensionamiento como variable dependiente (Y), lo que permite cuantificar el grado de asociación entre ambas. Para ello, se calculan el error absoluto en distintos escenarios y se aplican herramientas estadísticas, como el coeficiente de correlación de Pearson, para medir la fuerza y dirección de la relación (34).

3.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de investigación que se emplea en este estudio es no experimental (Documental), ya que se fundamenta en el análisis de datos obtenidos a partir de cálculos matemáticos y fuentes técnicas, sin requerir la recolección de información directa de sujetos investigados ni la manipulación de variables en un entorno experimental. Debido a que el estudio establece relaciones entre variables a partir de datos registrados y aplica herramientas estadísticas para validar la propuesta, el diseño documental es el más adecuado (34).

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población del estudio está compuesta por todas las edificaciones de concreto armado en el distrito de San Jerónimo de Tunán, Huancayo, cuyas estructuras puedan ser

analizadas en términos de predimensionamiento y cortante basal. Esto incluye edificaciones de diferentes alturas y configuraciones estructurales.

3.2.2. Muestra

Dado que analizar toda la población no es viable, se seleccionará una muestra representativa de edificaciones en proceso de diseño en San Jerónimo de Tunán, 2024, considerando una edificación de concreto armado que pueda representar distintos tipos estructurales (número de pisos, disposición de muros de corte y pórticos). Se utilizará un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando una edificación cuyos planos y datos estructurales sean accesibles para su modelado y análisis.

3.3. Materiales y Métodos

3.3.1. Materiales

- Software de cálculo y análisis estructural: ETABS.
- Herramientas de cálculo: calculadoras científicas, hojas de cálculo en Excel y MathCad.
- Normativas y manuales técnicos: Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú; libros especializados en el área de análisis estructural y diseño de concreto armado.
- Equipos de computación: Laptop CORE i7.

3.3.2. Métodos

Definición del modelo matemático:

Se definirá un modelo matemático que permita el predimensionamiento de los elementos de concreto armado, incorporando la cortante basal.

Desarrollo de un modelo de comparación:

Se desarrollará un modelo de referencia que permitirá la comparación de los resultados obtenidos.

Aplicación del predimensionamiento:

Aplicación de la fórmula tradicional: se describirá el proceso y los parámetros utilizados para aplicar la fórmula tradicional en cada caso.

Aplicación de la fórmula con cortante basal: se implementará la fórmula considerando la cortante basal para cada caso.

Análisis detallado: se realizará un análisis detallado para determinar el área real de cada elemento estructural.

Cálculo de errores y análisis de varianza:

Se calcularán el ANOVA, error absoluto, el error cuadrático medio y el índice de ajuste o precisión de las dimensiones obtenidas con las fórmulas tradicionales, en comparación con el valor obtenido del análisis con ETABS.

Análisis de correlación

Se realizará el análisis de correlación y se calculará el coeficiente de determinación R^2 para identificar la influencia existente entre la cortante basal y los resultados del predimensionamiento: el peralte de las vigas predimensionadas, las dimensiones de las columnas y de los muros de corte.

Interpretación de resultados:

Se interpretarán los valores obtenidos y se evaluarán la hipótesis nula y la hipótesis alternativa para determinar las relaciones correspondientes.

Validación y conclusiones:

Se validarán los resultados obtenidos y se establecerán conclusiones sobre la eficiencia de cada fórmula en el predimensionamiento de los elementos estructurales.

Capítulo IV: Resultados

4.1 Desarrollo de las Fórmulas de Predimensionamiento que Consideran la Cortante Basal

Requisitos y supuestos

- Los miembros estructurales, especialmente las columnas, deben ser dúctiles.
- Las columnas no deben fallar en cortante.
- Se supone que la resistencia a la compresión del hormigón es de 210 kg/cm² (21 MPa).
- Se supone que el límite elástico del refuerzo longitudinal y lateral es de 4200 kg/cm² (420 MPa).
- Se supone que el peso del edificio, incluida la carga viva, es de 1250 kg/m². Para el análisis de carga por gravedad, el factor de carga se toma como 1.2, aproximadamente 1500 kg/m². Para el análisis sísmico, el factor de carga se reduce a 1000 kg/m², aproximadamente 1000 kg/m².
- Para el análisis sísmico se supone que la acumulación de carga horizontal debido a la fuerza sísmica en el segundo nivel es el 90 % de la carga horizontal total (V basal).

4.1.1. Cálculo de Fuerzas

Para empezar con el análisis se toma un pórtico en el cual las dimensiones y cargas se tratan de forma algebraica, para obtener en primer lugar expresiones que puedan utilizar para pórticos en general, con parámetros variables a conveniencia.

Se colocan los puntos de inflexión y las cargas horizontales asumidas para el análisis. Se distribuye la carga horizontal acumulada en las columnas asumiendo que las columnas internas absorben el 1.5 de la cortante que asumen las columnas externas. Para esto se plantea el factor de distribución de cortante en columnas

$$fd = 2 + 1.5(Nc - 2)$$

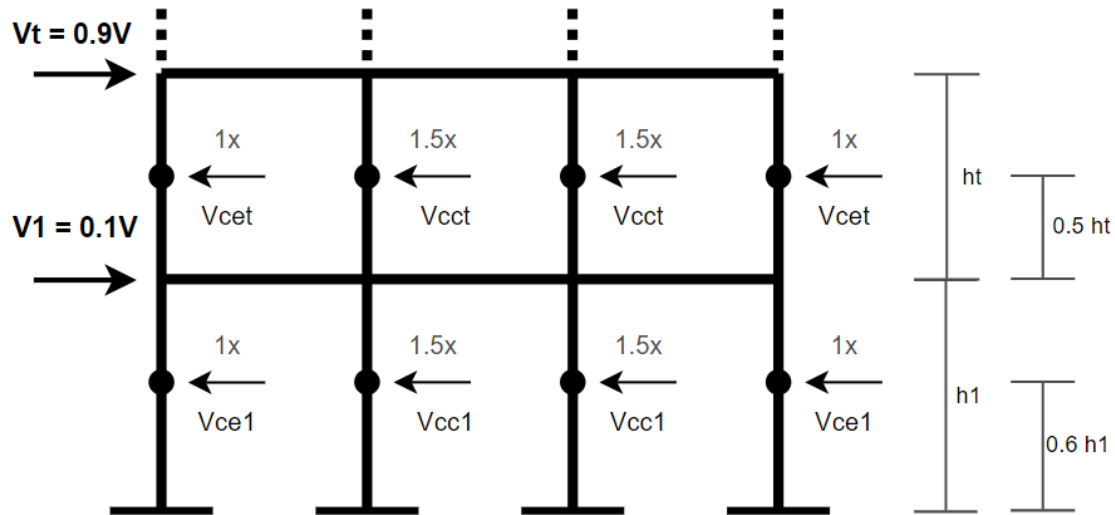
$$fd = 1.5 * Nc - 1$$

Nc: Número de columnas

De esta manera se obtienen las cortantes en las columnas:

Figura 1

Diagrama para el cálculo de fuerzas



$$V_{cet} = \frac{V_t}{f_d} = \frac{2 * V_t}{-2 + 3 * N_c}$$

$$V_{ce1} = \frac{V}{f_d} = \frac{2 * V}{-2 + 3 * N_c}$$

$$V_{cct} = V_t * \frac{1.5}{f_d} = \frac{3 * V_t}{-2 + 3 * N_c}$$

$$V_{cc1} = V * \frac{1.5}{f_d} = \frac{3 * V}{-2 + 3 * N_c}$$

V_{cet} : Cortante en la columna exterior de un piso típico

V_{ce1} : Cortante en la columna exterior del 1er piso

V_{cct} : Cortante en la columna interna de un piso típico

V_{cc1} : Cortante en la columna interna del 1er piso

V : Cortante basal aplicada al pórtico

V_t : Cortante en un piso típico

V_1 : Cortante en el primer piso

Luego al multiplicarlas por el brazo de acción, se obtienen los momentos en las columnas:

$$M_{cet} = V_{cet} * \frac{h_t}{2} = \frac{V_t * h_t}{-2 + 3 * N_c}$$

$$M_{ce1} = V_{ce1} * 0.4 * h1 = \frac{4 * V * h1}{5 * (-2 * 3 * Nc)}$$

$$M_{cet} = V_{cet} * \frac{ht}{2} = \frac{3Vt * ht}{2 * (-2 + 3 * Nc)}$$

$$M_{cc1} = V_{cc1} * 0.4 * h1 = \frac{6 * V * h1}{5 * (-2 * 3 * Nc)}$$

En el extremo del pórtico, en la unión viga-columna se realiza el equilibrio de momentos para determinar el momento en la viga del extremo, la cual se usará para el análisis del predimensionamiento de viga, ya que, al no distribuirse por el factor de distribución, da mayores momentos.

$$M_{ve1} = M_{ce1} + M_{cet} = \frac{4 * V * h1 + 5 * Vt * ht}{5 * (-2 + 3 * Nc)}$$

Donde se podrían considerar ciertas equivalencias comunes:

$$h1 \approx 1.3 * ht$$

$$Vt \approx V$$

Con lo cual:

$$M_{ve1} = \frac{51 * V * ht}{25 * (-2 + 3 * Nc)}$$

V: Cortante

ht: altura de piso típico

Nc: Número de columnas

4.1.2. Proceso para Determinar la Fórmula de Predimensionamiento de la Viga

Deducción de la fórmula De Mu

Suposiciones

La distribución de esfuerzos en el concreto comprimido es rectangular.

El acero se encuentra en el rango elástico-lineal (fluencia).

Se ignoran las deformaciones en la zona de tensión del concreto.

La sección está equilibrada y está en su punto de falla.

Equilibrio de fuerzas

Fuerza de compresión en el concreto (C):

$$C = 0.85f'_c ab$$

Donde:

f'_c = Resistencia a la compresión del concreto

a = Profundidad del bloque de compresión

b = Ancho de la viga

Fuerza de tracción en el acero (T):

$$T = A_s f_y$$

Donde:

A_s = Área de acero de refuerzo

f_y = Resistencia a la fluencia del acero

Equilibrio de fuerzas:

$$C = T$$

$$0.85 f'_c a b = A_s f_y$$

Resolviendo para a:

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

Momento nominal:

$$M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Sustituyendo T y a:

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{A_s * f_y}{2 * 0.85 f'_c b} \right)$$

Fórmula final para Mu con $A_s = b \cdot d \cdot \rho$

$$M_u = \phi b d^2 \rho f_y \left(1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f'_c} \right)$$

M_u : Momento último b : Ancho de la viga

d : Altura efectiva de la viga

ρ : Relación de refuerzo $\left(\rho = \frac{A_s}{b d} \right)$

ϕ : Factor de reducción

f_y : Resistencia a la fluencia del acero

f'_c : Resistencia a la compresión del concreto

Determinación del peralte de viga

Se igualan las ecuaciones obtenidas por el método del portal y la determinada a partir de la norma ACI:

$$\phi b d^2 \rho f_y \left(1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f'_c} \right) = \frac{51 * V * h t}{25 * (-2 + 3 * N c)}$$

V: Cortante

ht: Altura de piso típico

Nc: Número de columnas

b: Ancho de la viga mínimo 25cm

d: Altura efectiva de la viga

ρ : Relación de refuerzo $\left(\rho = \frac{A_s}{bd}\right)$

$\phi = 0.9$ Factor de reducción

f_y : Resistencia a la fluencia del acero $4200 \frac{kg}{cm^2}$

f_c' : Resistencia a la compresión del concreto $210 \frac{kg}{cm^2}$

Despejando d:

$$d^2 = \frac{\frac{51Vh_t}{25(-2 + 3N_c)}}{\phi b \rho f_y \left(1 - \frac{1.7f_y'}{\rho f_c'}\right)}$$
$$d^2 = \frac{51Vh_t}{25(-2 + 3N_c)\phi b \rho f_y \left(1 - \frac{1.7f_y'}{\rho f_c'}\right)}$$
$$d = \sqrt{\frac{51Vh_t}{25(-2 + 3N_c)\phi b \rho f_y \left(1 - \frac{1.7f_y'}{\rho f_c'}\right)}}$$

Sustitución de valores, dado que algunos de ellos son constantes:

$$\phi = 0.9$$

$$b = 25\text{cm}$$

$$f_y = 4200\text{kg/cm}^2$$

$$f_c' = 210\text{kg/cm}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{51Vh_t}{25 * (-2 + 3N_c) * 0.9 * 25 * \rho * 4200 \left(1 - \frac{\rho * 4200}{1.7 * 210}\right)}}$$
$$d = \sqrt{\frac{51Vh_t}{2362500(-2 + 3N_c)\rho(1 - 11.76\rho)}}$$

Para la relación de refuerzo ρ :

Siguiendo el proceso para vigas de las que no se conocen las dimensiones de James Wight y James MacGregor, se parte de la profundidad del bloque a compresión y del valor de c en relación a d :

$$a = \beta_1 c$$

$$c = \left(\frac{0.003}{0.003 + 0.0075} \right) d = 0.286d$$

Y de la fórmula de a despejada antes:

$$a = \frac{\rho * a * b * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

Se despeja ρ :

$$\rho \approx \frac{0.85\beta_1 f'_c c}{f_y} \approx \frac{0.85\beta_1 f'_c}{4f_y}$$

$$\rho(\text{inicial}) = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{4f_y}$$

De acuerdo al ACI 318 (tabla 22.2.4.3), la fórmula para β_1 es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Si } f'_c \leq 4000\text{psi} & \quad \beta_1 = 0.85 \\ \text{Si } 4000\text{psi} < f'_c \leq 8000\text{psi} & \quad \beta_1 = 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 4000}{1000} \right) \\ \text{Si } f'_c > 8000\text{psi} & \quad \beta_1 = 0.65 \end{aligned}$$

Para las unidades que se están usando:

$$\begin{aligned} \text{Si } f'_c \leq 281.24\text{kg/cm}^2 & \quad \beta_1 = 0.85 \\ \text{Si } 281.24\text{kg/cm}^2 < f'_c \leq 562.48\text{kg/cm}^2 & \quad \beta_1 = 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 281.24}{70.31} \right) \\ \text{Si } f'_c > 562.48\text{kg/cm}^2 & \quad \beta_1 = 0.65 \end{aligned}$$

Entonces:

$$\rho(\text{inicial}) = \frac{0.85 * 0.85 * 210}{4 * 4200} = 0.00903$$

Se reemplaza $\rho(\text{inicial})=0.00903$ en la fórmula de d :

$$d = \sqrt{\frac{51Vh_t}{2362500(-2 + 3N_c) * 0.00903 * (1 - 11.760 * 0.00903)}}$$

$$d = \sqrt{\frac{51Vh_t}{2362500 * (-2 + 3N_c) * 0.00903 * 0.8939824}}$$

$$d = \sqrt{\frac{51Vh_t}{19063.3875(-2 + 3N_c)}}$$

$$d = \sqrt{\frac{51Vh_t}{19063(-2 + 3N_c)}} \approx \sqrt{\frac{Vh_t}{374(-2 + 3N_c)}}$$

$$hv = 6 + \sqrt{\frac{Vh_t}{374(-2 + 3N_c)}}$$

V: Cortante

ht: Altura de piso típico

Nc: Numero de columnas

hv: Peralte de la viga

Ancho de la viga

Para el ancho de la viga se toma la recomendación de Blanco:

$$\frac{hv}{3} \leq b \leq \frac{hv}{2}$$

b: ancho de la viga

4.1.3. Proceso para Determinar la Fórmula de Predimensionamiento de Columnas en un Sistema de Pórticos

Determinación de la cortante resistente en función al área de las columnas

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

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} \cdot A$$

$$V_r = 6.5284 \cdot A$$

A: Área transversal total de las columnas

$$V_r = 6.5284 \cdot (2 \cdot Ae + (Nc - 2) \cdot Ac)$$

$$V_r = 6.5284 \cdot (2 \cdot Ae) + 6.5284 \cdot ((Nc - 2) \cdot Ac)$$

Ae: Área transversal de una columna esquinera

A: Área transversal de una columna intermedia

$$V_r = 2 \cdot V_{re} + (Nc - 2) \cdot V_{rc}$$

Vre: Cortante resistente de una columna esquinera

Vrc: Cortante resistente de una columna central

Determinación del área de las columnas en base a la cortante requerida y la cortante resistente

Cortantes halladas por el método del portal:

$$V_{ce1} = \frac{2 \cdot V}{-2 + 3 \cdot N_c} \quad \text{Cortante en columna esquinera}$$

$$V_{cc1} = \frac{3 \cdot V}{-2 + 3 \cdot N_c} \quad \text{Cortante en columna intermedia}$$

Cortantes resistentes:

$$V_{re} = 6.5284 \cdot A_e \quad \text{Cortante resistente de una col. esquinera}$$

$$V_{rc} = 6.5284 \cdot A_e \quad \text{Cortante resistente de una col. intermedia}$$

Para la columna esquinera:

$$6.5284 \cdot A_e \geq \frac{2 \cdot V}{-2 + 3 \cdot N_c}$$

Redondeando:

$$A_e \geq \frac{2 \cdot V}{-14 + 19 \cdot N_c}$$

V : Fuerza Cortante en el Pórtico en Kg

N_c : Número de columnas

A_e : Área de una columna esquinera

(*) Considerar dimensiones mayores a 34.96cm para cumplir con la longitud de anclaje

Para la columna intermedia:

$$6.5284 \cdot A_c \geq \frac{3 \cdot V}{-2 + 3 \cdot N_c}$$

Redondeando:

$$A_c \geq \frac{V}{-5 + 6 \cdot N_c}$$

V : Fuerza cortante en el pórtico en Kg

N_c : Número de columnas

A_c : Área de una columna intermedia

4.1.4. Proceso para Determinar la Fórmula de Predimensionamiento de Muros de Corte y Columnas en Sistema de Muros Estructurales

Determinación de la cortante resistente en función al área

Este predimensionamiento se realizará para la planta entera.

$$V_r = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{210} \cdot A$$

$$V_r = 6.5284 \cdot A$$

A : Área transversal total de muros y columnas

Área transversal de muros: $A_m = L_m \cdot 0.15$

Área transversal de columnas: $A_c \cdot N_c$

A_c : Área transversal de una columna

N_c : Número de columnas

$$V_r = 6.5284 \cdot A_c \cdot N_c + 6.5284 \cdot L_m \cdot 15$$

Determinación del número de columnas máximo en la planta

Se considera que las columnas soportan como máximo 30 % del cortante total de la edificación.

$$6.5284 \cdot A_c \cdot N_c \leq 0.3 \cdot V$$

$$A_c \leq \frac{2 \cdot V}{43 \cdot N_c}$$

$$N_c \leq \frac{V}{21500}$$

V : Fuerza cortante total en kg

Determinación de la longitud mínima del total de muros de corte

Se considera que los muros de corte soportan como mínimo el 70 % de la cortante:

$$6.5284 \cdot L_m \cdot 15 \geq 0.7 \cdot V$$

$$L_m \geq \frac{V}{130}$$

V : Fuerza cortante total en kg

L_m : Longitud mínima de los muros de corte en cm

4.1.5. Proceso para Determinar la Fórmula de Predimensionamiento de Muros de Corte y Columnas en Sistema Dual

Determinación de la cortante resistente en función al área

Este predimensionamiento se realizará para la planta entera.

$$V_r = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{210} \cdot A$$

$$V_r = 6.5284 \cdot A$$

A : Área transversal total de muros y columnas

Área transversal de muros: $A_m = L_m \cdot 0.15$

Área transversal de columnas: $A_c \cdot N_c$

A_c : Área transversal de una columna

N_c : Número de columnas

$$V_r = 6.5284 \cdot A_c \cdot N_c + 6.5284 \cdot L_m \cdot 15$$

Determinación del número de columnas mínimo en la planta

Se considera que las columnas soportan como mínimo 30 % del cortante total de la edificación:

$$6.5284 \cdot A_c \cdot N_c \geq 0.3 \cdot V$$

$$A_c \geq \frac{2 \cdot V}{43 \cdot N_c}$$

$$N_c \geq \frac{V}{21500}$$

V: Fuerza cortante total en kg

Determinación de la longitud Máxima y Mínima del total de muros de corte

Se considera que los muros de corte soportan como máximo el 70 % de la cortante:

$$6.5284 \cdot L_m \cdot 15 \leq 0.7 \cdot V$$

$$L_m \leq \frac{V}{140}$$

V: Fuerza cortante total en kg

Lm: Longitud máxima de los muros de corte en cm

Se considera que los muros de corte soportan como mínimo el 20 % de la cortante:

$$6.5284 \cdot L_m \cdot 15 \leq 0.2 \cdot V$$

$$L_{mi} \geq \frac{V}{500}$$

V: Fuerza cortante total en kg

Lm: Longitud mínima de los muros de corte en cm

4.2. Aplicación de los Métodos de Predimensionamiento en un Edificio de 4 Pisos

Se realizará el dimensionamiento estructural preliminar de un hotel proyectado en el distrito de San Jerónimo de Tunán, Huancayo. Este hotel contará con una estructura rectangular de 28 metros en la dirección longitudinal (Y) y 14 metros en la dirección transversal (X), distribuidos en una cuadrícula de 4 ejes en Y y 5 ejes en X, lo cual establece un marco óptimo para la disposición de los elementos estructurales.

La edificación constará de cuatro niveles (inicialmente), con una altura de tres metros por piso. En los exteriores de la estructura se contemplan áreas para

estacionamiento y jardines, aunque estas no forman parte del alcance de este predimensionamiento estructural. Cabe resaltar que el plano arquitectónico actual es de carácter preliminar, es decir, no tiene dimensiones específicas para los elementos estructurales y ni un predimensionamiento inicial.

Se cuenta con un estudio de suelos específico para la zona de San Jerónimo de Tunán, lo cual permite una adecuada adaptación de los parámetros estructurales en función de las condiciones geotécnicas locales. La información recabada facilitará un análisis más preciso y representativo para el diseño de edificaciones de características similares en esta región. Este hotel servirá como caso de estudio para el desarrollo y validación de la metodología de predimensionamiento de elementos estructurales en edificaciones multifamiliares en contextos sísmicos.

Figura 2

Planta del primer piso del proyecto

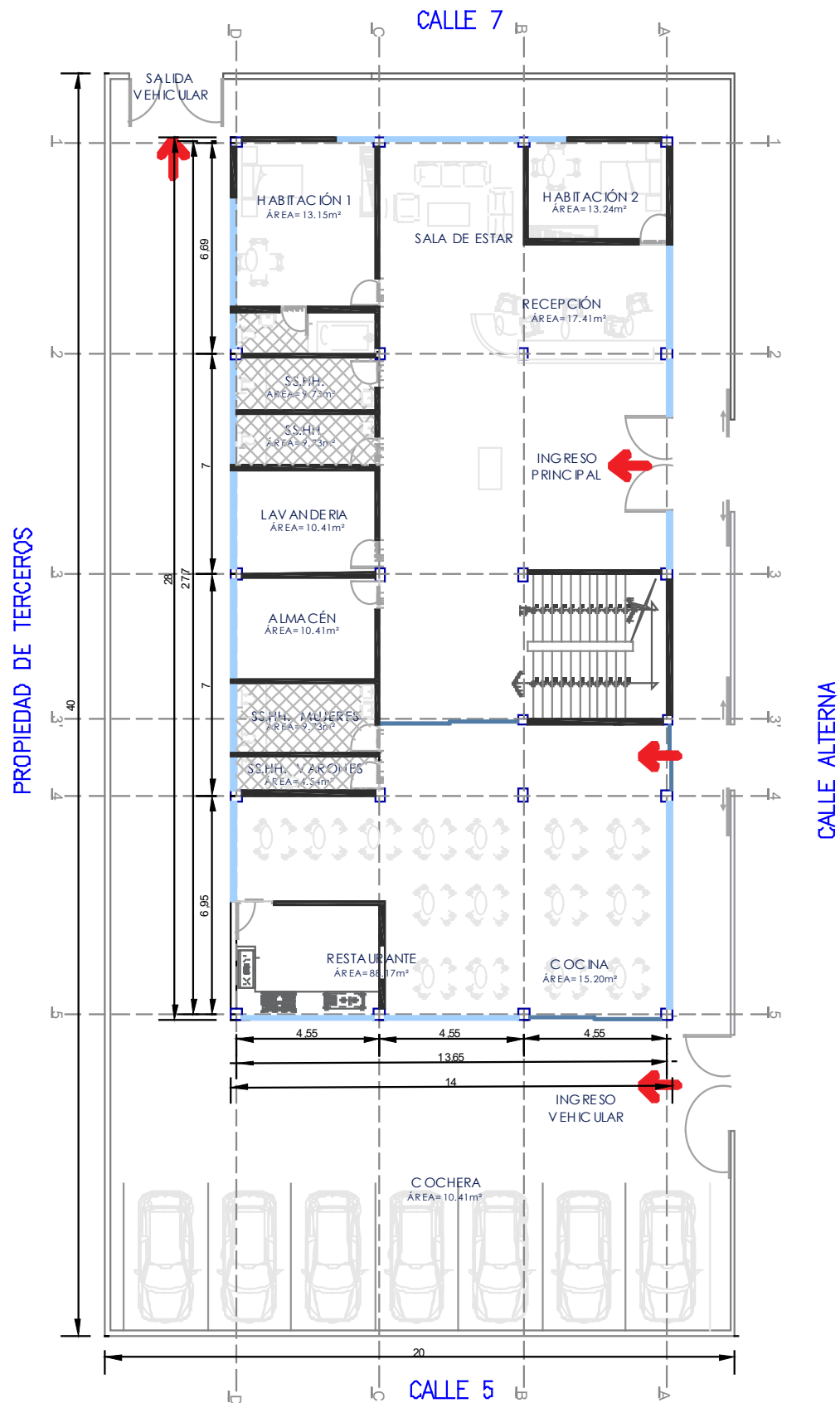
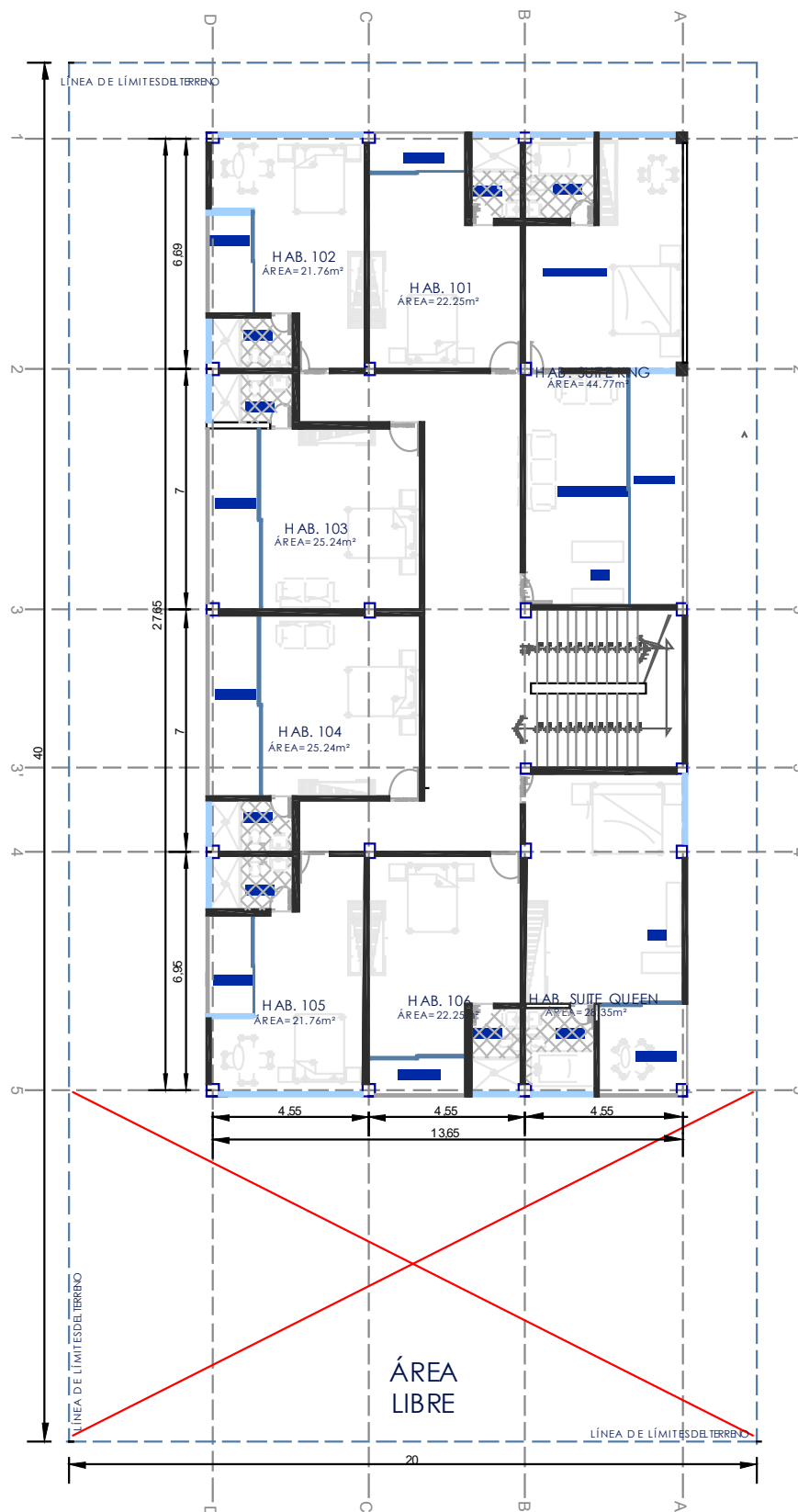


Figura 3

Planta del segundo al cuarto piso del proyecto



4.2.1. Predimensionamiento Según Blanco Blasco en el Edificio de Cuatro Pisos

Datos:

Resistencia del concreto (f'_c): 210 kg/cm².

Peso del edificio: 1000 kg/m².

Vigas del pórtico en dirección Y:

Luz de la viga: 6.95 m.

Peralte de la viga (H):

Altura mínima: $H = \text{luz} / 12$.

$H = 6.95 \text{ m} / 12 = 0.579 \text{ m} = 57.9 \text{ cm}$.

Altura máxima: $H = \text{luz} / 10$.

$H = 6.95 \text{ m} / 10 = 0.695 \text{ m} = 69.5 \text{ cm}$.

Se adopta una altura de 60 cm.

Ancho de la viga (b):

Ancho mínimo: $b = 0.3 * H$ (mínimo 25 cm).

Si $H = 57.9 \text{ cm}$, entonces $b = 0.3 * 57.9 \text{ cm} = 17.37 \text{ cm}$, pero como el mínimo es 25 cm, se usará este valor.

Ancho máximo: $b = 0.5 * H$.

Si $H = 57.9 \text{ cm}$.

Entonces $b = 0.5 * 57.9 \text{ cm} = 28.95 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$.

Vigas del pórtico en dirección X:

Luz de la viga: 4.6 m.

Altura de la viga (H):

Altura mínima: $H = \text{luz} / 12$.

$H = 4.6 \text{ m} / 12 = 0.383 \text{ m} = 38.3 \text{ cm}$.

Para la altura máxima: $H = \text{luz} / 10$.

$H = 4.6 \text{ m} / 10 = 0.46 \text{ m} = 46 \text{ cm}$.

Se adopta una altura de 45 cm.

Ancho de la viga (b):

Ancho mínimo: $b = 0.3 * H$, mínimo 25 cm.

$b = 0.3 * 45 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$. Dado que el ancho mínimo es 25 cm, se usará 25 cm.

Columnas del pórtico en dirección Y:

Área tributaria (columnas esquineras): 8.95 m².

Área tributaria (columnas intermedias): 17.3 m².

Área tributaria (columnas centrales): 31.3 m².

Columnas esquineras:

Carga de servicio: $P_{\text{servicio}} = \text{área}_{\text{tributaria}} * \text{peso del edificio} * N \text{ pisos}$.

$P_{\text{servicio}} = 8.95 \text{ m}^2 * 1000 \text{ kg/m}^2 * 4 = 35800 \text{ kg}$.

Área de la columna (A_c):

$$A_c = \frac{P_{\text{servicio}}}{(0.35 * f'c)}$$

$$A_c = \frac{35800 \text{ kg}}{0.35 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 487 \text{ cm}^2$$

Se considera el área 1000 cm², ya que es el mínimo para pórticos sismoresistentes.

Si las columnas fueran cuadradas las dimensiones serían 35 cm x 35 cm.

Columnas intermedias:

$P_{\text{servicio}} = 17.3 \text{ m}^2 * 1000 \text{ kg/m}^2 * 4 = 69200 \text{ kg}$

$$A_c = \frac{69200 \text{ kg}}{0.35 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 941.5 \text{ cm}^2$$

Se considera el área 1000 cm², ya que es el mínimo para pórticos sismoresistentes.

Si las columnas fueran cuadradas las dimensiones serían 35 cm x 35 cm.

Columnas centrales:

$P_{\text{servicio}} = 31.3 \text{ m}^2 * 1000 \text{ kg/m}^2 * 4 = 125200 \text{ kg}$.

$$A_c = \frac{125200 \text{ kg}}{0.25 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 1703.4 \text{ cm}^2$$

Si las columnas fueran cuadradas las dimensiones serían 45 cm x 45 cm.

Columnas del pórtico en dirección X:

Área tributaria (columnas intermedias): 15.9 m².

Columnas intermedias:

$$P_{\text{servicio}} = 15.9 \text{ m}^2 * 1000 \text{ kg/m}^2 * 4 = 63600 \text{ kg}.$$

$$A_c = \frac{63600 \text{ kg}}{0.35 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 865.3 \text{ cm}^2$$

Se considera el área 1000 cm², ya que es el mínimo para pórticos sismoresistentes.

Si las columnas fueran cuadradas las dimensiones serían 35 cm x 35 cm.

4.2.2. Predimensionamiento Según Morales Morales en el Edificio de Cuatro Pisos

Predimensionamiento de vigas del pórtico en dirección Y:

Cálculo del peralte de la viga

Utilizando la tabla dada, para la sobrecarga 200kg/cm² el divisor de la longitud mayor debería ser 13:

$$h = \frac{7m}{13} = 0.54m \cong 55cm$$

$$b = \frac{L}{20} = \frac{7m}{20} \approx 0.35 m \cong 35cm$$

Predimensionamiento de vigas del pórtico en dirección X:

Cálculo del peralte de la viga

Utilizando la tabla dada, para la sobrecarga 200kg/cm² el divisor de la longitud mayor debería ser 13:

$$h = \frac{4.6 m}{13} = 0.35m \cong 35cm$$

$$b = \frac{L}{20} = \frac{4.6 m}{20} = 0.25 m \approx 25 cm$$

Predimensionamiento de columnas

Datos:

Área tributaria (columnas esquineras): 8.95 m².

Área tributaria (columnas intermedias): 17.3 m².

Área tributaria (columnas centrales): 31.3 m².

Cálculo de dimensiones de las columnas usando la fórmula:

$$bD = \frac{P}{nf'c}$$

Para las columnas tipo C4 esquinera:

Donde:

P = 35800 kg.

n=0.2 (para columnas esquineras).

Sustituyendo:

$$bD = \frac{1.5 * 35800}{0.2 * 210} = 1278.6 \text{ cm}^2$$

Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 36 cm x 36 cm, redondeando 40 cm x 40cm.

Para columnas tipo C2 y C3 intermedias:

P = 69200 kg.

Para C1 (con n=0.25):

$$bD = \frac{69200 * 1.1}{0.25 * 210} = 1449.9 \text{ cm}^2$$

Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 38 cm x 38 cm, redondeando 40cm x 40cm.

Para columnas tipo C1 interior:

P = 125200 kg

Para C2 y C3 (con n=0.25):

$$bD = \frac{125200 * 1.25}{0.25 * 210} = 2384.8 \text{ cm}^2$$

Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 50 cm x 50 cm.

Predimensionamiento de columnas usando el criterio del área tributaria

Área tributaria (columnas esquineras): 8.95 m².

Área tributaria (columnas intermedias): 17.3 m².

Área tributaria (columnas centrales): 31.3 m².

At=Área de cada piso × número de pisos.

Para K con 4 pisos, usando la tabla de coeficientes (K):

$$A_g = K \times A_t.$$

El valor de K depende del área tributaria y el número de pisos; $K=0.0028$.

Columna esquinera:

$$A_t = 8.95 \times 4 \approx 35.8 \text{ m}^2.$$

$$A_g = 0.0028 \times 35.8 \approx 0.1002 \text{ m}^2 \text{ (1002 cm}^2\text{)}.$$

Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 32 cm x 32 cm, redondeando 35cm x 35cm.

Columna Intermedia:

$$A_t = 17.3 \times 4 = 69.2 \text{ m}^2.$$

$$A_g = 0.0023 \times 69.2 \approx 0.1592 \text{ m}^2 \text{ (1592 cm}^2\text{)}.$$

Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 40 cm x 40 cm.

Columna central:

$$A_t = 31.3 \times 4 = 125.2 \text{ m}^2.$$

$$A_g = 0.0023 \times 125.2 \approx 0.288 \text{ m}^2 \text{ (2880 cm}^2\text{)}.$$

Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 54 cm x 54 cm, redondeando 55 cm x 55 cm.

4.2.3. Predimensionamiento Según Natividad Antonieta Sánchez Arévalo en el Edificio de Cuatro Pisos

Predimensionamiento de columnas

Cálculo de la fuerza cortante en el primer entrepiso:

Datos generales

Altura total del edificio (H_{tot}): 12 m.

Número de pisos: 4 pisos.

Área del edificio: 392 m².

Peso aproximado: 1000 kg/m².

Peso total del edificio: 1,568 toneladas (o 1,568,000 kg).

Parámetros sísmicos por dirección

Los parámetros se definen para cada dirección sísmica (x e y):

Zona sísmica (Z): 0.35, correspondiente a zona 3 (alta sismicidad).

Uso del edificio (U): 1, indicando uso común.

Suelo (S): 1.15, considerando suelo tipo S2 (probablemente suelo intermedio).

Tipo de estructura (Ct): 35, indicando que el edificio es de pórticos.

Periodo de vibración (Tp): 0.6, correspondiente a suelo S2.

Periodo de Largo (TL): 2 segundos para suelo S2.

Periodo (T): calculado como 0.343 segundos, indicando el comportamiento dinámico del edificio.

Coefficiente de corte basal (C): calculado como 2.5 para ambas direcciones.

Factor de reducción (R): Es 8, considerando que la estructura es de pórticos.

Importancia del edificio (Ia): 1, siendo una estructura de plantas típicas.

Factor de participación (Ip): 1, también para una estructura típica.

Exponente de altura (K): 1.

Coefficiente sísmico y cortante basal

Para calcular la cortante basal en cada dirección, se utiliza la siguiente fórmula de la NTP E.030:

Coefc Simic= ZUCS/R

En este caso:

$$Coefc\ Simic = \frac{0.35 \cdot 1 \cdot 1.15 \cdot 2.5}{8} = 0.12578125$$

Cálculo de la cortante basal (V)

La cortante basal se calcula multiplicando el coeficiente sísmico por el peso total del edificio.

$V_x = Coefc\ Simic \cdot P_t = 0.12578125 \cdot 1,568,000 \approx 197,225\text{ kg o } 197.23\text{ toneladas.}$

$V_y = Coefc\ Simic \cdot P_t = 0.12578125 \cdot 1,568,000 \approx 197,225\text{ kg o } 197.23\text{ toneladas.}$

Ambas direcciones tienen el mismo valor de cortante basal, ya que los parámetros y pesos son idénticos en cada caso.

Distribución de la fuerza cortante (V) se entre las columnas

Cada columna debe resistir una fuerza cortante (Vacol):

$V_{acol} = V / \text{Número de columnas.}$

$$V_{acol} = \frac{197230}{20} = 9861.5 \text{ kg}$$

$$\text{Área de columna} = \frac{9861.5}{6} = 1643.6 \text{ cm}^2$$

Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 41 cm x 41 cm, redondeando 45 cm x 45 cm.

Predimensionamiento de muros de corte en el sistema dual

La fuerza cortante resistente de la placa (Vrp) se calcula como: $V_{rp} = 6 \text{ kg/cm}^2 * A_p$

Fuerza cortante actuante (V): 197230 kg.

Área del Muro para verificar que $V \leq V_{rp}$.

$$A_{muro} = \frac{197230}{6} = 32872 \text{ cm}^2$$

Dimensiones de la placa si el espesor es 0.15: 15 cm x 2191.5 cm.

Dimensiones finales: 15 cm x 21.95 m.

4.2.4. Predimensionamiento Según el Método Propuesto en el Edificio de Cuatro

Pisos

Predimensionamiento de vigas en el pórtico en dirección Y:

Datos:

Cortante Basal $V_b = 197230 \text{ kg}$, se debe dividir entre el número de pórticos en esa dirección.

Cortante en el pórtico = $197230/4 = 49307.5$.

Altura de piso típico = 3m = 300 cm.

Número de columnas = 5.

Peralte de viga:

$$h_v = 6 + \sqrt{\frac{V * h_t}{374(-2 + 3N_c)}}$$
$$h_v = 6 + \sqrt{\frac{49307.5 * 300}{374(-2 + 3 * 5)}} = 61.2 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$$

Ancho de la viga

$$\frac{h_v}{3} \leq b \leq \frac{h_v}{2} \rightarrow 21.6 \leq b \leq 32.5 \rightarrow b = 30 \text{ cm}$$

Predimensionamiento de vigas en el pórtico de 14 m en dirección X:

Datos:

Cortante basal $V_b = 197230$ kg, se debe dividir entre el número de pórticos en esa dirección.

Cortante en el pórtico $= 197230/5 = 39446$ kg.

Altura de piso típico $= 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$.

Número de columnas $= 4$.

Peralte de viga:

$$h_v = 6 + \sqrt{\frac{V h_t}{374(-2 + 3N_c)}}$$
$$h_v = 6 + \sqrt{\frac{49307.5 * 300}{374(-2 + 3 * 5)}} = 62.25 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$$

Ancho de viga

$$\frac{h_v}{3} \leq b \leq \frac{h_v}{2} \rightarrow 21.6 \leq b \leq 32.5 \rightarrow b = 30 \text{ cm}$$

Predimensionamiento de columnas del pórtico en Y

Datos

Cortante basal $V_b = 197230$ kg, se debe dividir entre el número de pórticos en esa dirección.

Cortante en el pórtico $V = 197230/4 = 49307.5$ kg.

Número de columnas $= 5$.

Área de la columna esquinera

$$A_e \geq \frac{2 \cdot V}{-14 + 19 \cdot N_c}$$
$$A_e \geq \frac{2 \cdot 49307.5}{-14 + 19 \cdot 5} = 1217.5 \text{ cm}^2$$

Si la columna fuera cuadrada, sus dimensiones serían $35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$.

Área de la columna intermedia

$$A_c \geq \frac{V}{-5 + 6 \cdot N_c}$$
$$A_c \geq \frac{49307.5}{-5 + 6 \cdot 5} = 1972.3 \text{ cm}^2$$

Si la columna fuera cuadrada, las dimensiones serían 45 cm x 45 cm.

Predimensionamiento de columnas del pórtico en X:

Datos

Cortante basal $V_b = 197230$ kg, se debe dividir entre el número de pórticos en esa dirección.

Cortante en el pórtico $V = 197230/5 = 39446$ kg.

Número de columnas = 4.

Área de la columna esquinera

$$A_e \geq \frac{2 \cdot V}{-14 + 19 \cdot N_c}$$
$$A_e \geq \frac{2 \cdot 39446}{-14 + 19 \cdot 4} = 1272.3 \text{ cm}^2$$

Si la columna fuera cuadrada, sus dimensiones serían 40 cm x 40 cm.

Área de la columna intermedia

$$A_c \geq \frac{V}{-5 + 6 \cdot N_c}$$
$$A_c \geq \frac{39446}{-5 + 6 \cdot 4} = 2076.3 \text{ cm}^2$$

Si la columna fuera cuadrada, sus dimensiones serían 45 cm x 45 cm.

4.2.5. Predimensionamiento en Sistema de Muros de Corte con el Método Propuesto en el Edificio de 4 Pisos

Cálculo de la fuerza cortante en el primer entrepiso:

Datos generales

Altura total del edificio (H_{tot}): 12 m.

Número de pisos: 4 pisos.

Área del edificio: 392 m².

Peso aproximado: 1000 kg/m².

Peso total del edificio: 1,568 toneladas (o 1,568,000 kg).

Parámetros sísmicos por dirección

Los parámetros se definen para cada dirección sísmica (x e y):

Zona Sísmica (Z): 0.35, correspondiente a zona 3 (alta sismicidad).

Uso del edificio (U): 1, lo que indica uso común.

Suelo (S): 1.15, considerando suelo tipo S2 (probablemente suelo intermedio).

Tipo de estructura (Ct): 60, lo que indica que el edificio es de muros de corte.

Periodo de vibración (Tp): 0.6, correspondiente a suelo S2.

Periodo de largo (TL): 2 segundos para suelo S2.

Periodo (T): calculado como 0.343 segundos, que indica el comportamiento dinámico del edificio.

Coefficiente de corte basal (C): calculado como 2.5 para ambas direcciones.

Factor de reducción (R): es 6, considerando que la estructura es de Muros de corte.

Importancia del edificio (Ia): 1, una estructura de plantas típicas.

Factor de participación (Ip): 1, también para una estructura típica.

Exponente de altura (K): 1.

Coefficiente sísmico

Para calcular la cortante basal en cada dirección, se utiliza la siguiente fórmula de la NTP E.030:

$$\text{Coefc Simic} = ZUCS/R$$

En este caso:

$$\text{Coefc Simic} = \frac{0.35 \cdot 1 \cdot 1.15 \cdot 2.5}{6} = 0.167708$$

Cálculo de la cortante basal (V)

La cortante basal se calcula multiplicando el coeficiente sísmico por el peso total del edificio.

$$V_x = \text{Coefc Simic} \cdot P_t = 0.167708 \cdot 1,568,000 \approx 262,966 \text{ kg o } 262.97 \text{ toneladas.}$$

$$V_y = \text{Coefc Simic} \cdot P_t = 0.167708 \cdot 1,568,000 \approx 262,966 \text{ kg o } 262.97 \text{ toneladas.}$$

Ambas direcciones tienen el mismo valor de cortante basal, ya que los parámetros y pesos son idénticos en cada caso. Debido a esto, el resultado del predimensionamiento será igual para ambas direcciones.

Longitud mínima del muro:

$$L_m \geq \frac{V}{130}$$

$$L_m \geq 2022.8 \text{ cm} \approx 20.25 \text{ m}$$

Espesor por defecto $e = 15 \text{ cm}$.

Número de columnas

$$N_c \leq \frac{V}{21500}$$

$$N_c \leq \frac{262966}{21500} = 12.2 \approx 12$$

Se utilizan 12 columnas con el área mínima 1000 cm^2 como máximo.

4.2.6. Predimensionamiento en Sistema de Dual con el Método Propuesto en el

Edificio de 4 Pisos

Cálculo de la fuerza cortante en el primer entrepiso:

Datos generales

Altura total del edificio (H_{tot}): 12 m.

Número de pisos: 4 pisos.

Área del edificio: 392 m^2 .

Peso aproximado: 1000 kg/m^2 .

Peso total del edificio (peso edificio): 1,568 toneladas (o 1,568,000 kg).

Parámetros sísmicos por dirección

Los parámetros se definen para cada dirección sísmica (x e y):

Zona sísmica (Z): 0.35, correspondiente a zona 3 (alta sismicidad).

Uso del edificio (U): 1, lo que indica uso común.

Suelo (S): 1.15, considerando suelo tipo S2 (probablemente suelo intermedio).

Tipo de estructura (C_t): 60, lo que indica que el edificio es de dual.

Periodo de vibración (T_p): 0.6, correspondiente a suelo S2.

Periodo de largo (TL): 2 segundos para suelo S2.

Periodo (T): calculado como 0.343 segundos, lo que indica el comportamiento dinámico del edificio.

Coeficiente de corte basal (C): calculado como 2.5 para ambas direcciones.

Factor de reducción (R): es 7, considerando que la estructura es Dual.

Importancia del edificio (Ia): 1, siendo una estructura de plantas típicas.

Factor de participación (Ip): 1, también para una estructura típica.

Exponente de altura (K): 1.

Coeficiente sísmico

Para calcular la cortante basal en cada dirección, se utiliza la siguiente fórmula de la NTP E.030:

Coefc Simic= ZUCS/R.

En este caso:

$$Coefc\ Simic = \frac{0.35 \cdot 1 \cdot 1.15 \cdot 2.5}{7} = 0.14375$$

Cálculo de la cortante basal (V)

La cortante basal se calcula multiplicando el coeficiente sísmico por el peso total del edificio.

$V_x = Coefc\ Simic \cdot Pt = 0.14375 \cdot 1,568,000 \approx 225400\text{ kg o } 225.40\text{ toneladas.}$

$V_y = Coefc\ Simic \cdot Pt = 0.14375 \cdot 1,568,000 \approx 225400\text{ kg o } 225.40\text{ toneladas.}$

Ambas direcciones tienen el mismo valor de cortante basal, ya que los parámetros y pesos son idénticos en cada caso. Debido a esto, el resultado del predimensionamiento será igual para ambas direcciones.

Longitud máxima del muro:

$$L_m \leq \frac{V}{140}$$

$L_m \leq 1610\text{ cm} \approx 16\text{ m.}$

Espesor por defecto $e = 15\text{ cm.}$

Mínimo $L_m \geq 450\text{ cm} \approx 4.5\text{ m.}$

Número mínimo de columnas

$$N_c \geq \frac{V}{21500}$$

$$N_c \geq \frac{225400}{21500} = 10.5 \approx 11$$

Se utilizan 11 columnas con el área mínima 1000 cm² como mínimo.

4.2.7. Resumen de Resultados de Predimensionamiento en el Edificio de 4 Pisos

Tabla 19

Cuadro resumen de resultados de predimensionamiento en el edificio de 4 pisos

Elemento	Métodos utilizados			
	Blanco Blasco	Morales Morales	Sánchez Arévalo	M. Pro-Puesto
Vigas del pórtico en dirección Y				
Altura adoptada (H)	60 cm	55 cm		65 cm
Ancho adoptado (b)	25 cm	35 cm		30 cm
Vigas del pórtico en dirección X				
Altura adoptada (H)	45 cm	35 cm		65 cm
Ancho adoptado (b)	25 cm	25 cm		30 cm
Columnas de pórtico (dimensión del lado considerando columnas cuadradas)				
Columnas esquineras	35 cm	40 cm	35 cm	45 cm
Columnas intermedias	35 cm	40 cm	40 cm	45 cm
Columnas centrales	45 cm	50 cm	55 cm	
Sistema dual				
Longitud máxima de muros (espesor 0.15 m) por dirección			21.95 m	4.5 m -16 m
Número de columnas necesarias (Nc)				Mínimo 11
Área mínima de cada columna				1000 cm ²
Sistema de muros de corte				
Longitud mínima de muros (espesor 0.15 m)				20.3 m
Número de columnas necesarias (Nc)				Máximo 12
Área mínima de cada columna				1000
				1001

4.3. Análisis en ETABS de la Estructura en Sistema de Pórticos en el Edificio de 4 Pisos

4.3.1. Modelo en ETABS de la Estructura en el Sistema de Pórticos en el Edificio de 4 Pisos

Para realizar el modelamiento estructural, se configuraron parámetros y propiedades en el software ETABS, los cuales establecen las bases del análisis y aseguran la precisión de los resultados.

Configuración de unidades

En este caso, se utilizó el sistema MKS normalmente, con algunas variaciones en las escalas en algunos casos, dado que son unidades más comprensibles nacionalmente.

Figura 4

Configuración de unidades

Item	Units Label
Absolute Distance	m
Structure Area	m ²
Angles	deg
Length	m
Area	m ²
Rebar Area	m ²
Rebar Area/Length	m ² /m
Rebar Area/Length/Length	in ² /in/in
Translational Displ	m
Rotational Displ	rad
Force	kgf
Force/Length	tonf/m
Force/Area	tonf/m ²
Moment	tonf-m
Moment/Length	tonf-m/m
Temperature	C
Temperature Change	C
Temperature Gradient	C/m
Stress Input	tonf/m ²
Stress Output	tonf/m ²
Strain	m/m
Modulus	tonf/m ²
Translational Stiffness	tonf/m
Rotational Stiffness	tonf-m/rad
Period	sec
Frequency	cyc/sec
Acceleration-Trans	m/sec ²
Velocity-Trans	m/sec
Mass	tonf-s ² /m
Mass/Length	tonf-s ² /m ²
Mass/Area	tonf-s ² /m ³
Mass/Volume	tonf-s ² /m ⁴
Weight	tonf
Weight/Length	tonf/m
Weight/Area	tonf/m ²
Weight/Volume	tonf/m ³
Thermal Coefficient	1/C

Configuración de materiales

Se consideraron las siguientes propiedades para el concreto y el acero:

Concreto: resistencia a la compresión (f'_c), módulo de elasticidad, peso unitario.

Acero: Límite de fluencia, módulo de elasticidad, peso unitario.

Figura 5

Configuración de materiales, concreto

The image shows a software window titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into three sections: "General Data", "Material Weight and Mass", and "Mechanical Property Data".

General Data

Material Name	Concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume	2.4	tonf/m ³
Mass per Unit Volume	0.244732	tonf-s ² /m ⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E	2173706.51	tonf/m ²
Poisson's Ratio, U	0.15	
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099	1/C
Shear Modulus, G	945089.79	tonf/m ²

Figura 6

Configuración de materiales, acero

The image shows a software window titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into three main sections: "General Data", "Material Weight and Mass", and "Mechanical Property Data".

- General Data:** Contains fields for "Material Name" (Acero fy=4200 kg/cm2), "Material Type" (Rebar), "Directional Symmetry Type" (Uniaxial), "Material Display Color" (a blue color swatch with a "Change..." button), and "Material Notes" (a "Modify/Show Notes..." button).
- Material Weight and Mass:** Features two radio buttons: "Specify Weight Density" (selected) and "Specify Mass Density". Below are input fields for "Weight per Unit Volume" (7.8 tonf/m³) and "Mass per Unit Volume" (0.795379 tonf-s²/m⁴).
- Mechanical Property Data:** Contains input fields for "Modulus of Elasticity, E" (20000000 tonf/m²) and "Coefficient of Thermal Expansion, A" (0.0000117 1/C).

Configuración de cargas

Para simular las condiciones reales a las que estará sometida la estructura, se aplicaron tanto cargas gravitacionales como sísmicas. Estas cargas incluyen:

Cargas gravitacionales: peso propio (carga muerta) y cargas vivas.

Cargas sísmicas: para el análisis sísmico, se considera el análisis modal espectral, considerando los parámetros de aceleración sísmica, coeficiente de importancia y períodos de vibración. Las cargas fueron definidas de acuerdo a la Norma Sismorresistente E.030 y aplicando el coeficiente sísmico correspondiente.

Figura 7

Espectro de respuesta de sismo

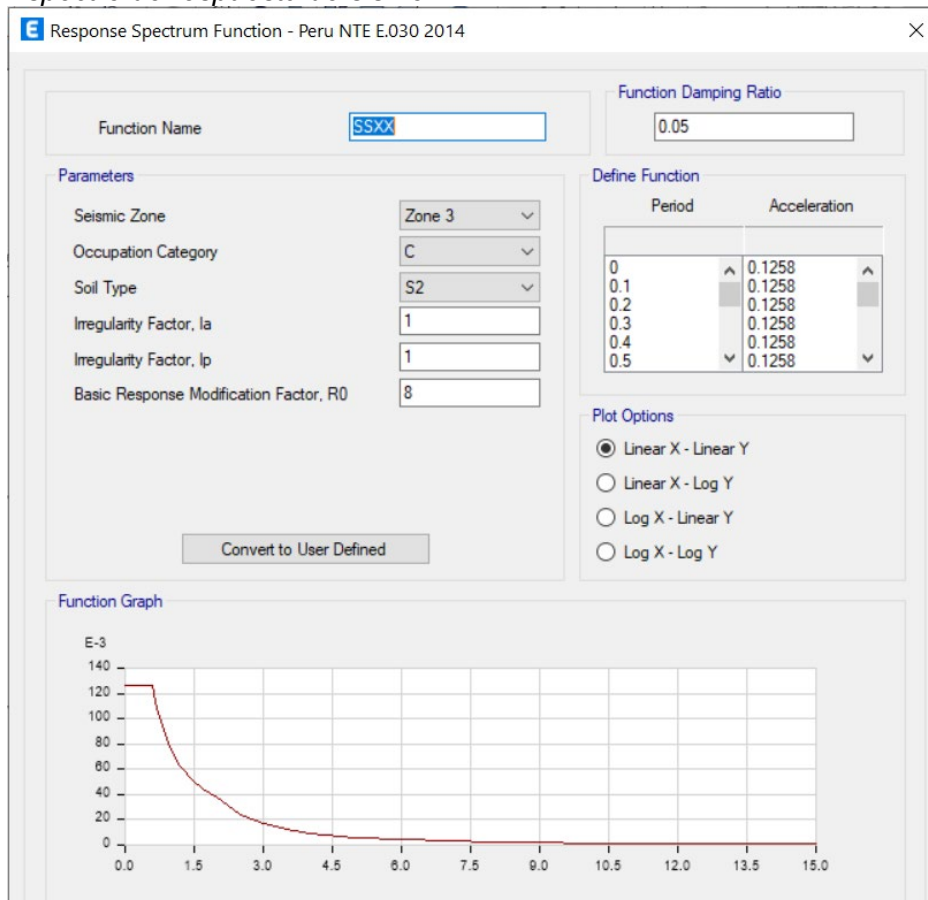


Figura 8

Coeficiente sísmico estático

Seismic Load Pattern - User Defined

Direction and Eccentricity:

- ☐ X Dir
- ☒ X Dir + Eccentricity
- ☐ X Dir - Eccentricity
- ☐ Y Dir
- ☐ Y Dir + Eccentricity
- ☐ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.):

Overwrite Eccentricities:

Factors:

- Base Shear Coefficient, C:
- Building Height Exp., K:

Story Range:

- Top Story:
- Bottom Story:

Combinaciones de carga

Se configuraron todas las configuraciones especificadas en la NTP para el diseño estructural, pero en este caso se van a utilizar solo las combinaciones propias utilizadas para verificar las derivas ($0.75R \cdot \text{sismo dinámico}$).

Figura 9

Combinaciones de carga

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
SDXX	6

Modelado del predimensionamiento de la estructura según Blanco Blasco:

Vigas en dirección Y: altura = 60 cm, ancho = 25 cm.

Vigas en dirección X: altura = 45 cm, ancho = 25 cm.

Columnas: esquineras = 35 cm x 35 cm, intermedias = 35 cm x 35 cm, centrales = 45 cm x 45 cm.

Figura 10

Modelado del predimensionamiento de la estructura según Blanco Blasco

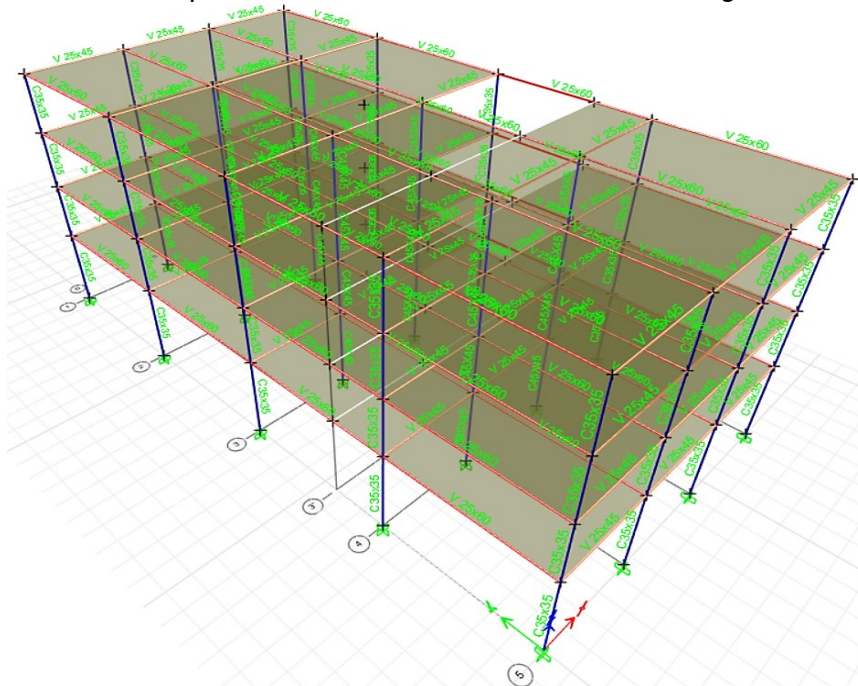


Figura 11

Deriva máxima en X de la estructura según Blanco Blasco

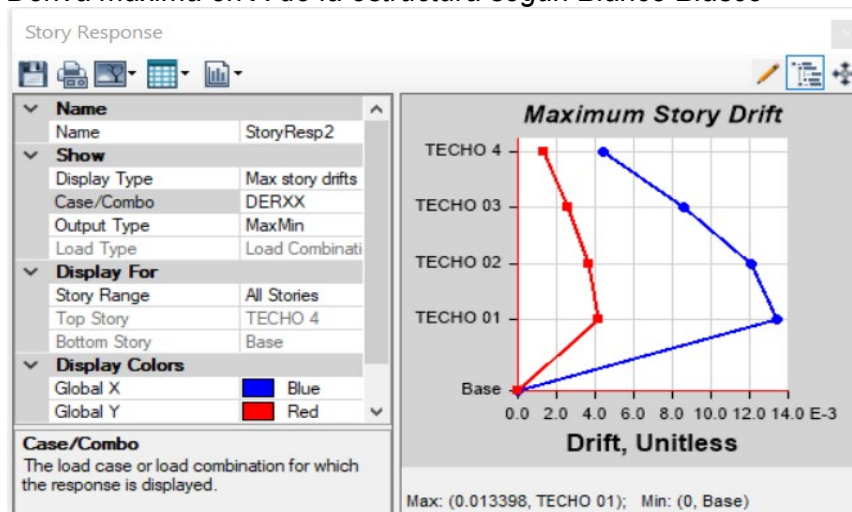
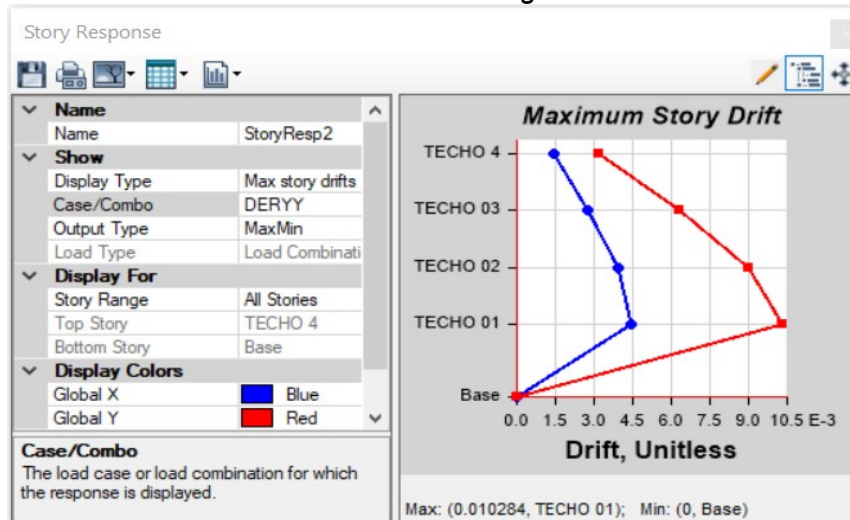


Figura 12

Deriva máxima en Y de la estructura según Blanco Blasco



Modelado del predimensionamiento de la estructura según Morales Morales

Vigas en dirección Y: altura = 55 cm, ancho = 35 cm.

Vigas en dirección X: altura = 35 cm, ancho = 25 cm.

Columnas: esquineras = 40 cm x 40 cm, intermedias = 40 cm x 40 cm, centrales = 50 cm x 50 cm.

Figura 13

Modelado del predimensionamiento de la estructura según Morales Morales

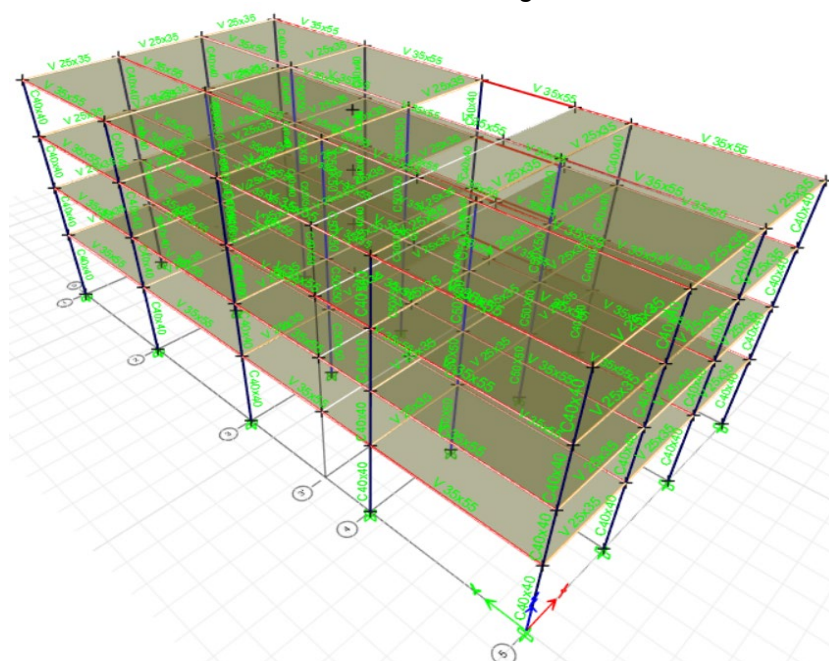


Figura 14

Deriva máxima en X de la estructura según Morales Morales

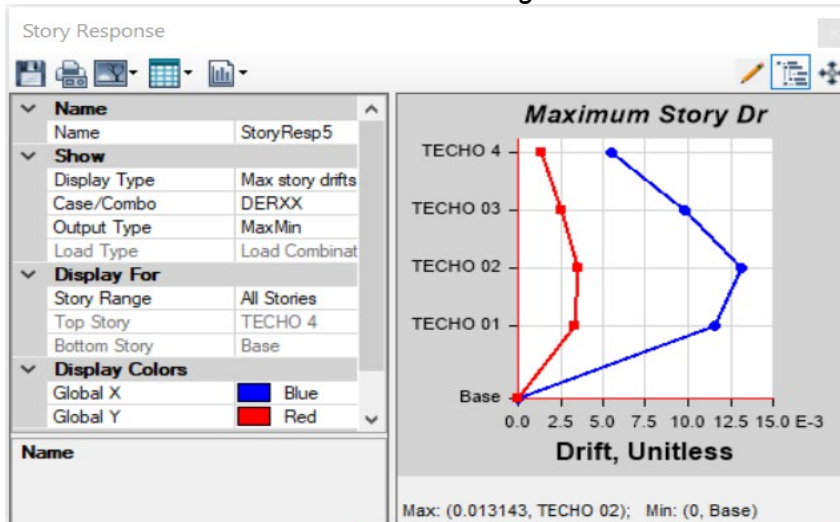
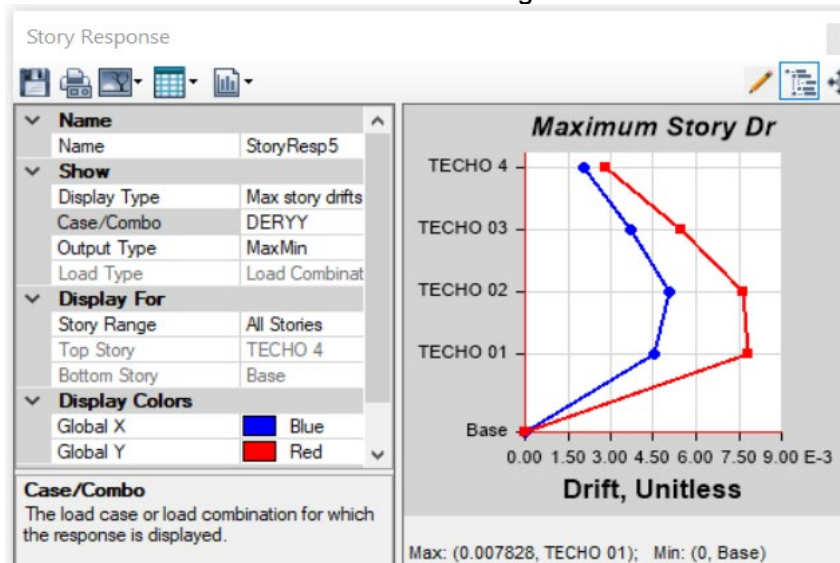


Figura 15

Deriva máxima en Y de la estructura según Morales Morales



Modelado del predimensionamiento de la estructura en sistema de pórticos según

Sánchez Arévalo

Vigas en dirección Y: altura = 55 cm, ancho = 35 cm.

Vigas en dirección X: altura = 35 cm, ancho = 25 cm.

Columnas = 45 cm x 45 cm.

Figura 16

Modelado del predimensionamiento de la estructura en sistema de pórticos según

Sánchez Arévalo

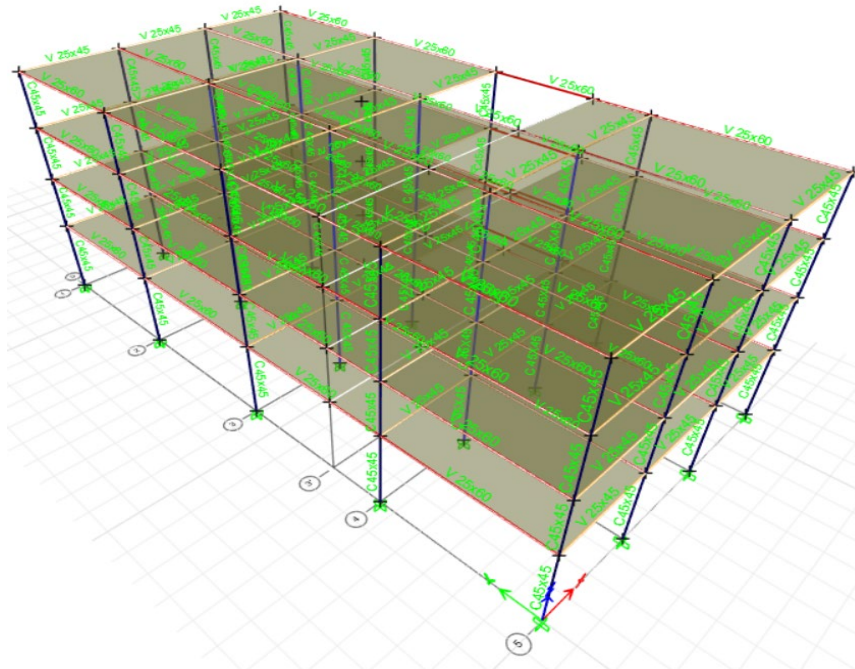


Figura 17

Deriva máxima en X de la estructura en sistema de pórticos según Sánchez Arévalo

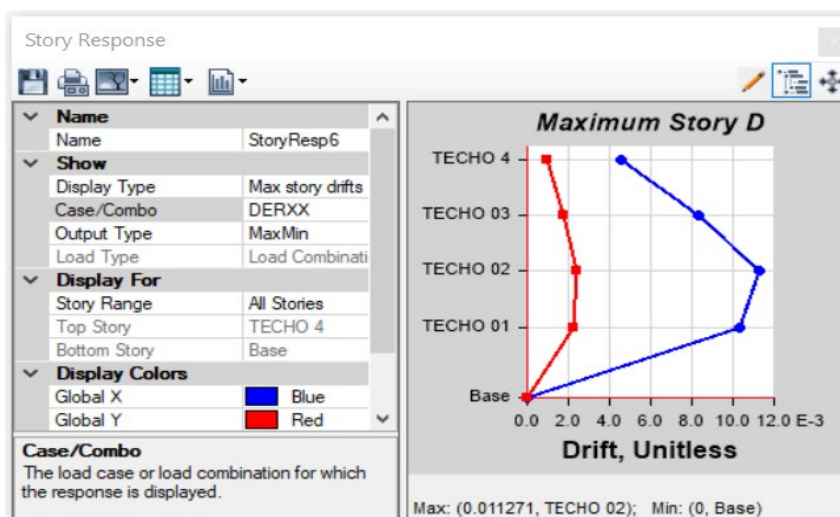
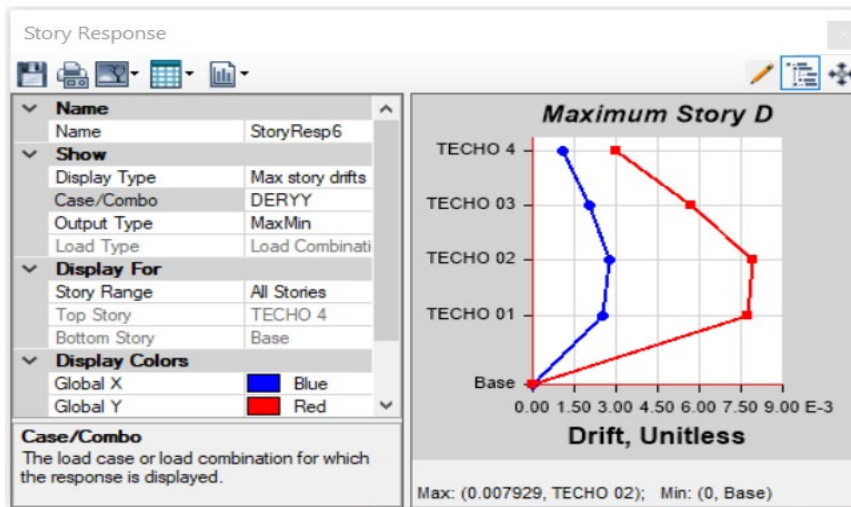


Figura 18

Deriva máxima en Y de la estructura en sistema de pórticos según Sánchez Arévalo



Modelado del predimensionamiento en sistema de pórticos según el método propuesto

Vigas en dirección Y: altura = 65 cm, ancho = 30 cm.

Vigas en dirección X: altura = 65 cm, ancho = 30 cm.

Columnas: esquineras = 40 cm x 40 cm, intermedias = 45 cm x 45 cm.

Figura 19

Modelado del predimensionamiento de la estructura en sistemade pórticos según el método propuesto

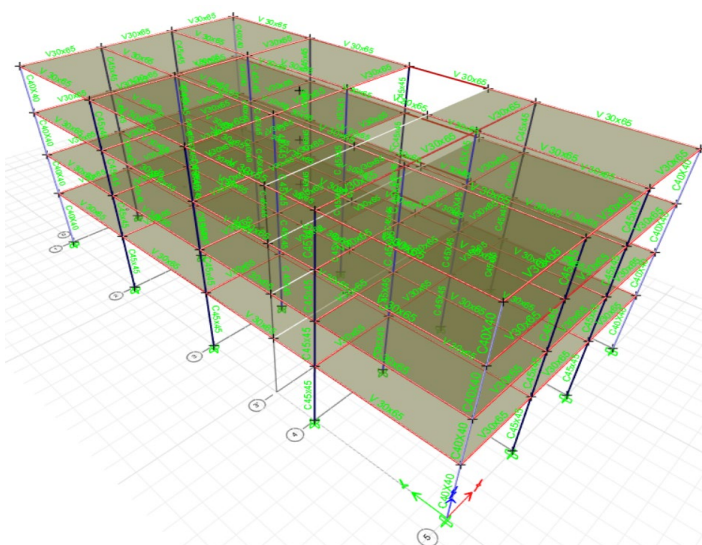


Figura 20

Deriva máxima en X de la estructura en sistema de pórticos según el método propuesto

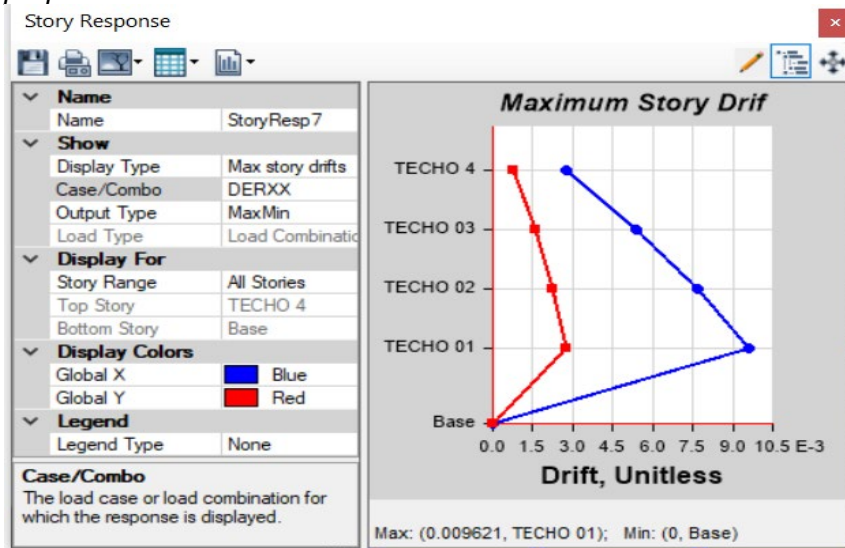
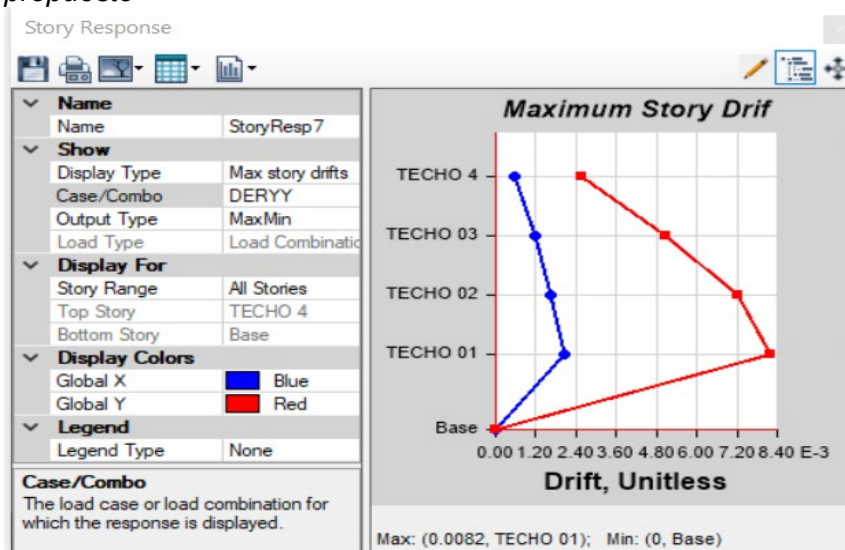


Figura 21

Deriva máxima en Y de la estructura en sistema de pórticos según el método propuesto



Análisis y comparación de resultados de derivas en sistema de pórticos

Tabla 20

Resultados de derivas en sistema de pórticos

Método de Predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Blanco Blasco	0.014846	1	0.01138	1
Morales Morales	0.012943	1	0.00910	1
Sánchez Arévalo	0.011382	1	0.00908	1
Método propuesto	0.011609	1	0.00981	1

El error relativo es una proporción o porcentaje del valor verdadero. Este tipo de error da una idea de la precisión del modelo en términos relativos al valor de referencia.

Se calcula como:

$$Error\ Relativo = \frac{Valor\ Estimado - Valor\ Verdadero}{Valor\ Verdadero}$$

Tabla 21

Errores relativos en sistema de pórticos

Método de predimensionamiento	Error relativo X	Error relativo Y	Error promedio
Blanco Blasco	0.914	0.469	0.692
Morales Morales	0.878	0.118	0.498
Sánchez Arévalo	0.61	0.133	0.371
Método propuesto	0.374	0.171	0.273

El método propuesto resultó tener el menor error promedio, seguido del método de Sánchez Arévalo. Ambos métodos, al considerar la cortante basal, logran un mejor ajuste de los valores de deriva máxima y se acercan más a los valores de referencia, lo que demuestra una mayor precisión.

Los métodos que no consideran la cortante basal, como el de Blanco Blasco y Morales Morales, presentaron mayores errores promedio.

La incorporación de la cortante basal en el predimensionamiento parece mejorar la precisión y eficiencia de los métodos, especialmente en la dirección "secundaria", en este

4.3.2. Primera Iteración de la Estructura en Sistema de Pórticos en el Edificio de 4 Pisos

Columnas: esquineras = 45 cm x 45 cm, intermedias = 45 cm x 45 cm, centrales = 55 cm x 55 cm.

Primera iteración de la estructura según Blanco Blasco

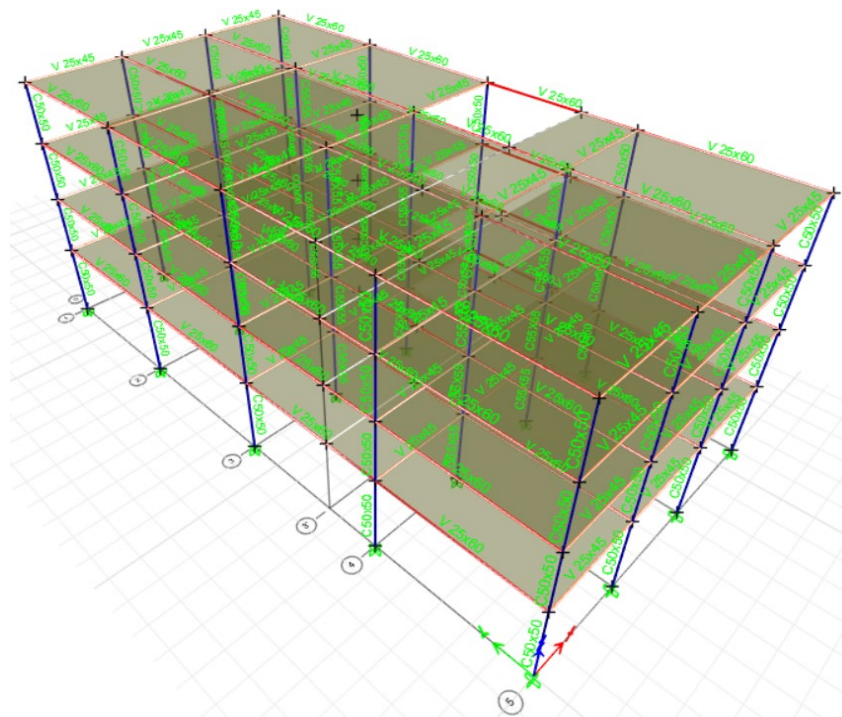


Figura 23

Deriva máxima en X luego de la primera iteración de la estructura según Blanco

Blasco

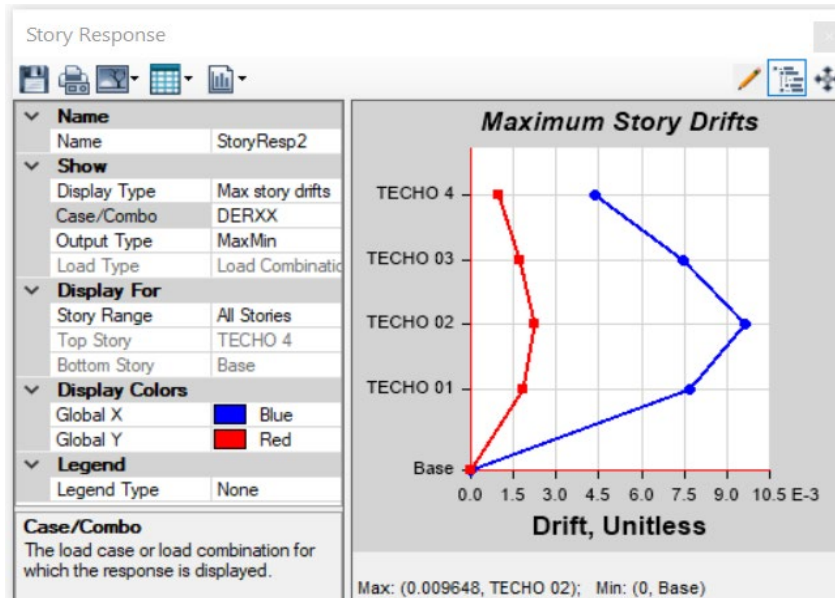
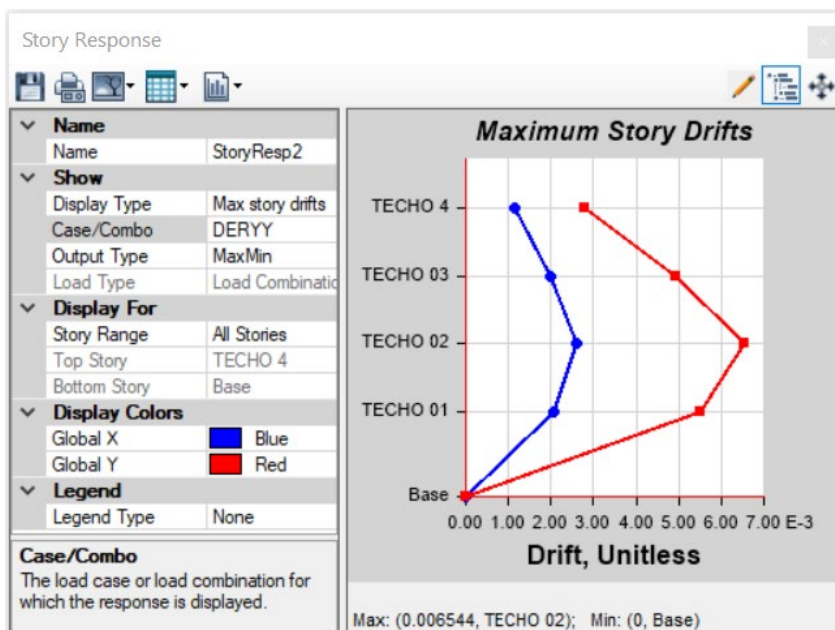


Figura 24

Deriva máxima en Y luego de la primera iteración de la estructura según Blanco

Blasco



Primera iteración de la estructura según Morales Morales

Vigas en dirección Y: altura = 55 cm, ancho = 35 cm.

Vigas en dirección X: altura = 35 cm, ancho = 25 cm.

Columnas: esquinas = 50 cm x 45 cm, intermedias = 50 cm x 45 cm, centrales = 55 cm x 55 cm.

Figura 25

Primera iteración de la estructura según Morales Morales

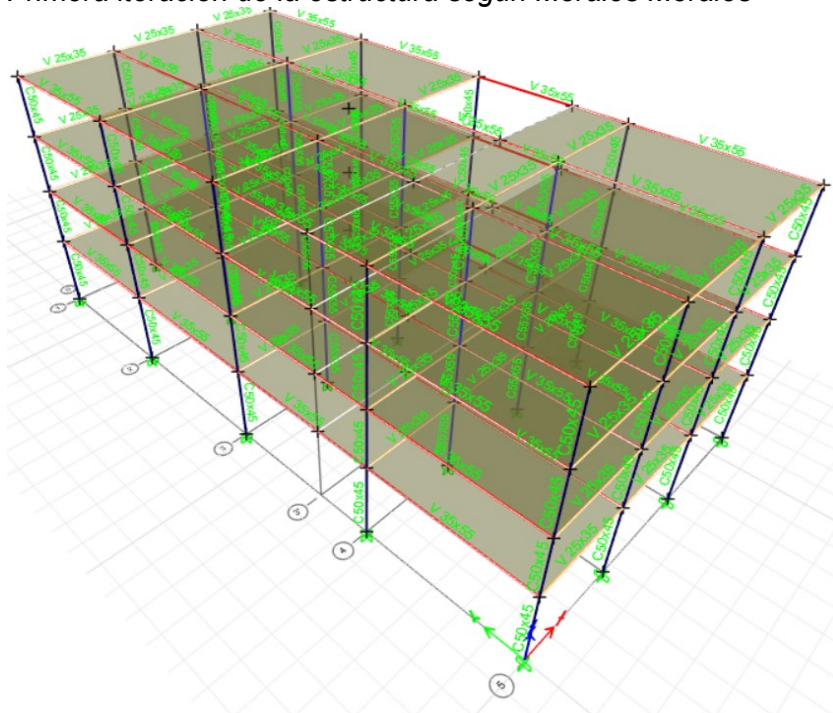


Figura 26

Deriva máxima en X luego de la primera iteración de la estructura según Morales Morales

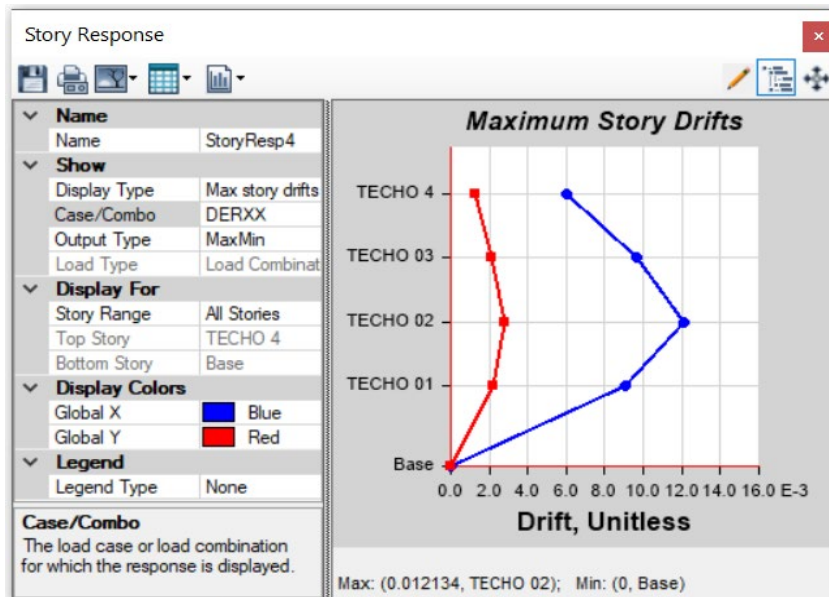


Figura 27

Deriva máxima en Y luego de la primera iteración de la estructura según Morales Morales



Primera iteración de la estructura en sistema de pórticos según Sánchez Arévalo

Vigas en dirección Y: altura = 55 cm, ancho = 35 cm.

Vigas en dirección X: altura = 35 cm, ancho = 25 cm.

Columnas: esquineras = 50 cm x 55 cm, intermedias = 50 cm x 55 cm, centrales = 50 cm x 55 cm.

Figura 28

Primera iteración de la estructura según Sánchez Arévalo

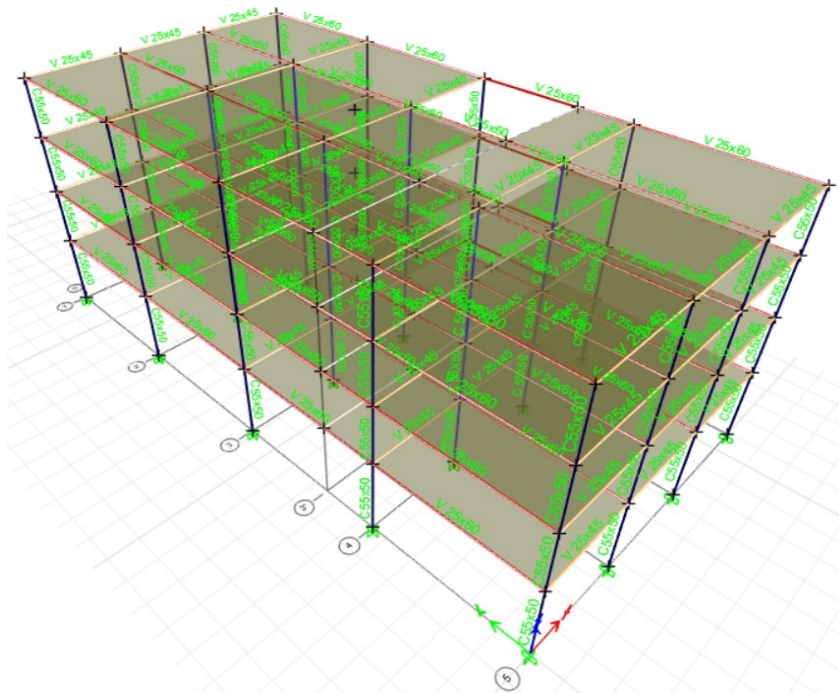


Figura 29

Deriva máxima en X luego de la primera iteración de la estructura según Sánchez Arévalo

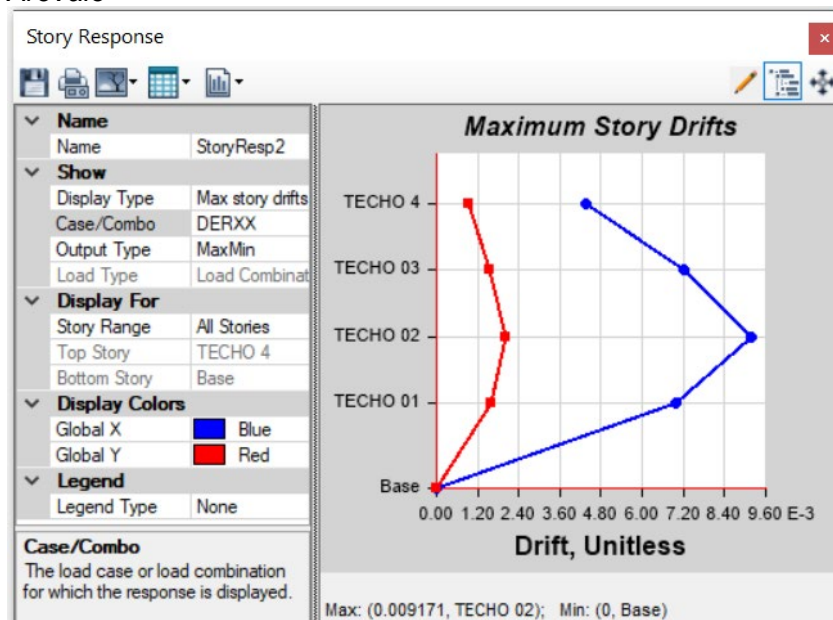
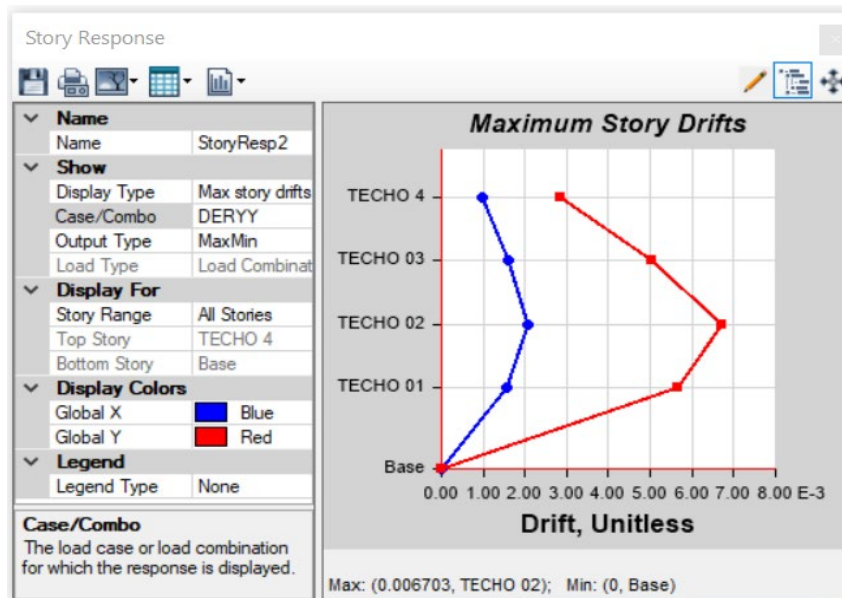


Figura 30

Deriva máxima en Y luego de la primera iteración de la estructura



Primera iteración de la estructura en sistema de pórticos según el método propuesto

Vigas en dirección Y: altura = 65 cm, ancho = 30 cm.

Vigas en dirección X: altura = 65 cm, ancho = 30 cm.

Columnas: esquineras = 50 cm x 45 cm, intermedias = 55 cm x 45 cm.

Figura 31

Primera iteración de la estructura según el método propuesto

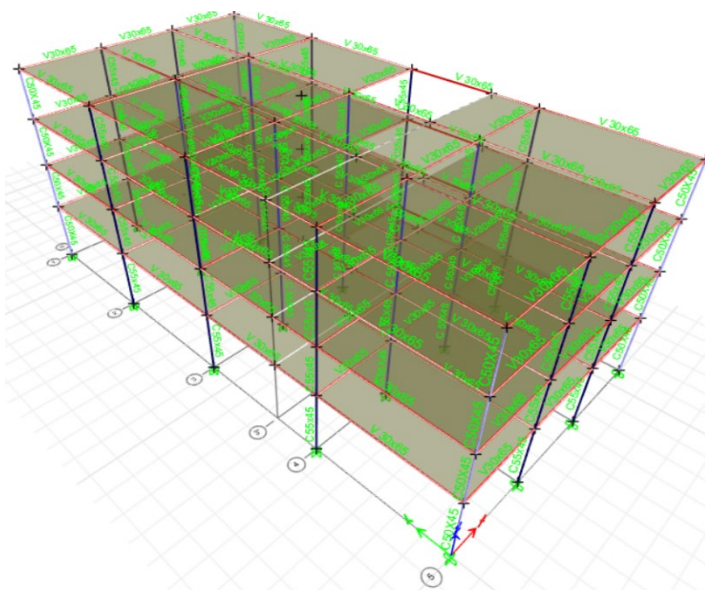


Figura 32

Deriva máxima en X luego de la primera iteración de la estructura según el método propuesto

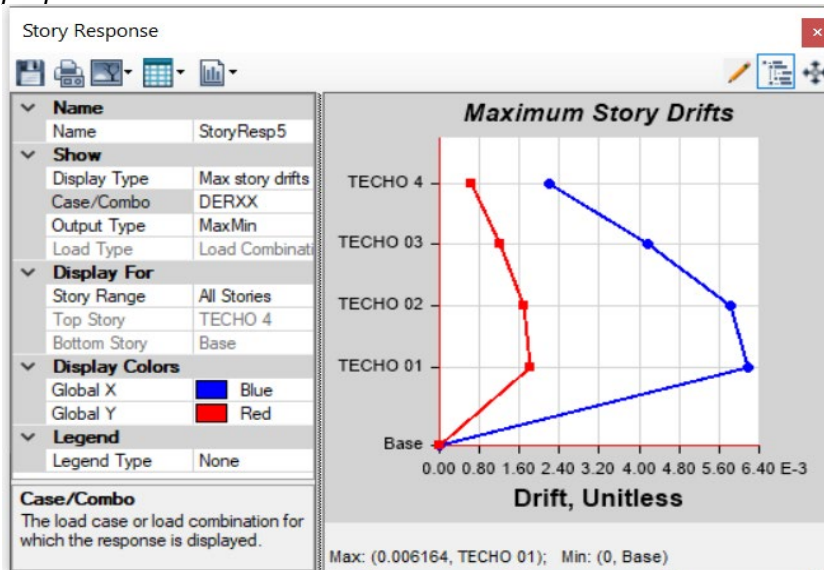
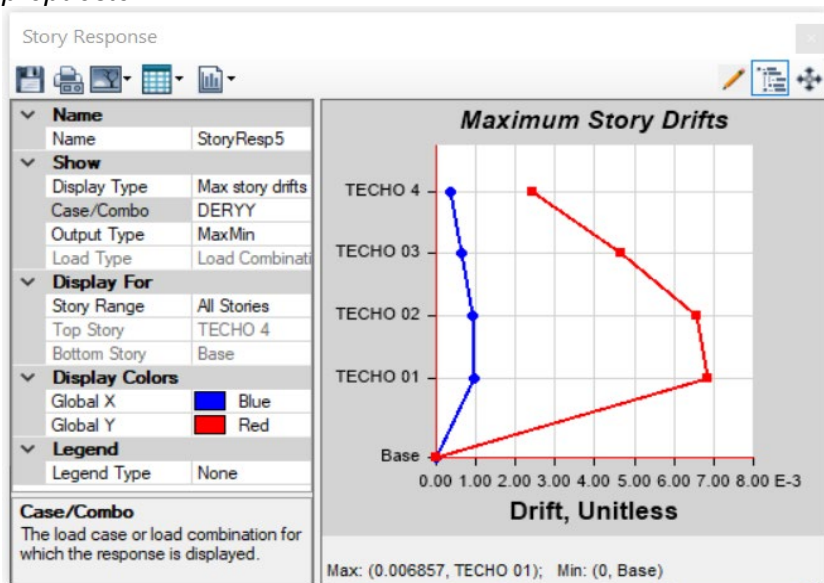


Figura 33

Deriva máxima en Y luego de la primera iteración de la estructura según el método propuesto



Análisis y comparación de resultados y derivas en sistema de pórticos luego de la primera iteración

Tabla 22

Comparación de resultados luego de la primera iteración

Método	Elemento		Dimensión inicial (cm)	Dimensión final (cm)	Variación (cm)
Blanco Blasco	Columnas Esquineras	L1:	35	45	10
		L2:	35	45	10
	Columnas intermedias	L1:	35	45	10
		L2:	35	45	10
	Columnas centrales	L1:	45	55	10
		L2:	45	55	10
Morales Morales	Columnas esquineras	L1:	40	50	10
		L2:	40	45	5
	Columnas intermedias	L1:	40	50	10
		L2:	40	45	5
	Columnas centrales	L1:	50	55	5
		L2:	50	55	5
Sánchez Arévalo	Columnas esquineras	L1:	45	50	5
		L2:	45	55	10
	Columnas intermedias	L1:	45	50	5
		L2:	45	55	10
	Columnas centrales	L1:	45	50	5
		L2:	45	55	10
Método propuesto	Columnas esquineras	L1:	40	50	10
		L2:	40	45	5
	Columnas intermedias	L1:	45	55	10
		L2:	45	45	0
	Columnas centrales	L1:	45	55	10
		L2:	45	45	0

Tabla 23

Comparación de derivas luego de la primera iteración

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Blanco Blasco	0.009648	1	0.00654	1
Morales Morales	0.012134	2	0.0065	1
Sánchez Arévalo	0.009171	1	0.0067	1
Método propuesto	0.006164	1	0.00686	1

Los métodos que incluyen una mayor variación en las dimensiones de las columnas tienden a reducir las derivas, aunque la mejora más significativa se observa con el método propuesto, que ya logró entrar en el límite establecido por la norma. A pesar de que la variación de dimensiones fue de hasta 10 cm en algunos casos, el método propuesto logró la menor deriva máxima con menores variaciones, lo que resalta la importancia de la cortante basal.

4.3.3. Iteraciones Posteriores de la Estructura en Sistema de Pórticos en el Edificio de 4 Pisos

Iteraciones posteriores de la estructura según Blanco Blasco

Vigas en dirección Y: altura = 60 cm, ancho = 25 cm.

Vigas en dirección X: altura = 60 cm, ancho = 25 cm.

Columnas: esquineras = 50 cm x 50 cm, intermedias = 50 cm x 50 cm, centrales = 55 cm x 55 cm.

Figura 34

Iteraciones posteriores de la estructura según Blanco Blasco

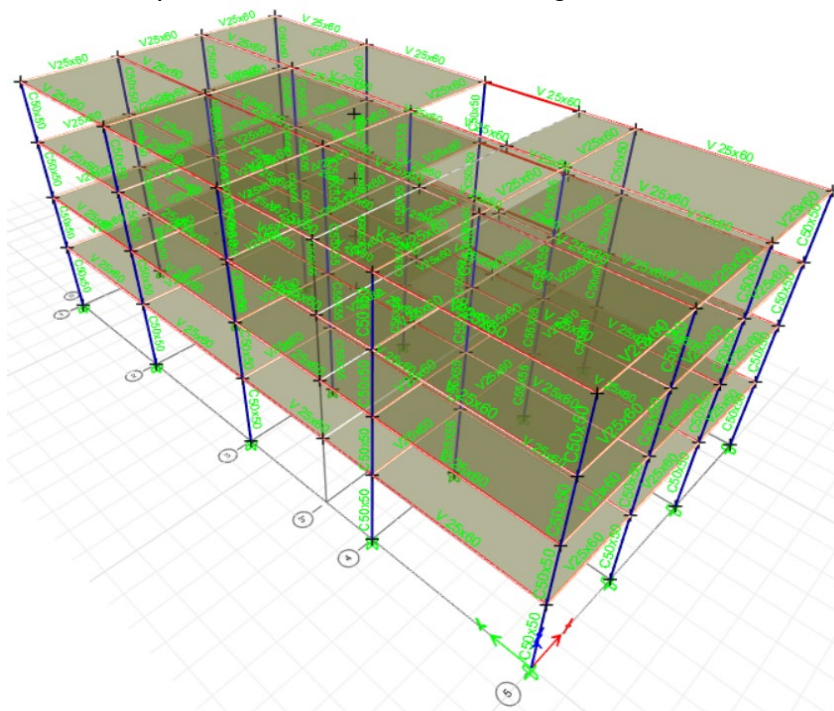


Figura 35

Deriva máxima en X luego de varias iteraciones de la estructura según Blanco Blasco

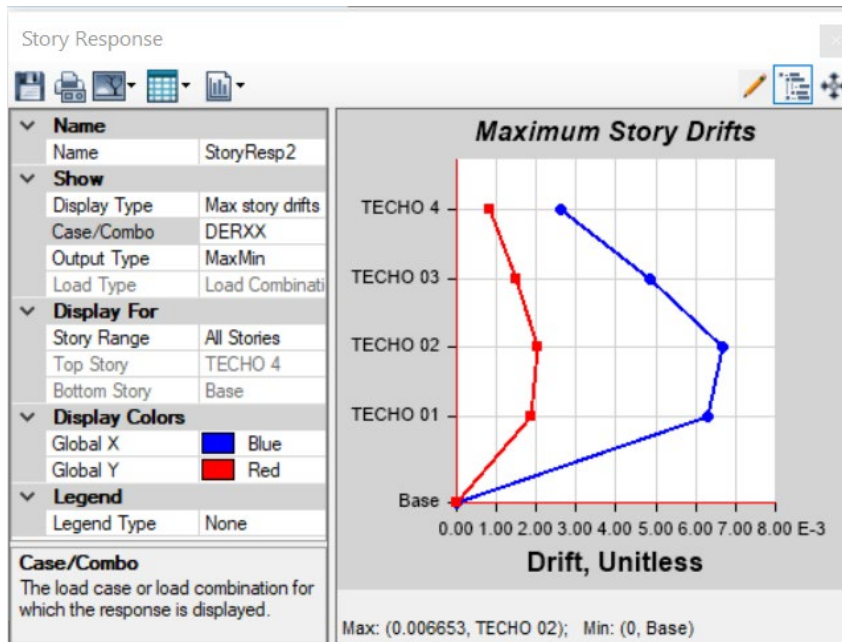
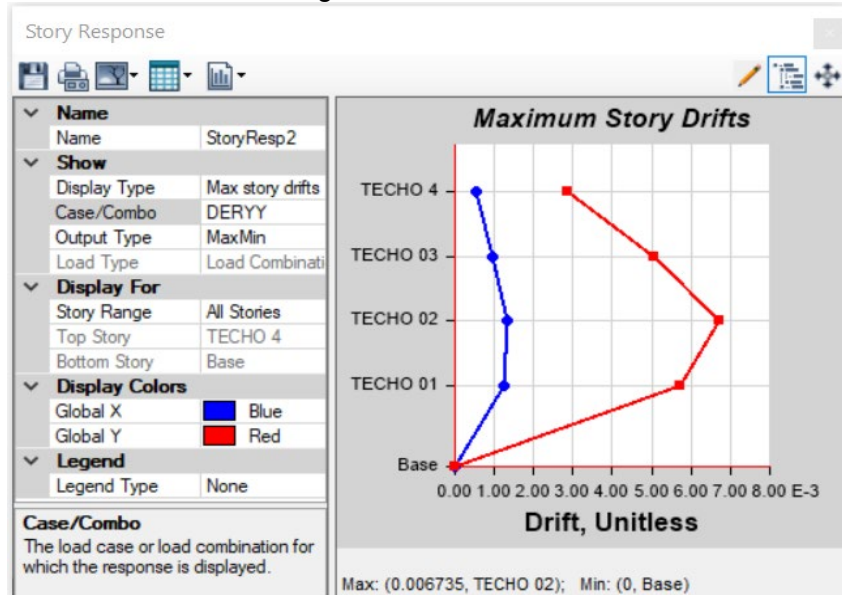


Figura 36

Deriva máxima en Y luego de varias iteraciones de la estructura según Blanco Blasco



Iteraciones posteriores de la estructura según Morales Morales

Vigas en dirección Y: altura = 60 cm, ancho = 35 cm.

Vigas en dirección X: altura = 55 cm, ancho = 30 cm.

Columnas: esquineras = 55 cm x 45 cm, intermedias = 55cm x 45 cm, centrales = 55 cm x 55 cm.

Figura 37

Iteraciones posteriores de la estructura según Morales Morales

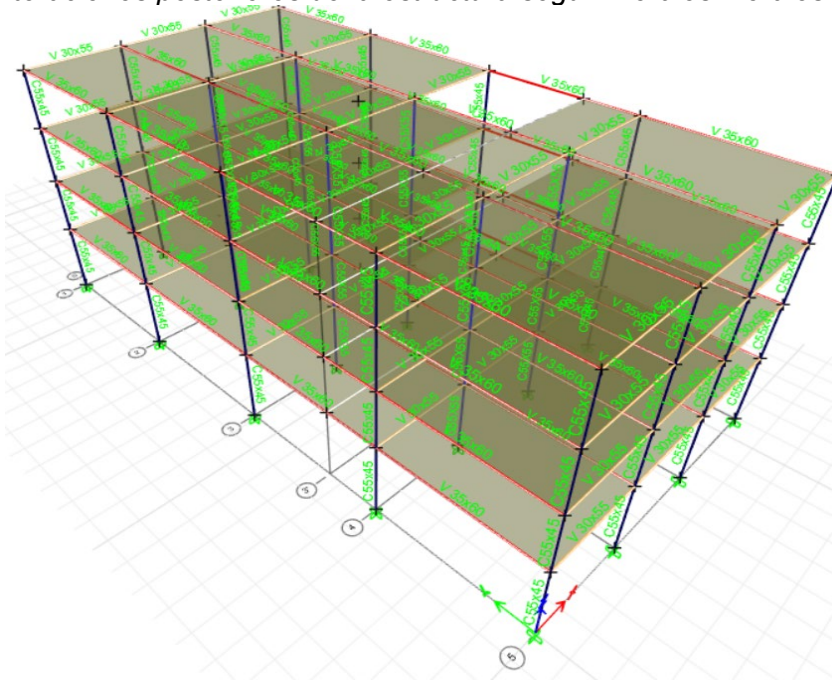


Figura 38

Deriva máxima en X luego de varias iteraciones de la estructura según Morales Morales

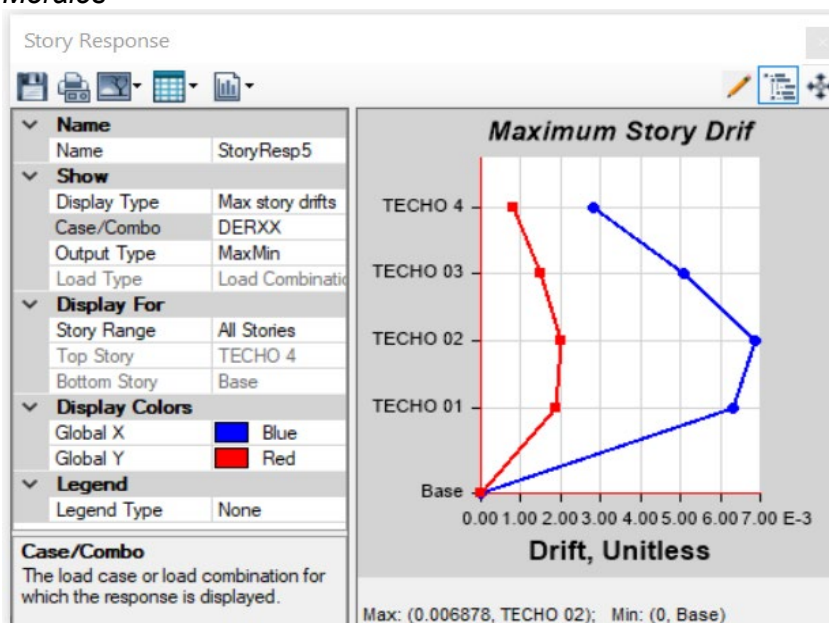
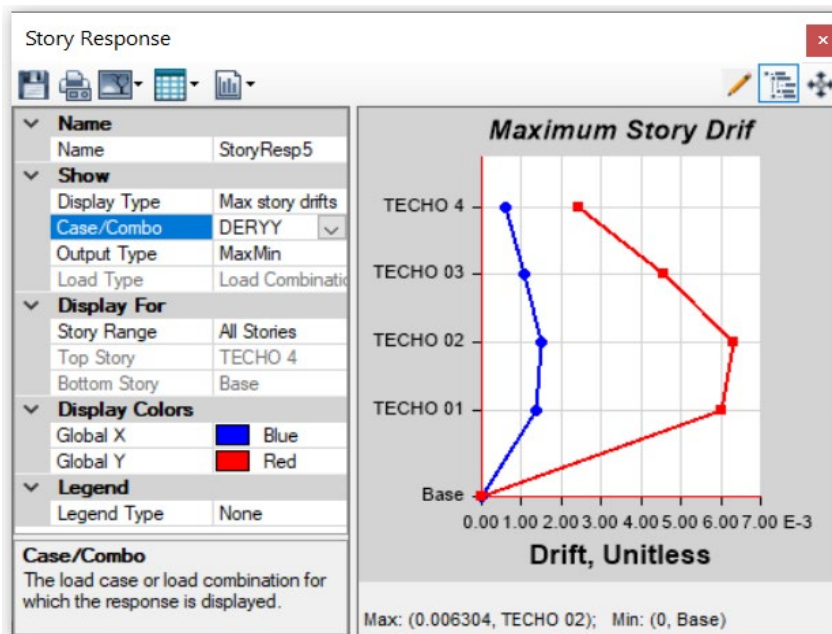


Figura 39

Deriva máxima en Y luego de varias iteraciones de la estructura según Morales Morales



Iteraciones posteriores de la estructura en sistema de pórticos según Sánchez

Arévalo

Vigas en dirección Y: altura = 60 cm, ancho = 25 cm.

Vigas en dirección X: altura = 60 cm, ancho = 25 cm.

Columnas: esquineras = 55 cm x 50 cm, intermedias = 55 cm x 50 cm, centrales = 55 cm x 50 cm.

Figura 40

Iteraciones posteriores de la estructura según Sánchez Arévalo

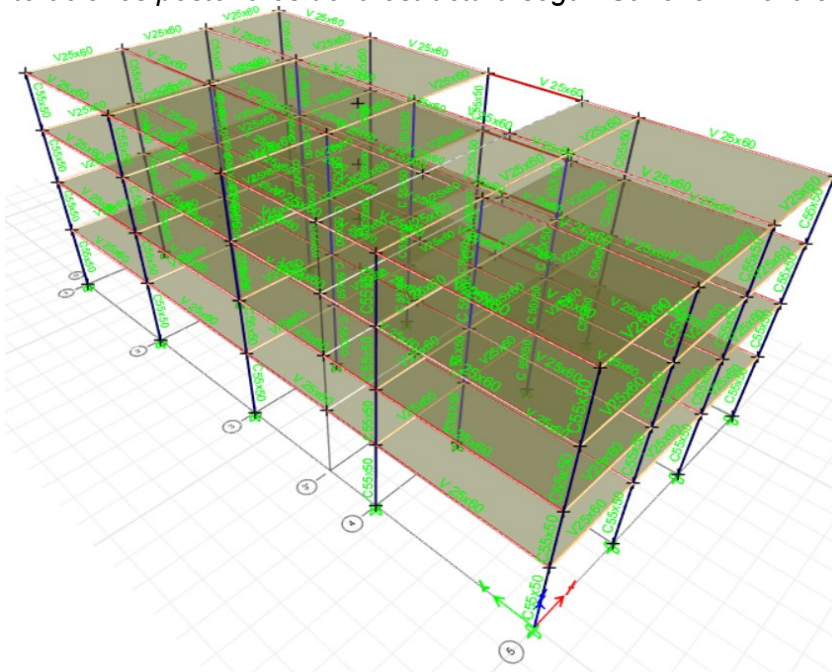


Figura 41

Deriva máxima en X luego de varias iteraciones de la estructura según Sánchez Arévalo

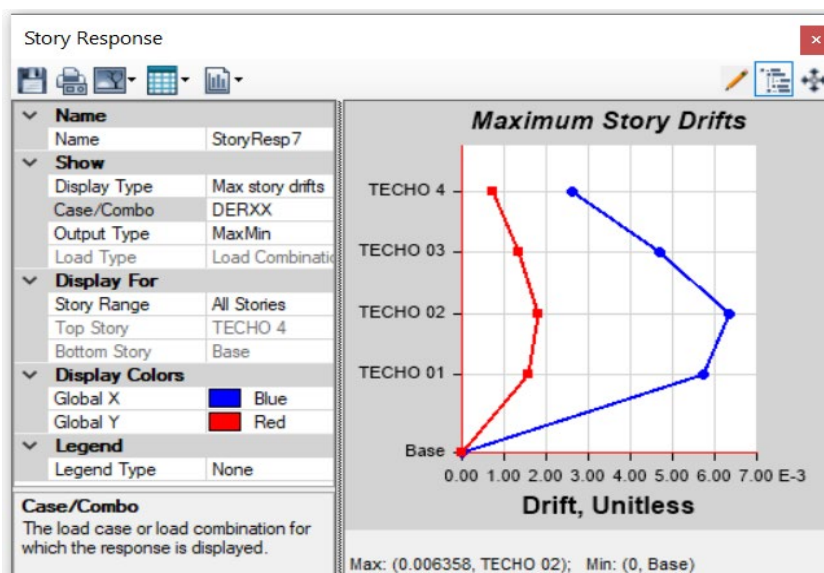
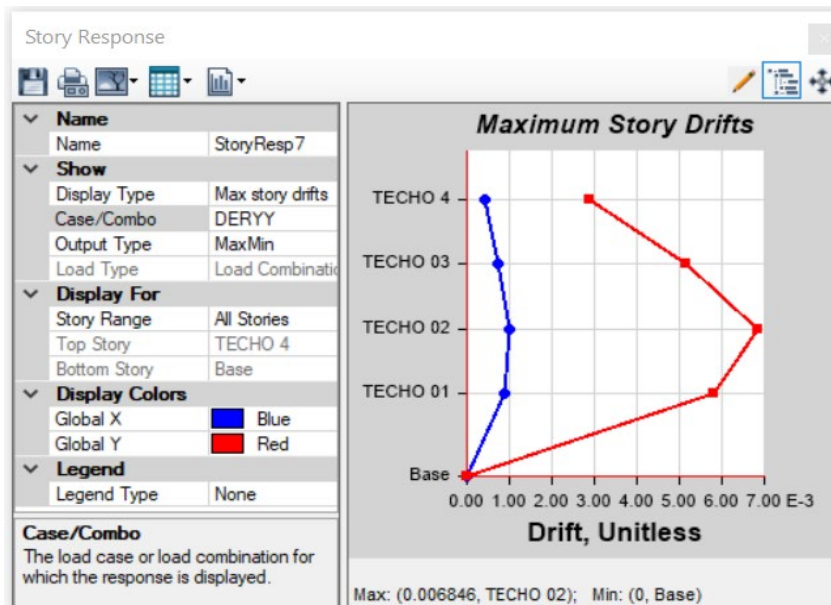


Figura 42

Deriva máxima en Y luego de varias iteraciones de la estructura según Sánchez

Arévalo



Iteraciones posteriores de la estructura en sistema de pórticos según el método propuesto

Vigas en dirección Y: altura = 65 cm, ancho = 30 cm.

Vigas en dirección X: altura = 55 cm, ancho = 30 cm.

Columnas: esquineras = 55 cm x 45 cm, intermedias = 55 cm x 45 cm.

Figura 43

Iteraciones posteriores de la estructura según el método propuesto

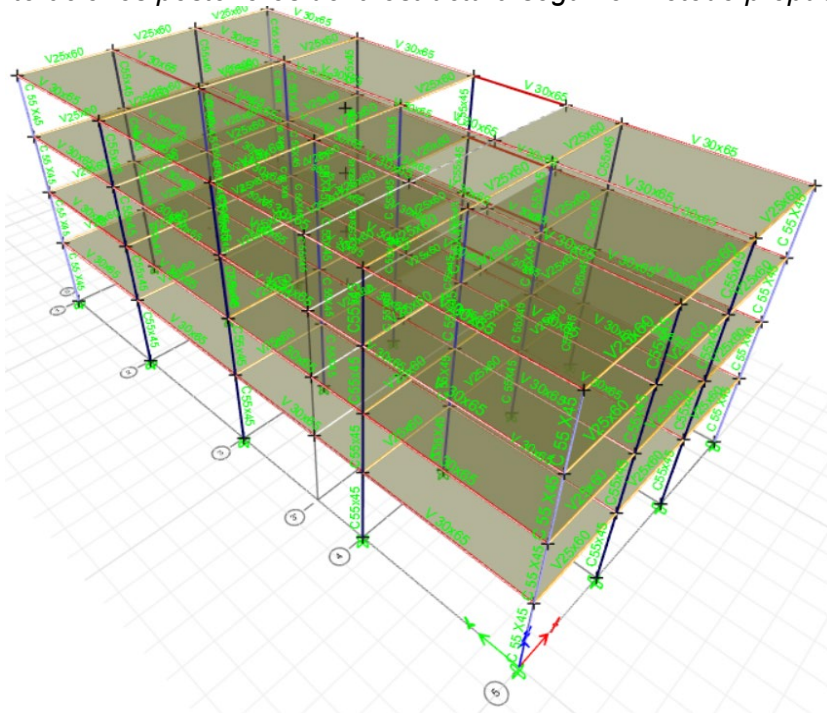


Figura 44

Deriva máxima en X luego de varias iteraciones de la estructura según el método propuesto

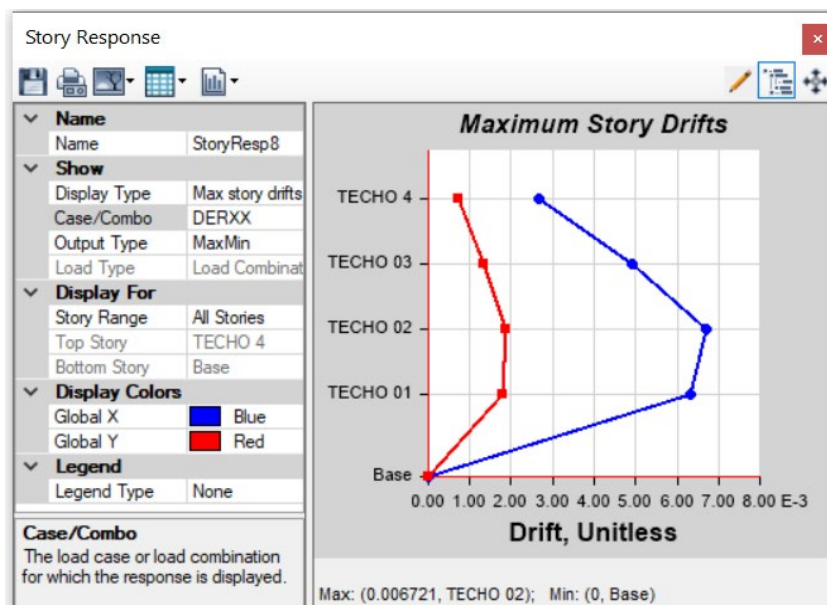
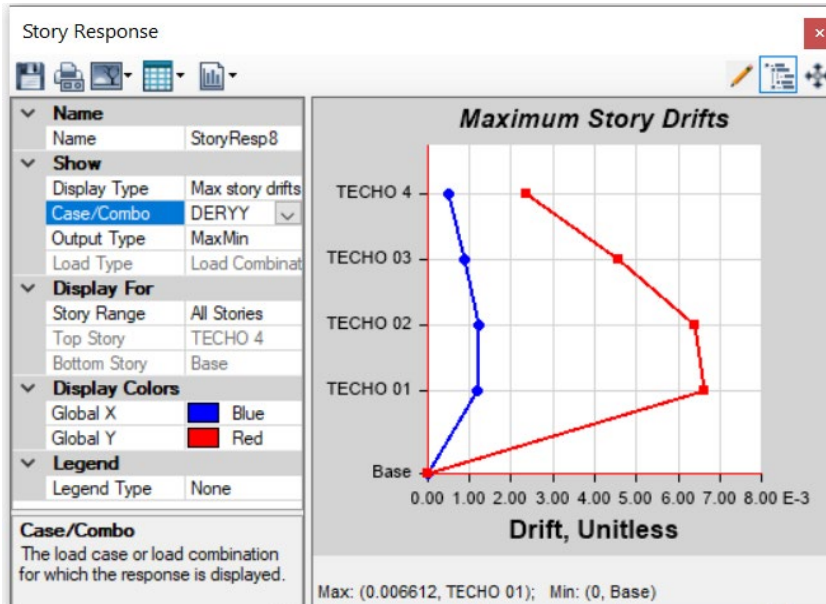


Figura 45

Deriva máxima en Y luego de varias iteraciones de la estructura según el método propuesto



Análisis y comparación de resultados y derivas en sistema de pórticos luego de iteraciones posteriores

Tabla 24

Comparación de resultados luego de iteraciones posteriores

Método	Elemento		Dimensión inicial (cm)	Dimensión final (cm)	Variación (cm)
Blanco Blasco	Vigas dirección Y	L1:	60	60	0
		L2:	25	25	0
	Vigas dirección X	L1:	45	60	15
		L2:	25	25	0
	Columnas esquineras	L1:	35	50	15
		L2:	35	50	15
	Columnas intermedias	L1:	35	50	15
		L2:	35	50	15
Morales Morales	Vigas dirección Y	L1:	55	60	5
		L2:	35	35	0
	Vigas dirección X	L1:	35	55	20
		L2:	25	30	5
	Columnas esquineras	L1:	40	55	15
		L2:	40	45	5
	Columnas Intermedias	L1:	40	55	15
		L2:	40	45	5
Sánchez Arévalo	Vigas dirección Y	L1:	55	60	5
		L2:	25	25	0
	Vigas dirección X	L1:	35	60	25
		L2:	25	25	0
	Columnas esquineras	L1:	45	50	5
		L2:	45	55	10
	Columnas intermedias	L1:	45	50	5
		L2:	45	55	10
Método propuesto	Vigas dirección Y	L1:	65	65	0
		L2:	30	30	0
	Vigas dirección X	L1:	65	55	-10
		L2:	30	25	-5
	Columnas esquineras	L1:	40	55	15
		L2:	40	45	5
	Columnas intermedias	L1:	45	55	10
		L2:	45	45	0
	Columnas centrales	L1:	45	55	10
		L2:	45	45	0

Tabla 25*Comparación de derivas luego de iteraciones posteriores*

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Blanco Blasco	0.006653	2	0.00674	2
Morales Morales	0.006878	2	0.0063	2
Sánchez Arévalo	0.006358	2	0.00685	2
Método propuesto	0.006721	2	0.00661	1

El método de Blanco Blasco en columnas, especialmente las esquineras e intermedias, subestima la dimensión necesaria, lo que requiere ajustes de hasta 15 cm en algunos casos. Ello supone una tendencia a subestimar dimensiones en algunas vigas en dirección X.

El método de Morales Morales requiere ajustes menores de 5 cm en las vigas en dirección Y, lo que muestra una aproximación razonable. En cambio, en la dirección X presenta una mayor diferencia de hasta 20 cm, sugiriendo que el método subestima la dimensión necesaria.

En el método de Sánchez Arévalo, para las columnas, las variaciones son moderadas, con ajustes necesarios de entre 5 y 10 cm. Entonces, se puede decir que una subestimación leve, pero consistente.

El método propuesto demuestra alta eficiencia en las vigas, especialmente en la dirección Y, donde no requiere ajustes. En la dirección X incluso permite una reducción en las dimensiones iniciales (-10 cm para el peralte y -5 cm para el ancho), lo que sugiere una sobreestimación controlada. En columnas, las variaciones son, en su mayoría, menores o iguales a las de otros métodos.

4.4. Análisis en ETABS de la Estructura en el Sistema Dual en el Edificio de 4 Pisos

Modelado del predimensionamiento de la estructura en sistema dual según Sánchez Arévalo

Longitud de muros (espesor 0.15 m) por dirección: 21.95 m, por practicidad ahora se usó 13.6 m en la dirección Y y 9.1m en la dirección X, lo que dio un total de 22.7 m de muros.

Figura 46

Modelado del predimensionamiento de la estructura en sistema dual según Sánchez Arévalo

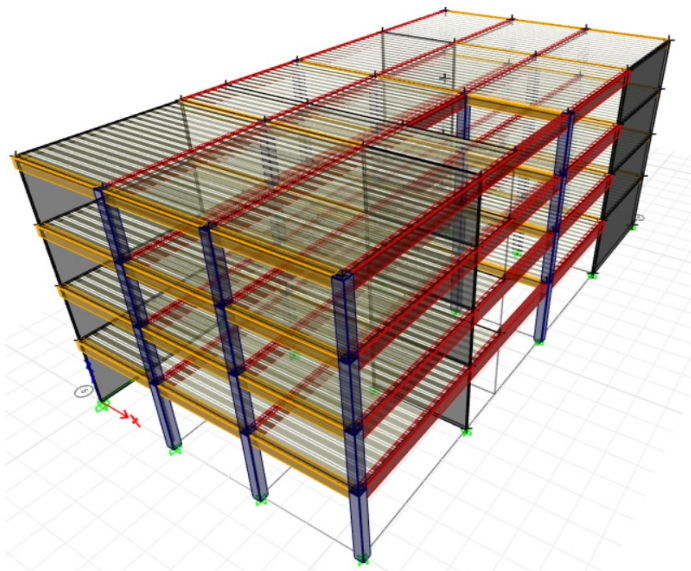


Figura 47

Deriva máxima en X de la estructura en sistema dual según Sánchez Arévalo

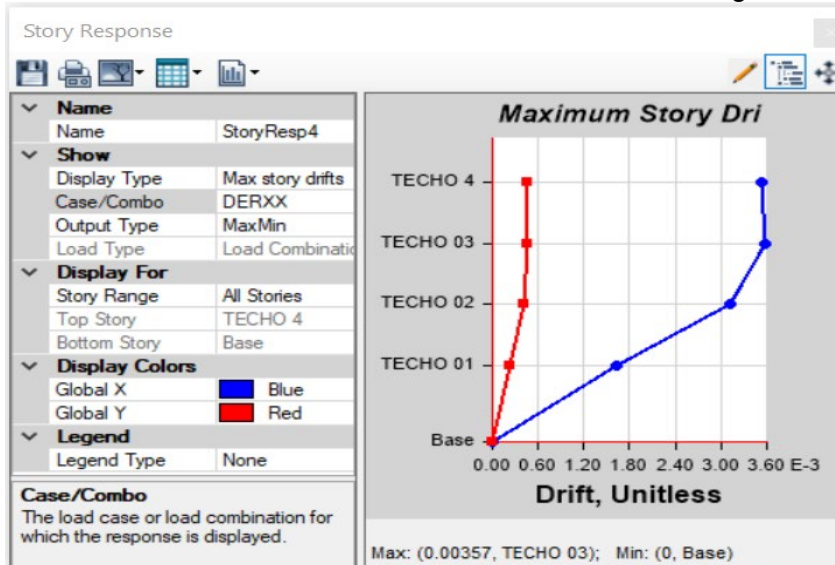
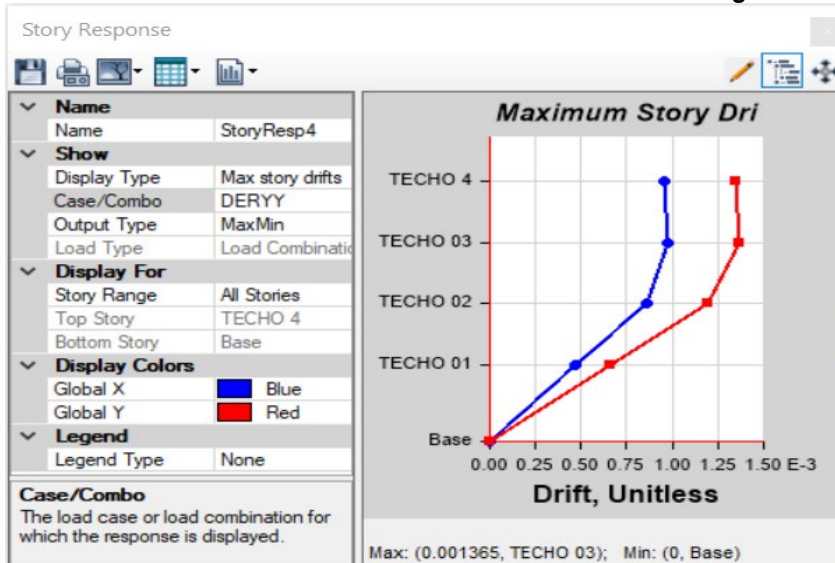


Figura 48

Deriva máxima en Y de la estructura en sistema dual según Sánchez Arévalo



Modelado del predimensionamiento de la estructura en sistema dual según el método propuesto

Longitud de muros (espesor 0.15 m) por dirección, máximo 16 m. En este caso se usó, por practicidad, 13.65 m.

Cantidad de columnas: mínimo 11 con un área mínima de 1000 cm², en este caso 15.

Figura 49

Modelado del predimensionamiento de la estructura en sistema dual según el método propuesto

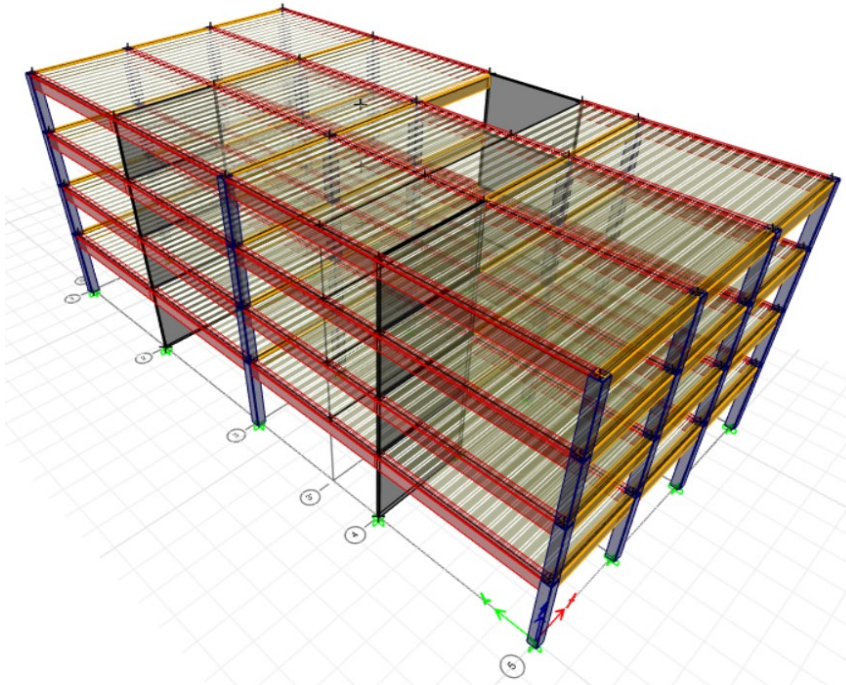


Figura 50

Deriva máxima en X de la estructura en sistema dual según el método propuesto

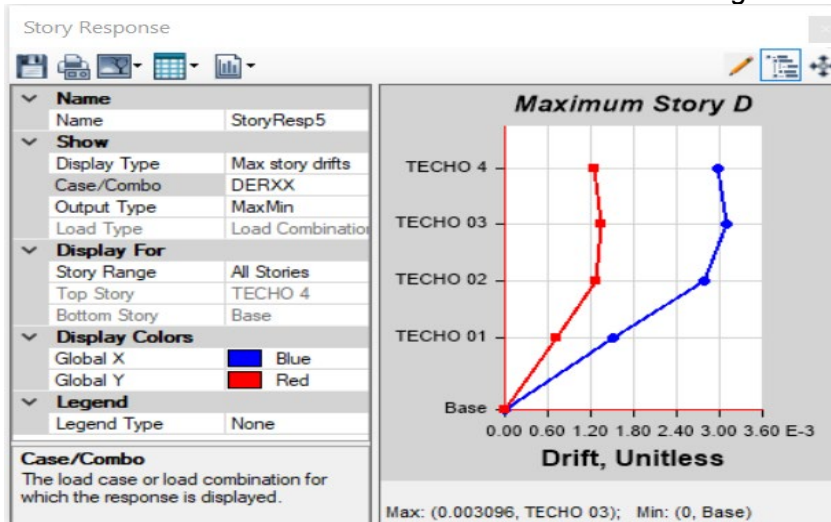
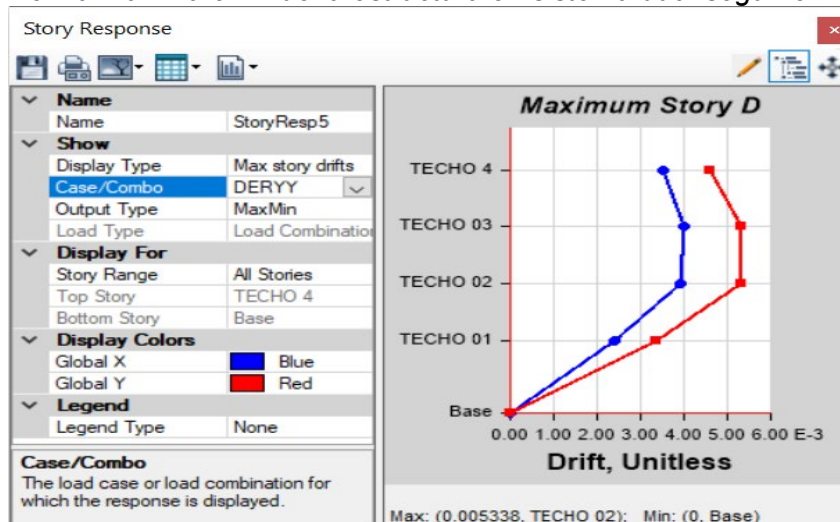


Figura 51

Deriva máxima en Y de la estructura en sistema dual según el método propuesto



Análisis y comparación de resultados de derivas en sistema dual

Tabla 26

Resultados de derivas en sistema dual

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Sánchez Arévalo	0.00357	3	0.00137	3
Método propuesto	0.0031	3	0.0053	2

En la dirección X ambos valores son similares y están dentro de un rango seguro. En la dirección Y el método propuesto destaca, con una deriva de 0.0053, acercándose más al límite normativo, mientras que el método de Sánchez Arévalo es demasiado conservador.

En general, el método propuesto se muestra más eficiente al acercarse al límite permitido sin sobrepasarlo, especialmente en la dirección Y, donde aprovecha mejor la capacidad de diseño.

4.5. Análisis en ETABS de la Estructura en el Sistema de Muros de Corte en el Edificio de 4 Pisos

Modelado del predimensionamiento de la estructura en sistema de muros de corte según el método propuesto

Longitud mínima de muros (espesor 0.15 m) por dirección: 20.3 m, por practicidad ahora se usó 13.6m en la dirección Y y 9.1 m en la dirección X, lo que dio un total de 22.7 m de muros.

Número de columnas necesarias: máximo 12 con un área mínima de 1000 cm². En este caso se usaron 12.

Figura 52

Modelado del predimensionamiento de la estructura en sistema de muros de corte según el método propuesto

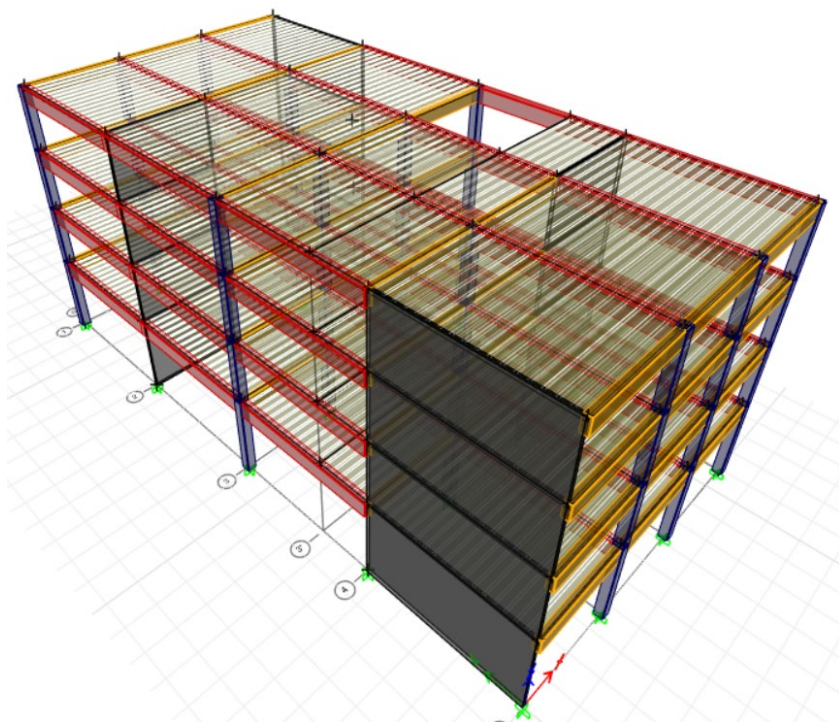


Figura 53

Deriva máxima en X de la estructura en sistema de muros de corte según el método propuesto

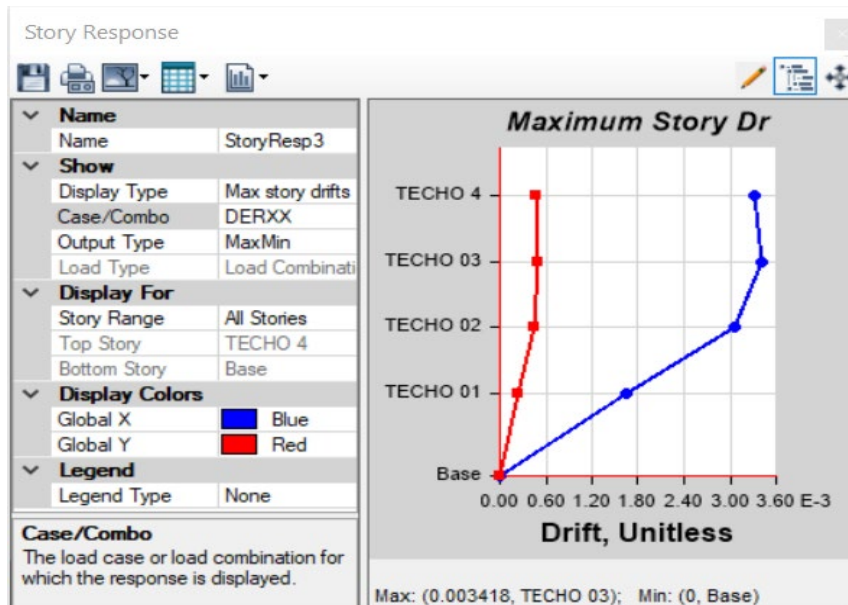


Figura 54

Deriva máxima en Y de la estructura en sistema de muros de corte según el método propuesto

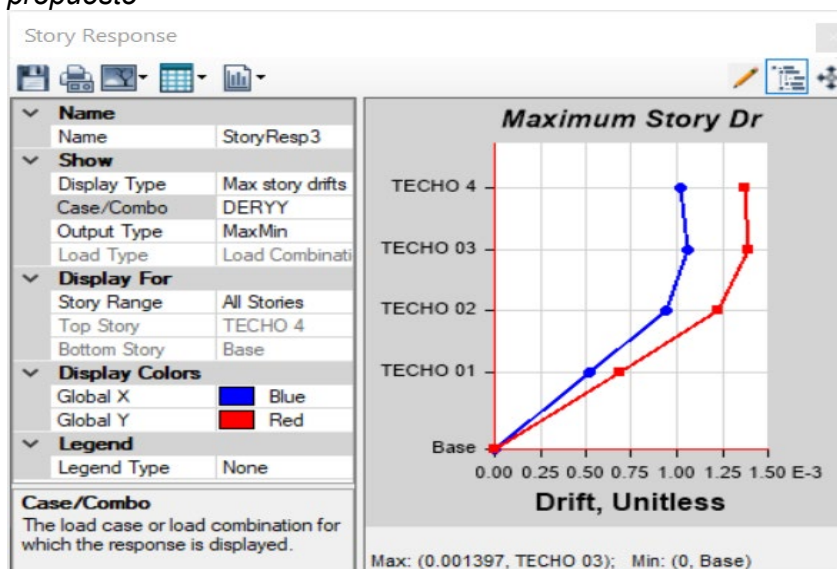


Tabla 27

Resultados de derivas en sistema de muros de corte

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Método propuesto	0.00342	3	0.0014	3

Aunque el diseño es seguro, podría ajustarse para aprovechar mejor la amplitud de la deriva máxima permitida por la norma.

4.6. Aplicación de Métodos de Predimensionamiento y Análisis en ETABS

Considerando 6 Pisos

Con fines estadísticos se va a simular el predimensionamiento en la misma planta con más pisos para determinar y comparar las derivas obtenidas sin iteraciones.

Tabla 28

Cuadro resumen de resultados de predimensionamiento considerando 6 pisos

Elemento	Blanco Blasco	Morales Morales	Sánchez Arévalo	M. propuesto
Vigas del pórtico en dirección Y				
Altura adoptada (H)	60 cm	55 cm		75 cm
Ancho adoptado (b)	30 cm	35 cm		25 cm
Vigas del pórtico en dirección X				
Altura adoptada (H)	40 cm	40 cm		75 cm
Ancho adoptado (b)	25 cm	25 cm		25 cm
Columnas del pórtico en D. Y (lado)				
Columnas esquineras	35 cm	45 cm	50 cm	45 cm
Columnas intermedias	40 cm	50 cm	50 cm	55 cm
Columnas centrales	55 cm	70 cm	50 cm	
Columnas del pórtico en D. X (lado)				
Columnas esquineras	40 cm	50 cm	50 cm	45 cm
Columnas intermedias				60 cm
Sistema de muros de corte				
Min Lm				15 cm x 31 m
Max NC				18
Sistema dual				
Max Lm			15 cm x 33 m	15 cm x 24 m
Min NC				16

Tabla 29*Resultados de derivas en sistema de pórticos considerando 6 pisos*

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Blanco Blasco	0.012812	2	0.00894	2
Morales Morales	0.010888	2	0.0079	2
Sánchez Arévalo	0.011588	2	0.00814	2
Método propuesto	0.006911	2	0.0070	2

Tabla 30*Resultados de derivas en sistema dual considerando 6 pisos*

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Sánchez Arévalo	0.00539	4	0.00267	4
Método propuesto	0.00599	4	0.0080	3

Tabla 31*Resultados de derivas en sistema de muros de corte considerando 6 pisos*

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Método propuesto	0.00339	4	0.0022	4

4.7. Aplicación de Métodos de Predimensionamiento y Análisis en ETABS**Considerando 8 Pisos**

Con fines estadísticos se va a simular el predimensionamiento en la misma planta con más pisos para determinar y comparar las derivas obtenidas sin iteraciones.

Tabla 32

Aplicación de métodos de predimensionamiento considerando 8 pisos

Elemento	Blanco Blasco	Morales Morales	Sánchez Arévalo	M. propuesto
Vigas del pórtico en dirección Y				
Altura adoptada (H)	60 cm	55 cm		85 cm
Ancho adoptado (b)	30 cm	35 cm		30 cm
Vigas del pórtico en dirección X				
Altura adoptada (H)	40 cm	40 cm		90 cm
Ancho adoptado (b)	25 cm	25 cm		30 cm
Columnas del pórtico en dirección Y (lado)				
Columnas esquineras	35 cm	55 cm	60 cm	50 cm
Columnas intermedias	45 cm	55 cm	60 cm	65 cm
Columnas centrales	60 cm	80 cm	60 cm	
Columnas del pórtico en dirección X (lado)				
Columnas esquineras		55 cm	60 cm	55 cm
Columnas intermedias	45 cm			65 cm
Sistema de muros de corte				
Min Lm				15 cm x 41 n
Max NC				24
Sistema dual				
Max Lm			15 cm x 44 m	15 cm x 32 n
Min NC				21

Tabla 33

Resultados de derivas en sistema de pórticos considerando 8 pisos

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Blanco Blasco	0.011862	2	0.00866	2
Morales Morales	0.010413	3	0.00786	3
Sánchez Arévalo	0.010604	3	0.00768	2
Método propuesto	0.005582	2	0.0059	2

Tabla 34

Resultados de derivas en sistema dual considerando 8 pisos

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Sánchez Arévalo	0.0045	5	0.004	5
Método propuesto	0.0067	5	0.0043	6

Tabla 35

Resultados de derivas en sistema de muros de corte considerando 6 pisos

Método de predimensionamiento	Deriva máxima X	Piso con mayor deriva	Deriva máxima Y	Piso con mayor deriva
Método propuesto	0.00354	5	0.0038	5

4.8. Resumen de las Derivas Obtenidas

Tabla 36

Comparación de derivas en sistema de pórticos

Método	4 pisos		6 pisos		8 pisos	
	Deriva máxima X	Deriva máxima Y	Deriva máxima X	Deriva máxima Y	Deriva máxima X	Deriva máxima Y
Blanco Blasco	0.01485	0.01138	0.01281	0.00894	0.01186	0.0087
Morales Morales	0.0127	0.00838	0.01089	0.0079	0.01041	0.0079
Sánchez Arévalo	0.01155	0.00905	0.01159	0.00814	0.0106	0.0077
Método propuesto	0.01161	0.00981	0.00691	0.0070	0.00558	0.0059

Se puede observar que los menores valores en las derivas suelen presentarse en los métodos que consideran la cortante basal.

Tabla 37*Comparación de derivas en sistema dual*

Método	4 pisos		6 pisos		8 pisos	
	Deriva máxima X	Deriva máxima Y	Deriva máxima X	Deriva máxima Y	Deriva máxima X	Deriva máxima Y
Sánchez Arévalo	0.0036	0.0014	0.0054	0.0027	0.0045	0.004
Método propuesto	0.0031	0.0053	0.006	0.0080	0.0067	0.0043

El método de Sánchez Arévalo es conservador, con derivas bien debajo del límite normativo de 0.007, mientras que el método propuesto optimiza mejor las capacidades estructurales al acercarse más al límite permitido.

Tabla 38*Comparación de derivas en sistema de muros de corte*

Método	4 pisos		6 pisos		8 pisos	
	Deriva máxima X	Deriva máxima Y	Deriva máxima X	Deriva máxima Y	Deriva máxima X	Deriva máxima Y
Método propuesto	0.0034	0.0014	0.00339	0.00225	0.00354	0.00384

El método propuesto mantiene derivas dentro de valores bastante bajos, tanto en dirección X como en Y, en todos los pisos analizados. Se observa que es muy conservador.

4.9. Análisis Estadístico

4.9.1. Análisis de Errores Obtenidos en Pórticos

Prueba de normalidad de errores en pórticos

La prueba de normalidad se usa en este caso para verificar si el conjunto de datos sigue una distribución normal (campana de Gauss). Como se tiene pocos datos por grupo (4 valores por columna en los primeros conjuntos de datos), Shapiro-Wilk es la opción más adecuada para evaluar la normalidad con las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H0): los datos provienen de una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H1): los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 39*Comparación de errores absolutos de derivas en pórticos en la dirección X*

Método	Blanco Blasco	Morales Morales	Sánchez Arévalo	Método propuesto
196225	0.0078	0.0057	0.00455	0.004609
295837.5	0.0058	0.0039	0.00459	-0.00009
394450	0.0049	0.0034	0.0036	-0.001419

Tabla 40*Comparación de errores absolutos de derivas en pórticos en la dirección Y*

Método	Blanco Blasco	Morales Morales	Sánchez Arévalo	Método propuesto
196225	0.004379	0.001378	0.002054	0.002809
295837.5	0.001944	0.0009	0.001137	-0.000039
394450	0.001662	0.000856	0.000684	-0.001088

Tabla 41*Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para los pórticos en dirección X*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico (W)	gl	Sig. (p-valor)
196225	0.8431	4	0.2047
295837.5	0.8879	4	0.3735
394450	0.8297	4	0.167

Como los valores de p -valor en todas las columnas son mayores que 0.05, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que sugiere que los datos siguen una distribución normal.

Tabla 42*Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para los pórticos en dirección Y*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico (W)	gl	Sig. (p-valor)
196225	0.9599	4	0.778
295837.5	0.9839	4	0.9243
394450	0.9135	4	0.5014

Un p -valor mayor a 0.05 indica que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad, por lo que los datos podrían considerarse normales.

Análisis de varianza de errores obtenidos en pórticos

Se realizará la prueba de análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo ANOVA para cada una de las direcciones. Esta prueba servirá para evaluar las hipótesis.

Hipótesis nula (H_0):

No hay una diferencia significativa en el error de predicción entre los métodos tradicionales y el método propuesto con la cortante basal o entre el número de pisos.

Hipótesis alternativa (H_a):

Hay una diferencia significativa en el error de predicción entre los métodos tradicionales y el método propuesto con la cortante basal y/o entre el número de pisos.

Tabla 43

Análisis de varianza en pórticos en dirección X

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
196225	4	0.0227	0.0057	2.4E-06
295837.5	4	0.0142	0.0035	6.5E-06
394450	4	0.0105	0.0026	7.6E-06
Blanco Blasco	3	0.0185	0.0062	2.3E-06
Morales Morales	3	0.013	0.0043	1.4E-06
Sánchez Arévalo	3	0.0127	0.0042	3.1E-07
Método Propuesto	3	0.0031	0.001	1E-05

ANÁLISIS DE VARIANZA X						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	1.96776E-05	2	1E-05	6.9052	0.02778	5.1432528
Columnas	4.10458E-05	3	1E-05	9.6024	0.01045	4.7570627
Error	8.54906E-06	6	1E-06			
Total	6.92725E-05	11				

Tanto el valor F como la probabilidad asociada indican que tanto la cortante del edificio como el método de predimensionamiento tienen un impacto significativo en la deriva en el eje X para los pórticos.

Tabla 44*Análisis de varianza en pórticos en dirección Y*

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
196225	4	0.01062	0.002655	1.663E-06
295837.5	4	0.003942	0.0009855	6.662E-07
394450	4	0.002114	0.0005285	1.343E-06
Blanco				
Blasco	3	0.007985	0.0026617	2.232E-06
Morales				
Morales	3	0.003134	0.0010447	8.382E-08
Sánchez				
Arévalo	3	0.003875	0.0012917	4.872E-07
Método				
Propuesto	3	0.001682	0.0005607	4.066E-06

ANÁLISIS DE VARIANZA Y

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	1.002E-05	2	5.012E-06	8.0966346	0.0197601	5.1432528
Columnas	7.302E-06	3	2.434E-06	3.9317264	0.0724084	4.7570627
Error	3.714E-06	6	6.19E-07			
Total	2.104E-05	11				

El valor F calculado y la probabilidad asociada indican que hay diferencias significativas en las derivas del eje Y entre los diferentes valores de cortante. Mientras que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los métodos de predimensionamiento para la deriva en el eje Y para los pórticos.

Rechazo de la hipótesis nula (H₀):

Debido a que se observó una diferencia estadísticamente significativa en al menos una de las dos direcciones entre los métodos de predimensionamiento en la deriva máxima, se rechaza la hipótesis nula (se acepta la hipótesis alternativa). El método propuesto muestra un desempeño diferente en cuanto a error de predicción en comparación con los métodos tradicionales.

4.9.2. Error Cuadrático Medio (ECM) en Pórticos

Se utiliza el Error Cuadrático Medio, que es una medida estadística común para evaluar la precisión de un método de estimación. En este caso, se calcula el ECM entre las

dimensiones iniciales y finales de cada elemento (vigas y columnas) para determinar cuál es el método con el ajuste más cercano a la dimensión final.

$$ECM = \left(\frac{1}{n}\right) * \Sigma \left(d_{i_{inicial}} - d_{i_{final}}\right)^2$$

Tabla 45

Cálculo del Error Cuadrático Medio (ECM)

Método	Elemento		Dimensión inicial (cm)	Dimensión final (cm)	(Di - Df)^2	ECM Por elemento
Blanco Blasco	Vigas	L1:	60	60	0	56.25
	dirección Y	L2:	25	25	0	
	Vigas	L1:	45	60	225	183.3333
	dirección X	L2:	25	25	0	
	Columnas	L1:	35	50	225	
	esquineras	L2:	35	50	225	
	Columnas	L1:	35	50	225	
	intermedias	L2:	35	50	225	
	Columnas	L1:	45	55	100	
	centrales	L2:	45	55	100	
ECM Total					132.5	
Morales Morales	Vigas	L1:	55	60	25	112.5
	dirección Y	L2:	35	35	0	
	Vigas	L1:	35	55	400	91.66667
	dirección X	L2:	25	30	25	
	Columnas	L1:	40	55	225	
	esquineras	L2:	40	45	25	
	Columnas	L1:	40	55	225	
	intermedias	L2:	40	45	25	
	Columnas	L1:	50	55	25	
	centrales	L2:	50	55	25	
ECM Total					100	
Sánchez Arévalo	Vigas	L1:	55	60	25	162.5
	dirección Y	L2:	25	25	0	
	Vigas	L1:	35	60	625	62.5
	dirección X	L2:	25	25	0	
	Columnas	L1:	45	50	25	
	esquineras	L2:	45	55	100	
	Columnas	L1:	45	50	25	
	intermedias	L2:	45	55	100	
	Columnas	L1:	45	50	25	
	centrales	L2:	45	55	100	
ECM Total					102.5	
Método propuesto	Vigas	L1:	65	65	0	31.25
	dirección Y	L2:	30	30	0	
	Vigas	L1:	65	55	100	75
	dirección X	L2:	30	25	25	
	Columnas	L1:	40	55	225	
	esquineras	L2:	40	45	25	
	Columnas	L1:	45	55	100	
	intermedias	L2:	45	45	0	
	Columnas	L1:	45	55	100	
	centrales	L2:	45	45	0	
ECM Total					57.5	

El método propuesto se destaca como el más preciso según este análisis, ya que presenta el ECM total más bajo (57.5) y muestra errores menores y consistentes en la mayoría de las categorías. Esto indica que las dimensiones finales calculadas por este método están más cercanas a las dimensiones iniciales, haciendo de este método la opción más fiable.

Blanco Blasco es el método con el ECM total más alto (132.5), lo que significa que sus valores finales están menos cercanos a los valores iniciales, en comparación con los otros métodos. Este método muestra una mayor variabilidad y diferencias en varias categorías, particularmente en las columnas.

Morales Morales y Sánchez Arévalo tienen ECM totales más bajos que Blanco Blasco, pero son superados por el método propuesto. Ambos presentan algunos errores grandes en ciertas categorías, lo cual afecta su precisión general.

4.9.3. Índice de Ajuste o Precisión (% de error relativo) en Pórticos

Se realiza el índice de error relativo, ya que proporciona una visión clara de qué tan alineadas están las dimensiones iniciales con las finales. Un índice de ajuste bajo lo indicará. Por tanto, se puede decir que menos ajustes y, por ende, mayor eficiencia en tiempo.

$$\text{Índice de ajuste} = \frac{|d_{final} - d_{inicial}|}{d_{inicial}} * 100$$

Tabla 46

Cálculo del índice de ajuste

Método	Elemento		Dimensión inicial (cm)	Dimensión final (cm)	Índice de ajuste (%)	Índice de ajuste Promedio por elemento (%)
Blanco Blasco	Vigas	L1:	60	60	0%	8%
	dirección Y	L2:	25	25	0%	
	Vigas	L1:	45	60	33%	
	dirección X	L2:	25	25	0%	
	Columnas	L1:	35	50	43%	36%
	esquineras	L2:	35	50	43%	
	Columnas	L1:	35	50	43%	
	intermedias	L2:	35	50	43%	
	Columnas	L1:	45	55	22%	
	centrales	L2:	45	55	22%	
Índice de ajuste promedio					25%	
Morales Morales	Vigas	L1:	55	60	9%	22%
	dirección Y	L2:	35	35	0%	
	Vigas	L1:	35	55	57%	
	dirección X	L2:	25	30	20%	
	Columnas	L1:	40	55	38%	20%
	esquineras	L2:	40	45	13%	
	Columnas	L1:	40	55	38%	
	intermedias	L2:	40	45	13%	
	Columnas	L1:	50	55	10%	
	centrales	L2:	50	55	10%	
Índice de ajuste promedio					21%	
Sánchez Arévalo	Vigas	L1:	55	60	9%	20%
	dirección Y	L2:	25	25	0%	
	Vigas	L1:	35	60	71%	
	dirección X	L2:	25	25	0%	
	Columnas	L1:	45	50	11%	17%
	esquineras	L2:	45	55	22%	
	Columnas	L1:	45	50	11%	
	intermedias	L2:	45	55	22%	
	Columnas	L1:	45	50	11%	
	centrales	L2:	45	55	22%	
Índice de ajuste promedio					18%	
Método propuesto	Vigas	L1:	65	65	0%	8%
	dirección Y	L2:	30	30	0%	
	Vigas	L1:	65	55	15%	
	dirección X	L2:	30	25	17%	
	Columnas	L1:	40	55	38%	16%
	esquineras	L2:	40	45	13%	
	Columnas	L1:	45	55	22%	
	intermedias	L2:	45	45	0%	
	Columnas	L1:	45	55	22%	
	centrales	L2:	45	45	0%	
Índice de ajuste promedio					13%	

El método propuesto presenta el índice de ajuste promedio más bajo (13 %). Este resultado demuestra que las dimensiones finales calculadas con este método están más alineadas con las dimensiones iniciales, especialmente en vigas (8 %), haciendo de este método la mejor opción en términos de precisión y consistencia.

Blanco Blasco tiene el índice de ajuste promedio más alto (25 %), lo que indica una menor precisión y mayores diferencias en las dimensiones finales respecto a las iniciales, sobre todo en las columnas.

Sánchez Arévalo y Morales Morales ofrecen una precisión intermedia, pero Sánchez Arévalo es levemente mejor con un índice de ajuste promedio del 18 % frente al 21 % de Morales Morales.

4.9.4. Análisis de Correlación entre la Cortante Basal y las Derivas Obtenidas en los Pórticos Predimensionados

Prueba de normalidad de las derivas obtenidas

La prueba de normalidad se usa para verificar la normalidad en la distribución de los datos (campana de Gauss). Como se tiene pocos datos por grupo (6 valores por columna en los primeros conjuntos de datos), Shapiro-Wilk es la opción más adecuada para evaluar la normalidad con las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): los datos provienen de una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1): los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 47

Derivas obtenidas en función a la cortante basal en el sistema de pórticos

Método /Cortante B. kg	Blanco Blasco	Morales Morales	Sánchez Arévalo	Método propuesto
196225	0.01485	0.0127	0.01155	0.01161
196225	0.01138	0.00838	0.00905	0.00981
295837.5	0.01281	0.01089	0.01159	0.00691
295837.5	0.00894	0.0079	0.00814	0.007
394450	0.01186	0.01041	0.0106	0.00558
394450	0.0087	0.0079	0.0077	0.0059

Tabla 48

Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para las derivas obtenidas en función a la cortante basal en el sistema de pórticos

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico (W)	gl	Sig. (p-valor)
196225	0.9599	4	0.778
295837.5	0.9839	4	0.9243
394450	0.9135	4	0.5014

Dado que en todos los casos el valor p es mayor que 0.05, no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Se concluye que los datos de todas las columnas siguen una distribución normal. Esto sugiere que es apropiado aplicar pruebas paramétricas.

Análisis de correlación de Pearson entre la cortante basal y las derivas obtenidas en los pórticos predimensionados

Se realiza este análisis para identificar la relación existente entre la cortante basal y las derivas obtenidas en los pórticos predimensionados.

Hipótesis nula (H0): no hay correlación entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Pearson es igual a 0.

Hipótesis alternativa (H1): existe una correlación significativa entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Pearson es diferente de 0.

Método	Blanco Blasco	Morales Morales	Sánchez Arévalo	Método propuesto
Coef. Correlación Pearson	-0.5417205	-0.316902	-0.300536	-0.931326

En el caso del método Blanco Blasco ($r=-0.5417$), se observa una correlación negativa moderada, lo que sugiere que a medida que la cortante basal aumenta, las derivas tienden a disminuir. Por otro lado, los métodos de Morales Morales ($r=-0.3169$) y Sánchez Arévalo ($r=-0.3005$) presentan correlaciones negativas débiles, indicando que la relación entre la cortante basal y las derivas obtenidas es menos pronunciada. En contraste, el método propuesto ($r=-0.9313$) muestra una correlación negativa muy fuerte y una

variabilidad significativa ($R^2=0.87$), lo que implica que el aumento de la cortante basal está estrechamente asociado con una disminución significativa en las derivas obtenidas.

4.9.5. Análisis de Correlación entre la Cortante Basal y el Peralte Predimensionado de las Vigas

Prueba de normalidad del peralte predimensionado de las vigas

Como se tiene pocos datos por grupo (6 valores por columna en los primeros conjuntos de datos), Shapiro-Wilk es la opción más adecuada para evaluar la normalidad con las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): los datos provienen de una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1): los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 49

Peralte predimensionado de las vigas (cm)

V kg	Blanco Blasco	Morales Morales	Método propuesto
196225	60	55	65
246531	60	55	70
295837.5	60	55	75
345144	60	55	80
394450	60	55	85
196225	40	35	65
246531	40	40	70
295837.5	40	40	75
345144	40	40	80
394450	40	40	90

Tabla 50

Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para el peralte predimensionado de las vigas

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico (W)	gl	Sig. (p-valor)
Blanco Blasco	0.655	10	0.00025
Morales Morales	0.738	10	0.00254
Método Propuesto	0.948	10	0.646

Para Blanco Blasco y Morales Morales el p-valor es menor que 0.05, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal. Mientras que para el método propuesto: el p-valor es mayor que 0.05, lo que sugiere que los datos sí pueden seguir una distribución

normal. La normalidad es un requisito para los análisis posteriores, por ello se va a realizar pruebas no paramétricas.

Análisis de correlación de Spearman entre la cortante basal y el peralte predimensionado de las vigas

Hipótesis nula (H_0): no hay correlación entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Spearman es igual a 0.

Hipótesis alternativa (H_1): existe una correlación significativa entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Spearman es diferente de 0.

Tabla 51

Cálculo del coeficiente de correlación de Spearman entre la cortante basal y el peralte predimensionado de las vigas según Blanco Blasco

V kg	Blanco Blasco	Rango x	Rango y	d	d ²
196225	60	1.5	8	-6.5	42.25
246531	60	3.5	8	-4.5	20.25
295837.5	60	5.5	8	-2.5	6.25
345144	60	7.5	8	-0.5	0.25
394450	60	9.5	8	1.5	2.25
196225	40	1.5	3	-1.5	2.25
246531	40	3.5	3	0.5	0.25
295837.5	40	5.5	3	2.5	6.25
345144	40	7.5	3	4.5	20.25
394450	40	9.5	3	6.5	42.25
Coef. Correlación Sperarman	0.5545455				73.5

Tabla 52

Cálculo del coeficiente de correlación de Spearman entre la cortante basal y el peralte predimensionado de las vigas según Morales Morales

V kg	Morales Morales	Rango x	Rango y	d	d ²
196225	55	1.5	8	-6.5	42.25
246531	55	3.5	8	-4.5	20.25
295837.5	55	5.5	8	-2.5	6.25
345144	55	7.5	8	-0.5	0.25
394450	55	9.5	8	1.5	2.25
196225	35	1.5	1	0.5	0.25
246531	40	3.5	3.5	0	0
295837.5	40	5.5	3.5	2	4
345144	40	7.5	3.5	4	16
394450	40	9.5	3.5	6	36
Coef. Correlación Sperarman	0.5666667				71.5

Tabla 53

Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson entre la cortante basal y el peralte predimensionado de las vigas según el método propuesto

	Método propuesto
Coef. Correlación Pearson	0.985654411

En el método de Blanco Blasco, la correlación es moderada (0.55), lo que indica una relación casi inexistente entre ambas variables. En el caso de Morales Morales, la correlación sigue siendo moderada (0.57), lo que sugiere una asociación leve pero no determinante. En contraste, el método propuesto presenta una correlación positiva casi perfecta (0.99) y una R^2 de 0.97, evidenciando una fuerte influencia de la cortante basal en el peralte predimensionado. Esto indica que, en comparación con los otros métodos, el método propuesto predice de manera más consistente el peralte en relación con la cortante basal.

4.9.6. Análisis de Correlación entre la Cortante Basal y el Lado Predimensionado de las Columnas

Prueba de normalidad del lado predimensionado de las columnas

Como se tienen pocos datos por grupo (9 valores por columna en los primeros conjuntos de datos), Shapiro-Wilk es la opción más adecuada para evaluar la normalidad con las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H0): los datos provienen de una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H1): los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 54

Lado predimensionado de las columnas (cm)

V kg	Blanco Blasco	Morales Morales	Sánchez Arévalo	Método propuesto
196225	35	40	45	40
196225	35	40	45	45
196225	45	55	45	45
246531	35	40	50	40
246531	35	45	50	55
246531	50	65	50	50
295837.5	40	50	50	45
295837.5	40	50	50	60
295837.5	55	70	50	60
345144	40	50	55	50
345144	45	55	55	60
345144	55	75	55	60
394450	45	55	60	55
394450	45	55	60	65
394450	60	80	60	65

Tabla 55

Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para el lado predimensionado de las columnas

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico (W)	gl	Sig. (p-valor)
Blanco Blasco	0.900444	15	0.09667
Morales Morales	0.909944	15	0.135144
Sánchez Arévalo	0.8757	15	0.040949
Método Propuesto	0.914017	15	0.156039

En este caso, Sánchez Arévalo tiene un p-valor de 0.041, lo que sugiere que sus datos no siguen una distribución normal. Para las demás columnas, los p-valores son mayores a 0.05, por lo que no se rechaza la normalidad.

Análisis de correlación de Spearman entre la cortante basal y el lado predimensionado de las columnas

Hipótesis nula (H0): no hay correlación entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Pearson es igual a 0.

Hipótesis alternativa (H1): existe una correlación significativa entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Pearson es diferente de 0.

Tabla 56

Análisis de correlación de Spearman entre la cortante basal y el lado predimensionado de las columnas según Sánchez Arévalo

V kg	Sánchez Arévalo	Rango x	Rango y	d	d ²
196225	45	2	2	0	0
196225	45	2	2	0	0
196225	45	2	2	0	0
295837.5	50	5	5	0	0
295837.5	50	5	5	0	0
295837.5	50	5	5	0	0
394450	60	8	8	0	0
394450	60	8	8	0	0
394450	60	8	8	0	0
Coef. Correlación Sperarman	1				0

Existe una correlación positiva perfecta entre la cortante basal y el lado predimensionado de las columnas para el método de Sánchez. Esto indica que el aumento en la cortante basal implica el incremento del peralte en este método.

Análisis de correlación de Pearson entre la cortante basal y el lado predimensionado de las columnas

Hipótesis nula (H0): no hay correlación entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Pearson es igual a 0.

Hipótesis alternativa (H1): existe una correlación significativa entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Pearson es diferente de 0.

Tabla 57

Análisis de correlación de Pearson entre la cortante basal y el lado predimensionado de las columnas según Blanco, Morales y el método propuesto

Método	Blanco Blasco	Morales Morales	Método propuesto
Coef. Correlación Pearson	0.547720234	0.6113888	0.8202641

El método Blanco Blasco presenta una correlación positiva moderada (0.5477), lo que indica que, aunque existe una relación entre ambas variables, no es muy fuerte. En el caso de Morales Morales, la correlación es moderadamente fuerte (0.6114), sugiriendo una mayor dependencia entre la cortante basal y el lado predimensionado. Finalmente, el método de Sánchez muestra correlación y determinación perfecta (1), mientras que el propuesto muestra un $R^2=67$ lo que indica una influencia significativa entre ambas variables.

4.9.7. Análisis de Correlación entre la Cortante Basal y la Longitud Predimensionada de Muros de Corte

Prueba de normalidad de la longitud predimensionada de muros de corte

Como se tienen pocos datos por grupo (3 y 6 valores por columna en los primeros conjuntos de datos), Shapiro-Wilk es la opción más adecuada para evaluar la normalidad con las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H0): los datos provienen de una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H1): los datos no provienen de una distribución normal.

Tabla 58*Longitud predimensionada de muros de corte*

V kg	Sánchez Arévalo	Método propuesto
225400	22	16
262966		20
281750	27.4	20
328708		26
338100	33	24
394450		31
394450	38.3	28
460192		36
450800	44	32
525933		41

Tabla 59

Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para la longitud predimensionada de muros de corte

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico (W)	gl	Sig. (p-valor)
Sánchez Arévalo	0.9875	5	0.9702
Método Propuesto	0.9781	10	0.9544

Tanto para Sánchez Arévalo y para el método propuesto, el valor p es muy alto, lo que indica que los datos no presentan evidencia suficiente para rechazar la normalidad.

Análisis de correlación de Pearson entre la cortante basal y la longitud predimensionada de muros de corte

Hipótesis nula (H0): no hay correlación entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Pearson es igual a 0.

Hipótesis alternativa (H1): existe una correlación significativa entre las variables. Es decir, el coeficiente de correlación de Pearson es diferente de 0.

Tabla 60

Análisis de correlación de Pearson entre la cortante basal y la longitud predimensionada de muros de corte

Método	Sánchez Arévalo	Método propuesto
Coef. correlación Pearson	0.99994	0.98511

En el caso del método de Sánchez Arévalo, el coeficiente es prácticamente 1, lo que indica una correlación y determinación(R^2) perfecta, es decir, la cortante basal y la longitud predimensionada de los muros de corte están directamente relacionadas y una influye totalmente en la otra. Para el método propuesto, el coeficiente es 0.985 y R^2 0.97, lo que representa una correlación e influencia muy fuerte. Esto sugiere que la influencia entre la cortante basal y la longitud predimensionada es altamente consistente en ambos métodos.

4.10. Discusión de Resultados

La presente investigación responde a problemas identificados por Delgado et al.(8), quienes señalaron las dificultades de los estudiantes de arquitectura en áreas como el predimensionamiento y la integración de la estructura en el diseño arquitectónico general. Al ofrecer una fórmula sencilla pero efectiva, nuestro método podría ser utilizado para facilitar que la estructura se integre desde el inicio a la arquitectura.

Asimismo, se alinea con diversos estudios previos que han abordado el predimensionamiento estructural en zonas sísmicas, aportando tanto en metodologías de cálculo como en la aplicación de criterios sismo-resistentes.

Por un lado, el trabajo de Zapata Escobar, Bonett y Blandón enfatiza la importancia de considerar la demanda sísmica en el predimensionamiento estructural. Su propuesta permite verificar de manera rápida la idoneidad de una configuración estructural frente a cargas sísmicas. En esta investigación se sigue un enfoque similar al considerar la cortante basal como un factor determinante en el predimensionamiento de elementos estructurales,

lo que permite que las dimensiones iniciales sean compatibles con el desempeño sísmico esperado (9).

Asimismo, el modelo paramétrico desarrollado por Berlana, Corres y Todisco propone una metodología flexible que permite modificar secciones transversales, materiales y cargas para adaptar el predimensionamiento a diferentes tipos de estructuras. En este estudio se comparte el ideal de mejorar la adaptabilidad del proceso de predimensionamiento, aunque la aproximación aquí utilizada se centra en la aplicación de una fórmula simplificada que incorpora la cortante basal, lo que podría complementar la metodología paramétrica (10).

Por otro lado, en cuanto al predimensionamiento de muros de corte, Cárdenas Londoño enfatiza que la densidad mínima de muros predimensionada tiene base en las solicitaciones sísmicas y el cumplimiento del reglamento colombiano sismo resistente NSR, conclusiones con las cuales también se concuerda en esta investigación, pero aplicadas al contexto peruano (2).

El estudio de Bojórquez introduce una perspectiva tecnológica al emplear Redes Neuronales Artificiales (RNA) para optimizar el predimensionamiento en zonas sísmicas, reduciendo iteraciones en el diseño estructural. Aunque este enfoque demuestra ser altamente eficiente, nuestra investigación busca una solución más accesible y directa, especialmente útil para ingenieros que trabajan en condiciones con recursos limitados o sin acceso a herramientas computacionales avanzadas. En este sentido, la metodología propuesta en este estudio ofrece una alternativa práctica para lograr un predimensionamiento eficiente sin depender de algoritmos complejos (11).

En relación con el predimensionamiento de columnas, el estudio de Marcos Rupay destaca que el método sísmico que utilizó arrojó una deriva de 0.0074, siendo este el más cercano al límite planteado en la norma E030. Este hallazgo respalda la eficacia de considerar criterios sísmicos en el predimensionamiento, lo cual coincide con los resultados obtenidos en esta investigación. En el estudio aquí planteado se observó que el uso de la cortante basal en el predimensionamiento de elementos estructurales genera valores de

deriva más cercanos al límite normativo, y para los edificios de 6 y 8 pisos las derivas obtenidas con el método propuesto están por debajo del límite de distorsión de entrepiso. Por lo tanto, se concuerda con Rupay Vargas en que los métodos que contemplan consideraciones sísmicas son las más adecuadas para el predimensionamiento de columnas (5).

Por otro lado, Quartara Ortega concluyó que el criterio de Blanco fue el más eficaz y adecuado para su diseño estructural en particular. Sin embargo, el estudio que se realizó aquí muestra que este método fue el más impreciso y con el que se obtuvo las mayores derivas de entrepiso. A pesar de esta diferencia, se coincide con Quartara en la importancia de elegir la metodología adecuada de predimensionamiento en el diseño estructural de edificaciones multifamiliares, ya que las decisiones tomadas en esta fase pueden tener un impacto significativo en la calidad y la viabilidad del proyecto a largo plazo (3).

Finalmente, alineado con las ideas de La Torre Esquivel (12), este método refuerza la importancia de desarrollar herramientas que combinen simplicidad y efectividad. Al igual que los modelos de RNA, nuestra propuesta busca cerrar la brecha entre las dimensiones iniciales del predimensionamiento y las dimensiones finales obtenidas tras un análisis detallado, logrando que ambas se aproximen desde el inicio del proceso (12).

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se determinó que la cortante basal tiene una influencia alta en el predimensionamiento de vigas de concreto armado, ya que el coeficiente de determinación de R^2 es de 0.97. Predimensionar el peralte de la viga considerando la cortante basal tiene una mayor precisión en las dimensiones de las vigas, con un índice de ajuste promedio del 8 %, lo que evidencia una cercanía entre las dimensiones iniciales y finales en estos elementos estructurales, cercanía que incrementa con el número de pisos para el caso en estudio.

El predimensionamiento de columnas también se ve altamente influenciado por la cortante basal, ya que se observa coeficientes de determinación (R^2) 1 utilizando el método de Sánchez y 0.67 para el método propuesto. Al considerarlo en el predimensionamiento se tiene ajustes menores en comparación con otros métodos, manteniendo un Error Cuadrático Medio total más bajo que 57.5 y mayor precisión en los edificios más altos. Por el contrario, los métodos tradicionales como Blanco Blasco y Morales Morales han requerido ajustes de hasta 15 cm en columnas, debido a la falta de consideración de la cortante basal.

En el caso de muros de corte, se aprecia en los métodos de Sánchez Arévalo y el método propuesto la influencia casi perfecta de la cortante basal en el predimensionamiento ($R^2=1$). En el sistema dual, al comparar ambos métodos se encontró que el método propuesto presenta un rendimiento diferente y más preciso en cuanto al error de predicción. En el sistema de muros de corte no se pudo realizar un análisis de varianza, pero como resultado de esta investigación se propone un método de predimensionamiento que es más efectivo en edificios de mayor altura, ya que ajusta de manera más precisa las predicciones de la deriva máxima.

Recomendaciones

Se sugiere aplicar el método desarrollado en más vigas de proyectos reales de diseño estructural en zonas sísmicas. Esto permitirá evaluar su desempeño en situaciones concretas y medir su impacto en la eficiencia del diseño y los costos asociados.

Desarrollar un *software* o una aplicación práctica que permita realizar cálculos de predimensionamiento de columnas de manera rápida y sencilla utilizando la fórmula propuesta o mejorándola. Esto facilitaría su uso, especialmente en proyectos de campo.

Se recomienda seguir investigando y mejorar la fórmula propuesta, ajustándola para su uso en diferentes tipos de suelo, alturas de edificios y zonas. Esto aumentará su precisión y versatilidad en una variedad de edificaciones con muros.

Referencias Bibliográficas

1. FERNÁNDEZ, D. Composición y estructura: revalorización de la técnica constructiva del apilamiento como estrategia de diseño en la arquitectura contemporánea. En línea. Tesis (Para obtener el título de Doctor). Rosario: Universidad Nacional de Rosario, 2017. [Consultado el 1 de octubre de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2133/12967>
2. CÁRDENAS, J. Estimación de la densidad óptima del área de muros estructurales, de acuerdo a la altura, en edificios de concreto reforzado como parámetro de predimensionamiento para el cumplimiento de derivas. Medellín: Universidad de Antioquia, 2020.
3. QUARTARA, P., y TADEO, V. Diseño estructural bajo 3 propuestas de predimensionamiento de elementos estructurales de una vivienda multifamiliar con $\sigma_{adm}=2.50 \text{ kg/cm}^2$, 2023. Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2023.
4. DATTA, S., *et al.* Benefits and Barriers of Implementing Building Information Modeling Techniques for Sustainable Practices in the Construction Industry—A Comprehensive Review. Sustainability. En línea. 16 de agosto de 2023. Vol. 15, n.º 16, p. 12466. [Consultado el 19 de octubre de 2024]. DOI: 10.3390/su151612466.
5. RUPAY, M., *et al.* Análisis comparativo de las metodologías de predimensionamiento para columnas en una edificación de seis niveles sin sótano. Memoria Investigaciones en Ingeniería. 3 de julio de 2024. N.º 26, p. 143–155. DOI: 10.36561/ING.26.9.
6. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. Perú: Resultados Definitivos 2017 - Tomo I. Lima, 2017.
7. FERNÁNDEZ, K., *et al.* Modelamiento estructural para la reducción de costos en obras de concreto armado aplicando metodología BIM en viviendas Lima - 2021. En línea. Lima: Universidad César Vallejo, 2021. [Consultado el 20 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66842>
8. DELGADO, A. *et al.* Students' difficulties and remedies with the structural design for their final master project. European Journal of Engineering Education. En línea. 4 de mayo de 2023. Vol. 48, n.º 3, p. 518–537. [Consultado el 21 de septiembre de 2024]. DOI: 10.1080/03043797.2023.2176742.

9. ZAPATA, A., *et al.* Estimación rápida de la demanda sísmica en edificios de muros delgados de hormigón reforzado. En: Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2021. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI, 7 de septiembre de 2021, p. 1–11. ISBN 9789586800945. DOI: 10.26507/ponencia.1855
10. BERLANA, J. *et al.* Estudio de diferentes tipologías estructurales para el proyecto de edificios altos: criterios de predimensionamiento y aplicación a dos casos de estudio. Informes de la Construcción. 5 de julio de 2021. Vol. 73, n.º 562, p. e390. DOI: 10.3989/ic.78002.
11. BOJÓRQUEZ, J. Diseño sísmico preliminar de edificios de concreto reforzado usando redes neuronales artificiales. Concr. Cem. Investig. Desarro. En línea. Junio de 2016. Vol. 7, n.º 2. [Consultado el 14 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-30112016000100060
12. MORALES, C. *et al.* Influencia de la rigidez estructural en la respuesta sísmica de edificios de concreto reforzado. Revista de Ingeniería Sísmica. En línea. 2022. N.º 107, p. 25-40. DOI: 10.18867/ris.107.25.
13. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN DE CHILE. NCH 433. Norma Chilena de Diseño Sísmico de Edificios. Santiago de Chile, 2019.
14. MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA. NEC-SE-DS. Norma Ecuatoriana de la Construcción - Diseño Sísmico. Quito, 2015.
15. GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO. Normas técnicas complementarias para diseño por sismo. Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México. Ciudad de México, 2017.
16. FIB (Fédération Internationale du Béton). *Model Code 2010: Final draft*. Lausanne: FIB, 2012.
17. EUROCÓDIGO 8. Diseño de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificios. Comité Europeo de Normalización. Bruselas, 2004.
18. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318-19. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary. Farmington Hills, 2019.
19. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. NTP E.030. Norma Técnica Peruana E.030: Diseño Sismorresistente. Lima, 2018.
20. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. NTP E.060. Norma Técnica Peruana E.060: Concreto Armado. Lima, 2018.

21. ROJAS, P., y TORO, L. Estrategias para la optimización del predimensionamiento estructural en edificaciones de concreto reforzado en zonas sísmicas. *Revista Ingeniería y Construcción*. 2021. Vol. 36, n.º 2, p. 98-115. DOI: 10.4067/S0718-50732021000200008.
22. HERNÁNDEZ, M. Criterios de predimensionamiento estructural aplicados en edificaciones de concreto reforzado con influencia de la cortante basal. *Revista Ingeniería Sísmica y Construcción*. 2022. Vol. 12, n.º 1, p. 45-60. DOI: 10.1590/RISC.1201.45.
23. LÓPEZ, R., y MENDOZA, D. Comparación entre métodos de predimensionamiento estructural considerando acciones sísmicas en edificaciones de concreto armado. *Memorias del Congreso Latinoamericano de Ingeniería Sísmica*. 2023, p. 1-15.
24. WILSON, E. Aplicación del método del portal en el análisis preliminar de estructuras sismorresistentes. *Revista de Ingeniería Civil*. 2020. Vol. 15, n.º 3, p. 80-95. DOI: 10.4067/S0718-50732020000300008.
25. ORTEGA, J., y GUTIÉRREZ, A. Estimación de la cortante basal en edificaciones de concreto reforzado mediante modelos simplificados. *Revista Internacional de Ingeniería Estructural*. 2021. Vol. 5, n.º 1, p. 25-40.
26. GARCÍA, F. Evaluación del comportamiento sísmico de edificios con variaciones en el área de muros estructurales: un enfoque basado en simulaciones numéricas. *Revista de Ingeniería Sismorresistente*. 2023. Vol. 10, n.º 2, p. 50-65. DOI: 10.4067/S0718-50732023000200008.
27. LAGOS, J. Optimización del predimensionamiento de columnas en edificaciones de concreto armado utilizando técnicas de inteligencia artificial. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Ingeniería, 2022.
28. MARTÍNEZ, J., y VÁSQUEZ, C. Impacto de la cortante basal en la estabilidad global de estructuras de concreto armado en zonas de alta sismicidad. *Revista de Ingeniería Sísmica Aplicada*. 2023. Vol. 8, n.º 1, p. 10-22.
29. MORÁN, A. Criterios avanzados de predimensionamiento estructural en el diseño de edificaciones en zonas de alto riesgo sísmico. *Revista Técnica de Ingeniería y Construcción*. 2022. Vol. 17, n.º 2, p. 100-120.
30. ALARCÓN, F. Diseño preliminar de estructuras de concreto armado considerando efectos de la cortante basal. *Memorias del Congreso Internacional de Ingeniería Civil y Construcción*. 2022, p. 35-50.

31. PÉREZ, G., y HERNÁNDEZ, V. Comparación de metodologías de predimensionamiento estructural en edificaciones de concreto reforzado sometidas a cargas sísmicas. *Revista Internacional de Ingeniería Civil*. 2023. Vol. 14, n.º 3, p. 70-85.
32. MENDOZA, L. Desarrollo de una metodología mejorada para el predimensionamiento de columnas de concreto armado en edificios de mediana altura. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México, 2023.
33. GÓMEZ, R., y TORO, M. Efecto de la cortante basal en la precisión del diseño estructural de edificaciones sismorresistentes. *Revista de Ingeniería Estructural Avanzada*. 2022. Vol. 9, n.º 2, p. 45-60.
34. SOTO, A. Uso de herramientas computacionales para la optimización del predimensionamiento estructural en edificaciones de concreto armado. *Memorias del Congreso de Ingeniería y Tecnología Sísmica*. 2021, p. 20-35.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de Consistencia

Título: Influencia de la Cortante Basal en el Predimensionamiento de Elementos Estructurales de Concreto Armado, Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo 2024

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Diseño Metodológico	Técnicas de Recolección de Datos
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Cortante Basal	Kg	Método de Investigación	Aplicación de la fórmulas tradicionales de predimensionamiento
¿Qué influencia tiene la cortante basal en el predimensionamiento de elementos estructurales de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo para el año 2024?	Determinar la influencia de la cortante basal y el predimensionamiento de elementos estructurales de concreto armado en edificaciones del Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo para el año 2024.	Existe una influencia significativa entre la cortante basal y el predimensionamiento de los elementos estructurales de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo para el año 2024.	Variable Dependiente 1 (Peralte predimensionado de la viga.)	Longitud del Peralte Predimensionado de la viga	cm	Nivel de Investigación	Aplicación de la fórmula con cortante basal para el Predimensionamiento
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipotesis Especificas				Correlacional	
• ¿Cuál es el impacto de la cortante basal en el predimensionamiento de vigas de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo 2024?	• Determinar el impacto de la cortante basal en el predimensionamiento de vigas de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo en 2024.	• La cortante basal impacta significativamente en el predimensionamiento de vigas de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán -	Variable Dependiente 2 (Dimensiones predimensionadas de la columna.)	Dimensiones Predimensionadas de la sección transversal de la columna (Lados)	cm	Diseño de Investigación	Análisis de cada caso en ETABS
• ¿Qué efecto tiene la cortante basal en el predimensionamiento de columnas de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo 2024?	• Determinar el efecto de la cortante basal en el predimensionamiento de columnas de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo en 2024.	• La cortante basal tiene un efecto significativo en el predimensionamiento de columnas de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo en 2024.				Materiales y Métodos	Comparacion de Resultados
• ¿De qué manera se afecta la cortante basal al predimensionamiento de muros de corte de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo 2024?	• Determinar de qué manera afecta la cortante basal en el predimensionamiento de muros de corte de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo en 2024.	• La cortante basal afecta significativamente el predimensionamiento de muros de corte de concreto armado en edificaciones en el Distrito de San Jerónimo de Tunán - Huancayo en 2024.	Variable Dependiente 3 (Dimensiones predimensionadas del muro de corte.)	Dimensiones Predimensionadas de la sección transversal del muro (Espesor y Longitud)	cm o m	Técnicas de Análisis	Comparación de datos luego de procesarlos Estadísticamente
						Software ETABS, calculadoras científicas, hojas de cálculo, normativa peruana.	
						Coefficiente de Correlación de Pearson, Coeficiente de Correlación de Spearman, ANOVA, error absoluto, error cuadrático medio, ajuste de precisión.	

ANEXO 2. Cuadro Comparativo Del Predimensionamiento Detallado De Vigas Por Autor Para El Edificio De 4 Pisos

Dimensión	Predimensionamiento Según Blanco Blasco	Predimensionamiento Según Morales Morales	Predimensionamiento según el método propuesto
Vigas del Pórtico en dirección Y:			
Peralte de la viga (H):	Altura mínima: $H = \text{luz} / 12$ $H = 6.95 \text{ m} / 12 = 0.579 \text{ m} = 57.9 \text{ cm}$ Altura máxima: $H = \text{luz} / 10$ $H = 6.95 \text{ m} / 10 = 0.695 \text{ m} = 69.5 \text{ cm}$ H = 60 cm	Utilizando la tabla dada, para la sobrecarga 200kg/cm² el divisor de la longitud mayor debería ser 13 $h = \frac{7m}{13} = 0.54m \cong 55cm$	Cortante Basal $V_b = 197230 \text{ kg}$ Cortante en el Pórtico = $197230/4 = 49307.5$ Altura de piso típico = $3\text{m} = 300\text{cm}$ Numero de columnas = 5 $hv = 6 + \sqrt{\frac{V * h_t}{374(-2 + 3N_c)}}$ $hv = 6 + \sqrt{\frac{49307.5 * 300}{374(-2 + 3 * 5)}} = 61.2 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$
Ancho de la viga (b):	Ancho mínimo: $b = 0.3 * H$ (mínimo 25 cm) Si $H = 57.9 \text{ cm}$, entonces $b = 0.3 * 57.9 \text{ cm} = 17.37 \text{ cm}$, pero como el mínimo es 25 cm, se usará este valor. Ancho máximo: $b = 0.5 * H$ Si $H = 57.9 \text{ cm}$ Entonces $b = 0.5 * 57.9 \text{ cm} = 28.95 \text{ cm}$ B = 30 cm	$b = \frac{L}{20} = \frac{7m}{20} \approx 0.35 \text{ m} \cong 35cm$	$\frac{hv}{3} \leq b \leq \frac{hv}{2} \rightarrow 21.6 \leq b \leq 32.5$ $\rightarrow b = 30cm$
Vigas del Pórtico en dirección X:			
Peralte de la viga (H):	Altura mínima: $H = \text{luz} / 12$ $H = 4.6 \text{ m} / 12 = 0.383 \text{ m} = 38.3 \text{ cm}$. Para la altura máxima: $H = \text{luz} / 10$ $H = 4.6 \text{ m} / 10 = 0.46 \text{ m} = 46 \text{ cm}$. H = 45 cm	Utilizando la tabla dada, para la sobrecarga 200kg/cm² el divisor de la longitud mayor debería ser 13 $h = \frac{4.6 \text{ m}}{13} = 0.35m \cong 35cm$	Cortante Basal $V_b = 197230 \text{ kg}$, se debe dividir entre el Número de pórticos en esa dirección Cortante en el Pórtico = $197230/5 = 39446 \text{ kg}$ Altura de piso típico = $3\text{m} = 300\text{cm}$ Numero de columnas = 4 $hv = 6 + \sqrt{\frac{V h_t}{374(-2 + 3N_c)}}$ $hv = 6 + \sqrt{\frac{39446 * 300}{374(-2 + 3 * 5)}} = 62.25 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$
Ancho de la viga (b):	Ancho mínimo: $b = 0.3 * H$, mínimo 25 cm. $b = 0.3 * 45 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$. Dado que el ancho mínimo es 25 cm, b = 25 cm.	$b = \frac{L}{20} = \frac{4.6 \text{ m}}{20} = 0.25 \text{ m} \approx 25 \text{ cm}$	$\frac{hv}{3} \leq b \leq \frac{hv}{2} \rightarrow 21.6 \leq b \leq 32.5$ $\rightarrow b = 30cm$

ANEXO 3. Cuadro Comparativo Del Predimensionamiento Detallado De Columnas Por Autor Para El Edificio De 4 Pisos

Dimensión	Predimensionamiento Según Blanco Blasco	Predimensionamiento Según Morales Morales	Predimensionamiento según Natividad Sanchez Arevalo	Predimensionamiento según el método propuesto
Columnas del Pórtico en Y				
Columnas esquineras:	Carga de servicio: P_servicio = área_tributaria * peso del edificio * N Pisos P_servicio = 8.95 m² * 1000 kg/m² * 4 = 35800 kg Área de la columna (Ac): $Ac = \frac{P_{servicio}}{(0.35 * f'c)}$ $Ac = \frac{35800 \text{ kg}}{0.35 * 210 \frac{kg}{cm^2}} = 487 \text{ cm}^2$ Se considera el área 1000cm2. Si las columnas fueran cuadradas las dimensiones serían 35 cm x 35 cm	P = 35800 kg n=0.2 (para columnas esquineras) Sustituyendo: $bD = \frac{1.5 * 35800}{0.2 * 210} = 1278.6 \text{ cm}^2$ Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 36cm x 36 cm, redondeando 40cm x 40cm.	V=197,225 kg Distribución de la fuerza cortante (V) se entre las columnas Cada columna debe resistir una fuerza cortante (Vacol): Vacol = V/ Número de columnas $Vacol = \frac{197230}{20} = 9861.5 \text{ kg}$ $\text{Área de columna} = \frac{9861.5}{6} = 1643.6 \text{ cm}^2$ Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 41cm x 41 cm, redondeando 45cm x45cm.	$Ae \geq \frac{2 \cdot V}{-14 + 19 \cdot Nc}$ $Ae \geq \frac{2 \cdot 49307.5}{-14 + 19 \cdot 5} = 1217.5 \text{ cm}^2$ Si la columna fuera cuadrada sus dimensiones serían 35cm x 35cm
Columnas intermedias:	P_servicio = 17.3 m² * 1000 kg/m² * 4 = 69200 kg $Ac = \frac{69200 \text{ kg}}{0.35 * 210 \frac{kg}{cm^2}} = 941.5 \text{ cm}^2$ Se considera el área 1000cm2. Si las columnas fueran cuadradas las dimensiones serían 35 cm x 35 cm	P = 69200 kg Para C1 (con n=0.25): $bD = \frac{69200 * 1.1}{0.25 * 210} = 1449.9 \text{ cm}^2$ Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 38cm x 38 cm, redondeando 40cm x 40cm.		$Ac \geq \frac{V}{-5 + 6 \cdot Nc}$ $Ac \geq \frac{49307.5}{-5 + 6 \cdot 5} = 1972.3 \text{ cm}^2$ Si la columna fuera cuadrada las dimensiones serían 45cm x 45 cm
Columnas Centrales:	P_servicio = 31.3 m² * 1000 kg/m² * 4 = 125200 kg $Ac = \frac{125200 \text{ kg}}{0.25 * 210 \frac{kg}{cm^2}} = 1703.4 \text{ cm}^2$ Si las columnas fueran cuadradas las dimensiones serían 45 cm x 45 cm	P = 125200 kg Para C2 y C3 (con n=0.25): $bD = \frac{125200 * 1.25}{0.25 * 210} = 2384.8 \text{ cm}^2$ Dimensiones si la columna fuera cuadrada: 50 cm x 50 cm.		
Columnas del Pórtico en X				
Columnas esquineras:				$Ae \geq \frac{2 \cdot V}{-14 + 19 \cdot Nc}$ $Ae \geq \frac{2 \cdot 39446}{-14 + 19 \cdot 4} = 1272.3 \text{ cm}^2$ Si la columna fuera cuadrada sus dimensiones serían 40 cm x 40 cm
Columnas intermedias:	P_servicio = 15.9 m² * 1000 kg/m² * 4 = 63600 kg $Ac = \frac{63600 \text{ kg}}{0.35 * 210 \frac{kg}{cm^2}} = 865.3 \text{ cm}^2$ Se considera el área 1000cm2. Si las columnas fueran cuadradas las dimensiones serían 35 cm x 35 cm			$Ac \geq \frac{V}{-5 + 6 \cdot Nc}$ $Ac \geq \frac{39446}{-5 + 6 \cdot 4} = 2076.3 \text{ cm}^2$ Si la columna fuera cuadrada las dimensiones serían 45cm x 45 cm

ANEXO 4. Cuadro Comparativo Del Predimensionamiento Detallado De Muros De Corte En El Sistema Dual Por Autor Para El Edificio De 4 Pisos

Dimensión	Predimensionamiento según Natividad Sanchez Arévalo	Predimensionamiento según el método propuesto
Predimensionamiento en Sistema de Dual		
Longitud de Muro	La fuerza cortante resistente de la placa (Vrp): $V_{rp} = 6 \text{ kg/cm}^2 \cdot A_p$ Fuerza cortante actuante (V): 197230 kg Area del Muro para verificar que $V \leq V_{rp}$. $A_{muro} = \frac{197230}{6} = 32872 \text{ cm}^2$ Dimensiones de la placa si el espesor es 0.15: 15 cm x 2191.5 cm Dimensiones finales: 15 cm x 21.95 m	Longitud Máxima del Muro: $L_m \leq \frac{V}{140}$ $L_m \leq 1610 \text{ cm} \approx 16 \text{ m}$ Espesor por defecto e = 15 cm Mínimo $L_m \geq 450 \text{ cm} \approx 4.5 \text{ m}$
Número de Columnas		$N_c \geq \frac{V}{21500}$ $N_c \geq \frac{225400}{21500} = 10.5 \approx 11$ Se utiliza 11 columnas con el área mínima 1000cm2 como mínimo

ANEXO 5. Modelo y Derivas Obtenidas Para Los Edificios De 6 Pisos

Figura 55: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Blanco Blasco en Sistema de Pórticos Considerando 6 Pisos

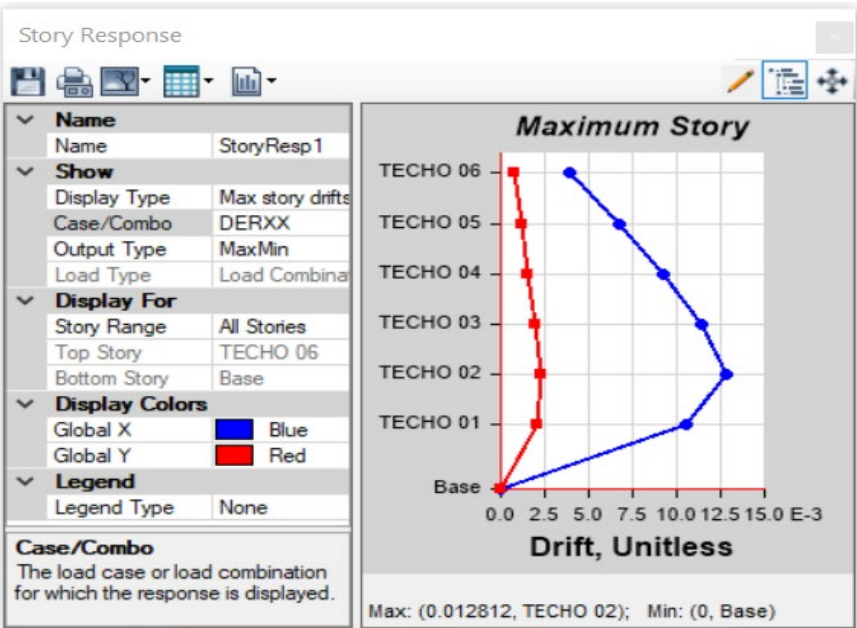


Figura 56: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Blanco Blasco en Sistema de Pórticos Considerando 6 Pisos

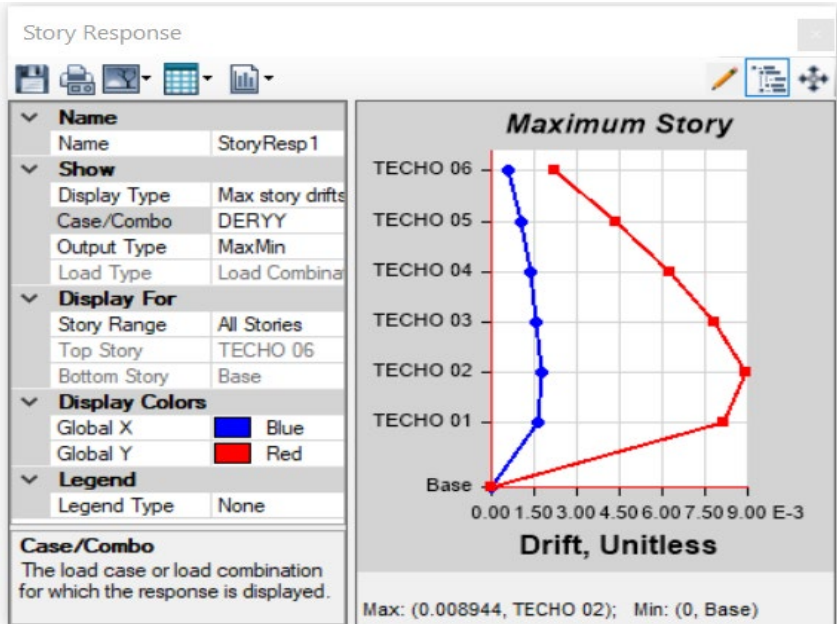


Figura 57: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Morales Morales en Sistema de Pórticos considerando 6 Pisos

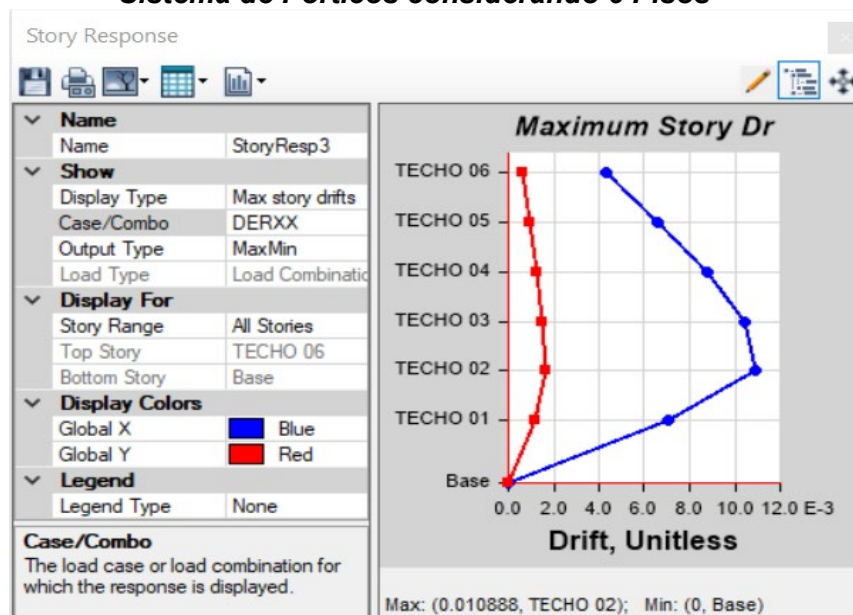


Figura 58: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Morales Morales en Sistema de Pórticos considerando 6 Pisos

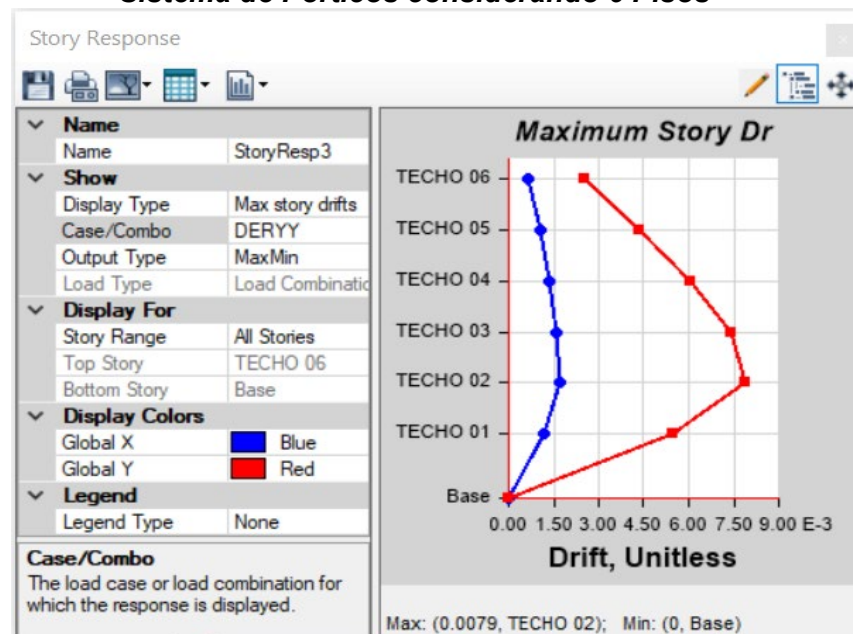


Figura 59: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Sánchez Arévalo en Sistema de Pórticos considerando 6 Pisos

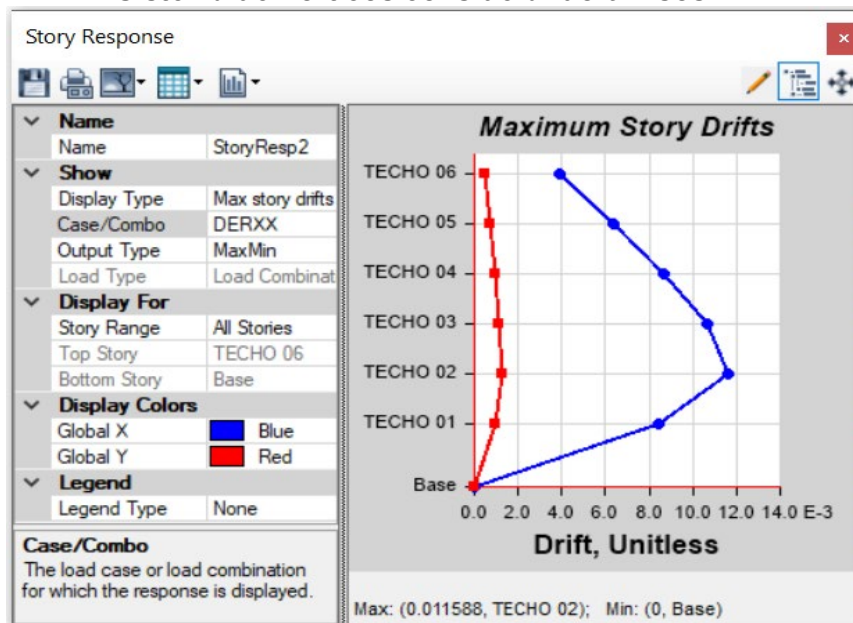


Figura 60: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Sánchez Arévalo en Sistema de Pórticos considerando 6 Pisos

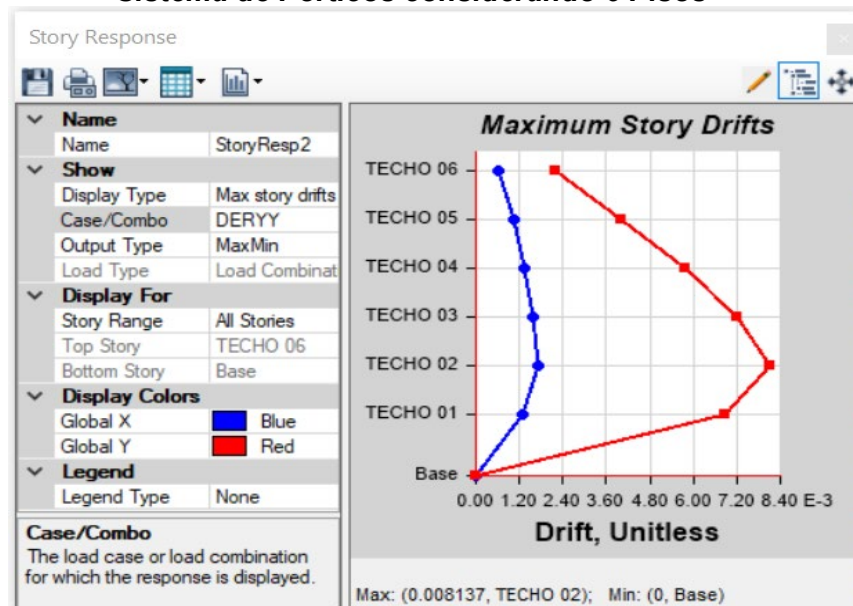


Figura 61: Deriva Máxima en X de la Estructura Según el Método Propuesto en Sistema de Pórticos Considerando 6 Pisos

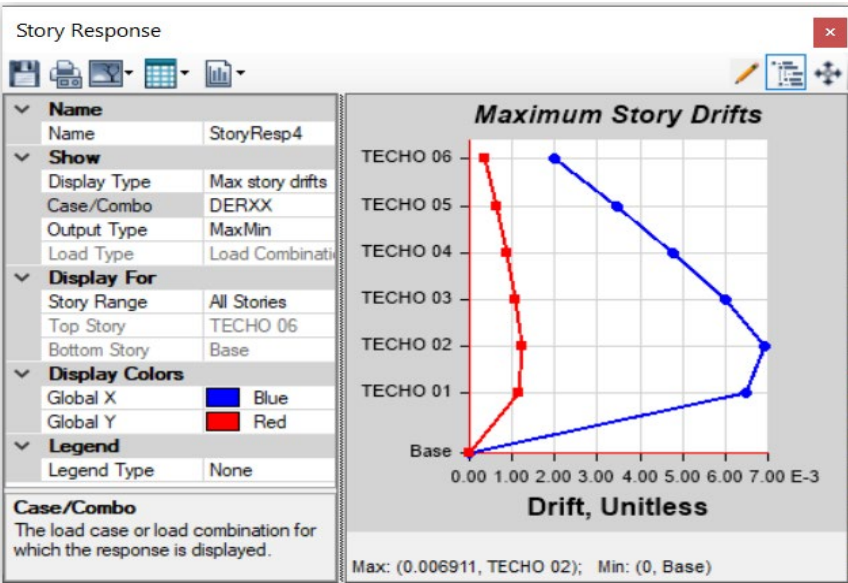


Figura 62: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según el Método Propuesto en Sistema de Pórticos Considerando 6 Pisos

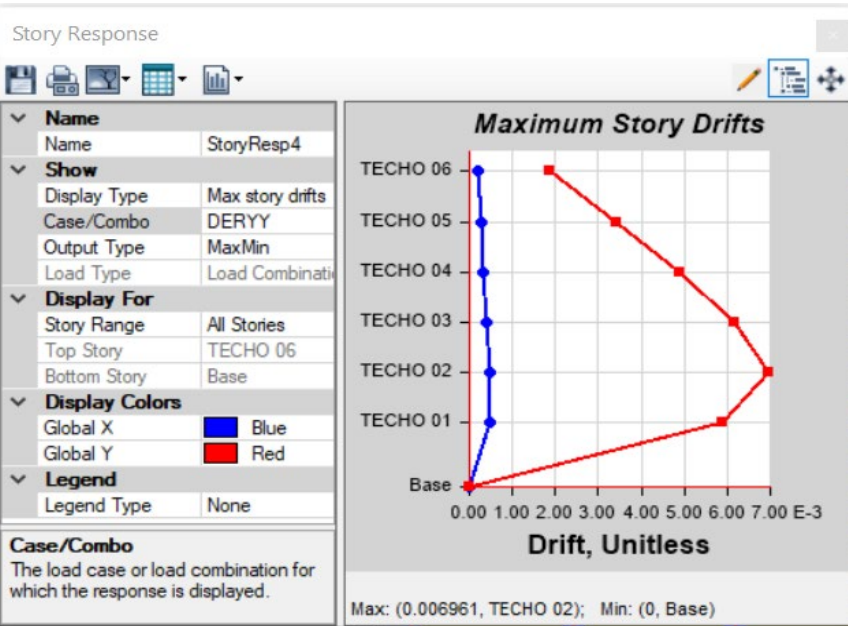


Figura 63: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema Dual Según Sánchez Arévalo Considerando 6 Pisos

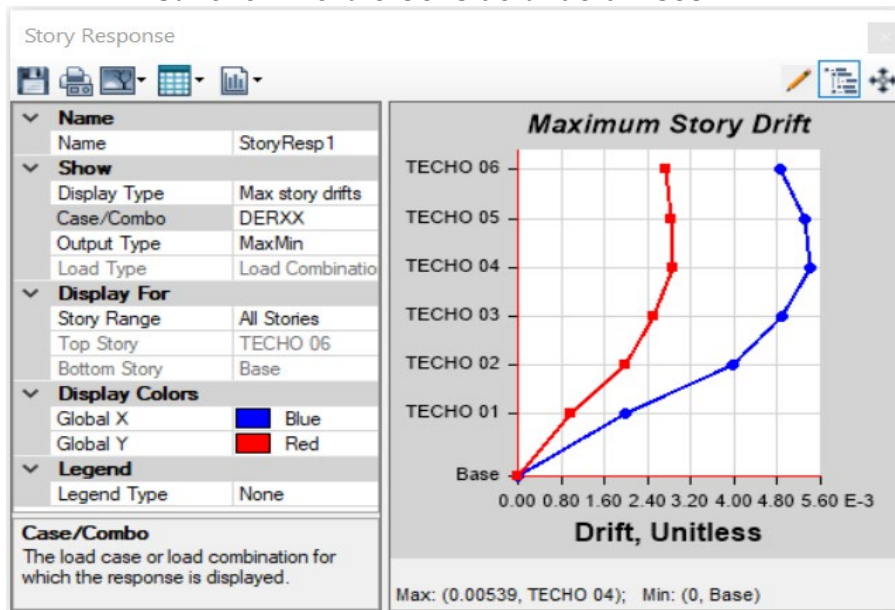


Figura 64: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema Dual Según Sánchez Arévalo Considerando 6 Pisos

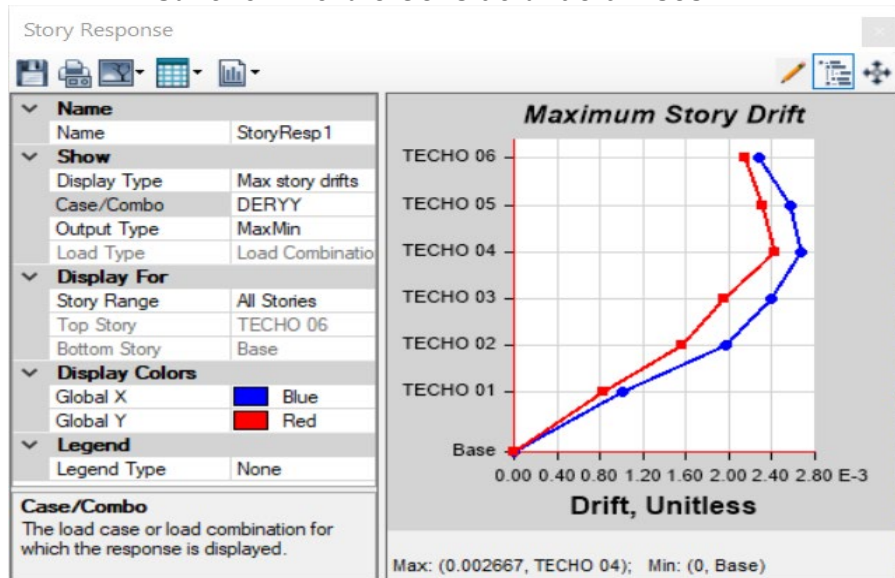


Figura 65: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto Considerando 6 Pisos

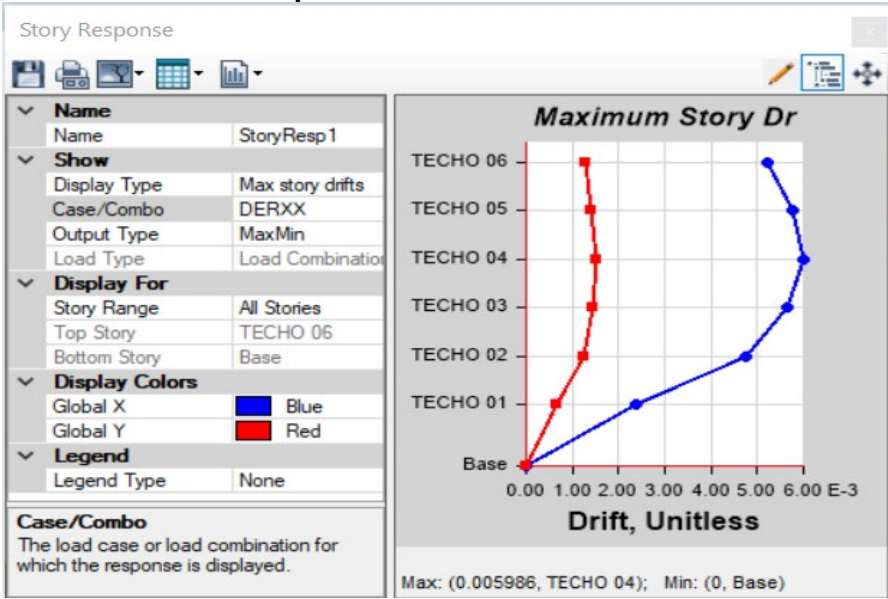


Figura 66: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto Considerando 6 Pisos

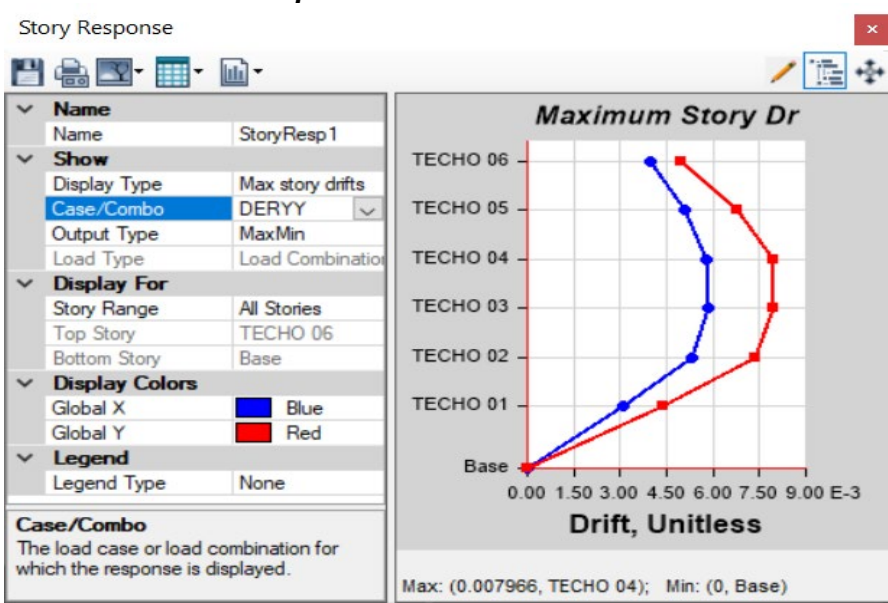


Figura 67: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema De Muros De Corte Según el Método Propuesto Considerando 6 Pisos

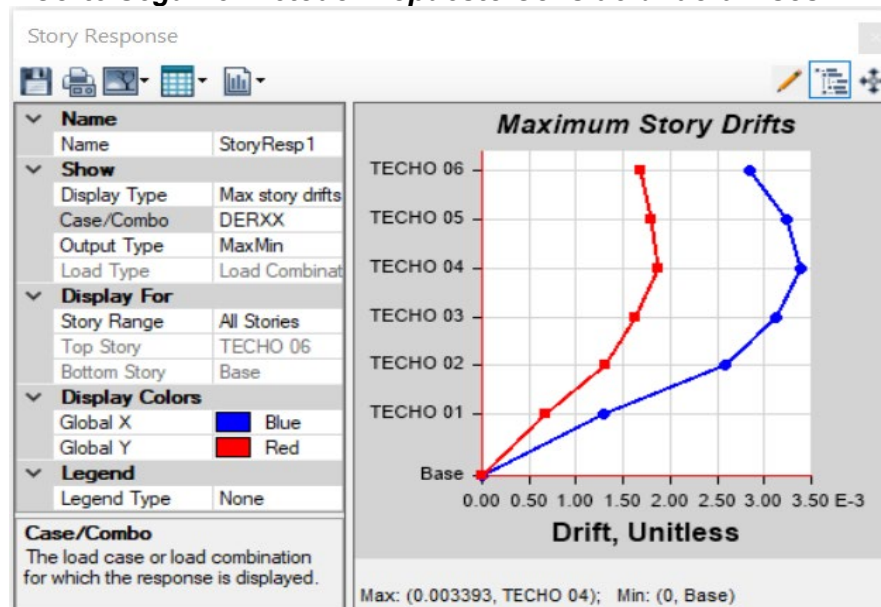
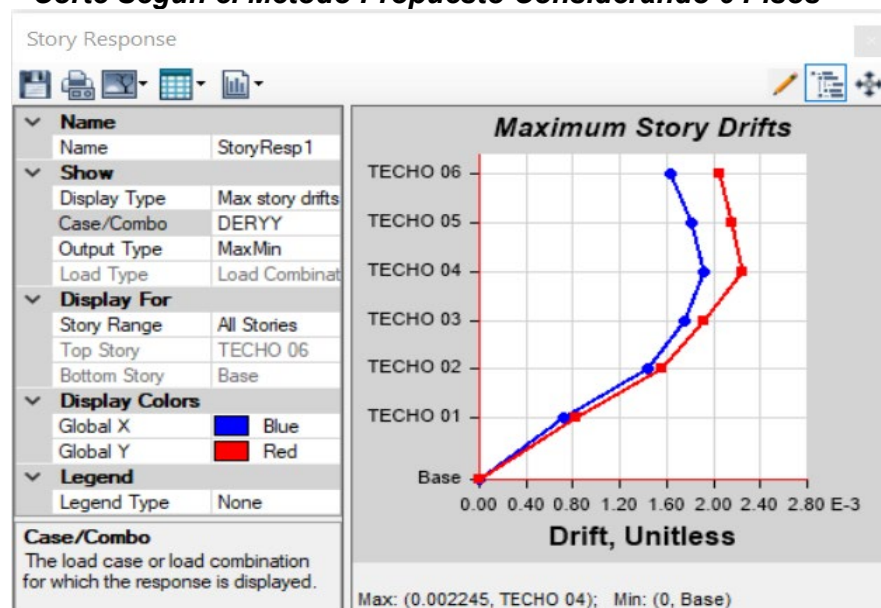


Figura 68: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema De Muros De Corte Según el Método Propuesto Considerando 6 Pisos



ANEXO 6. Modelo y Derivas Obtenidas Para Los Edificios De 8 Pisos

Figura 69: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Blanco Blasco en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos

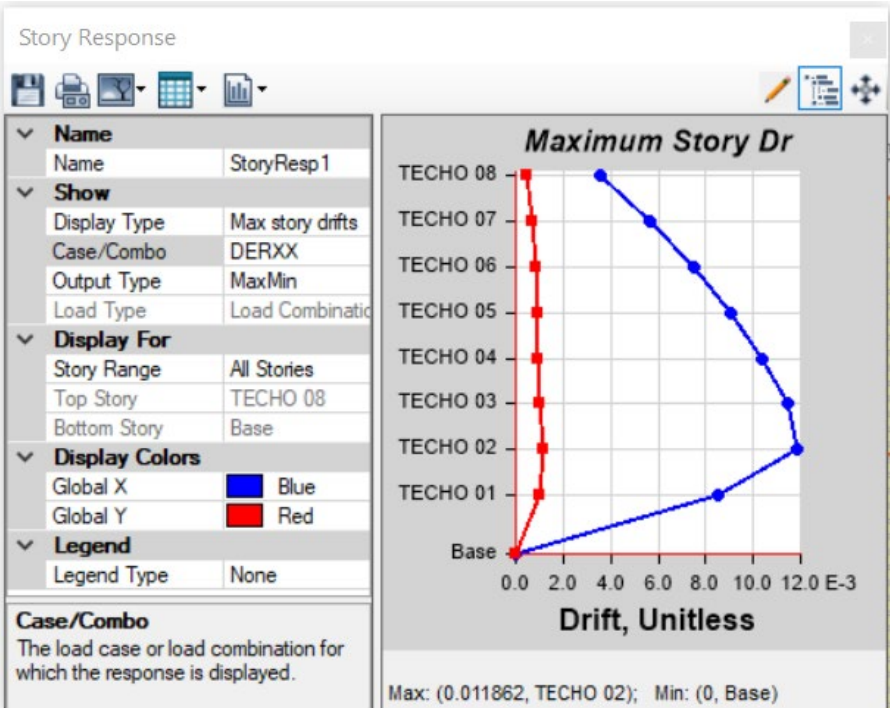


Figura 70: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Blanco Blasco en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos

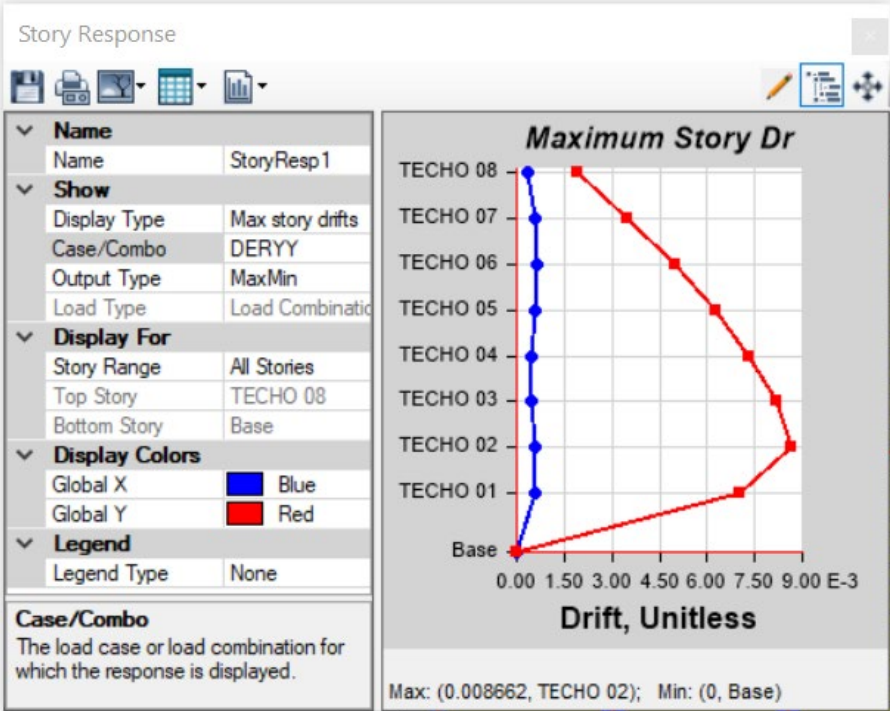


Figura 71: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Morales Morales en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos

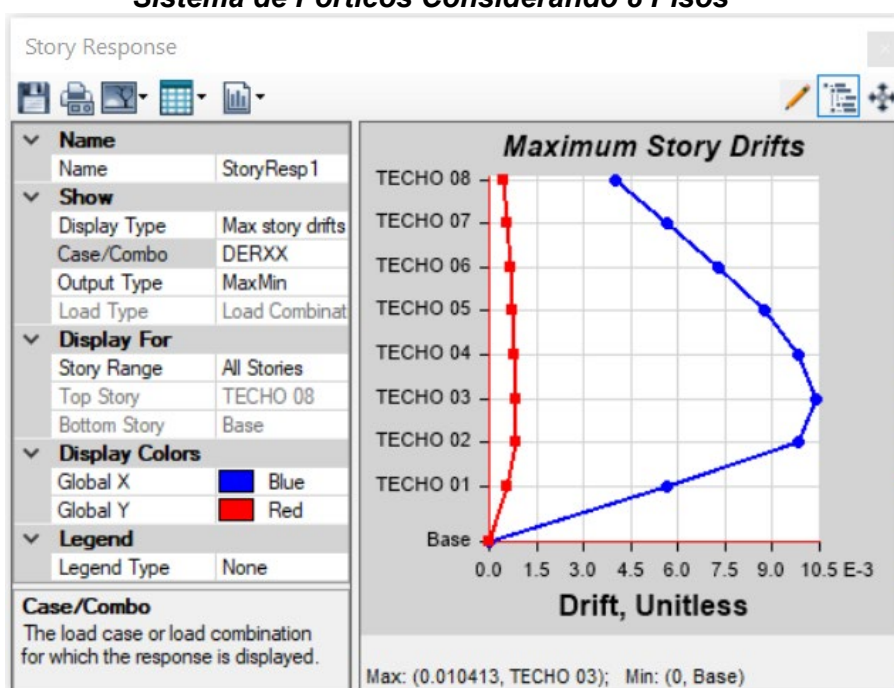


Figura 72: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Morales Morales en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos

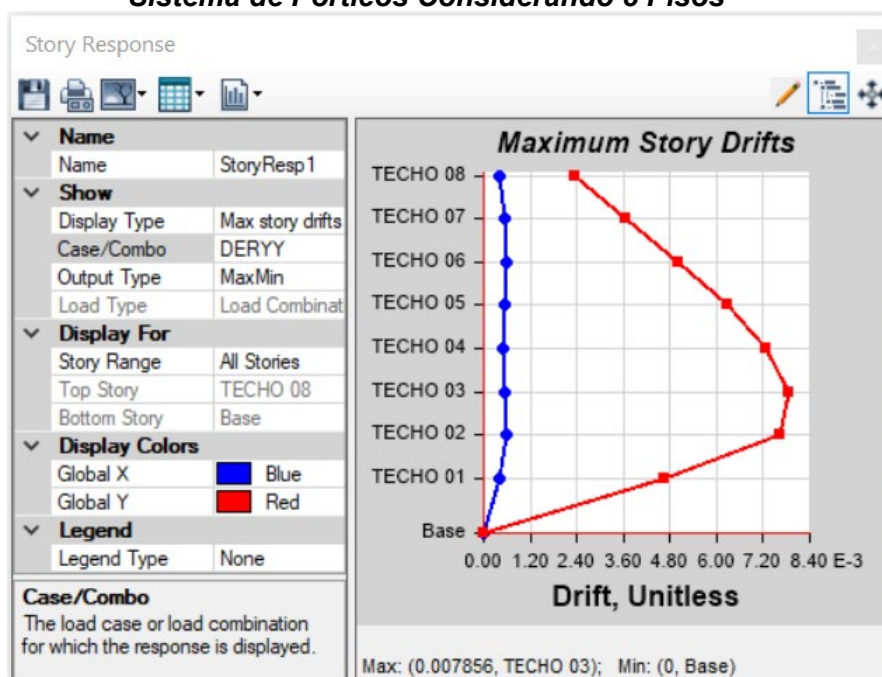


Figura 73: Deriva Máxima en X de la Estructura Según Sánchez Arévalo en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos

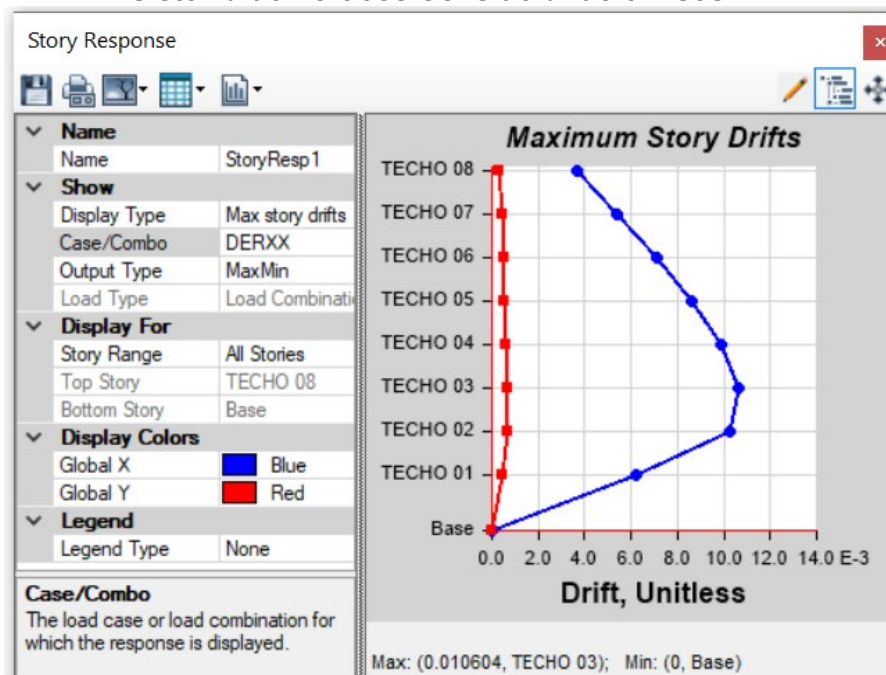


Figura 74: Deriva Máxima en Y de la Estructura Según Sánchez Arévalo en Sistema de Pórticos Considerando 8 Pisos

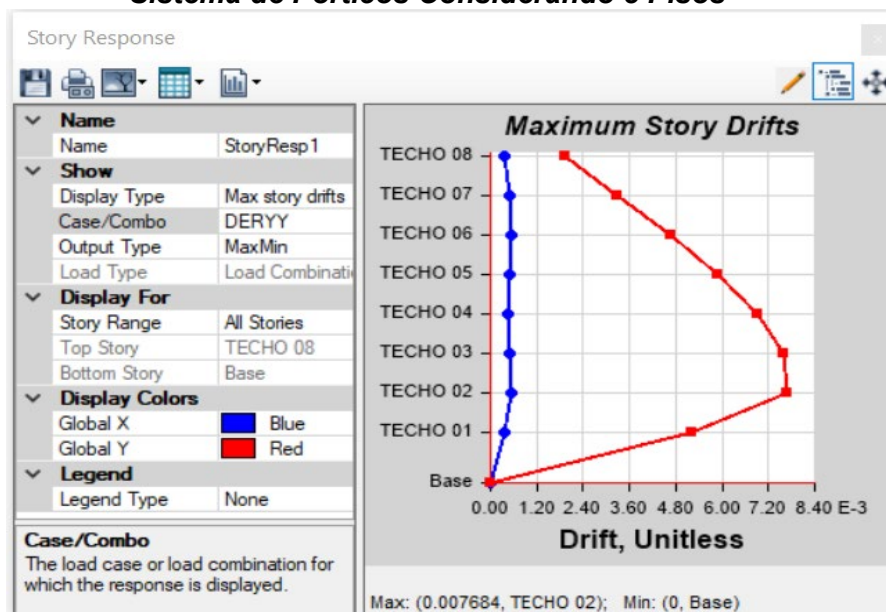


Figura 75: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Pórticos Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos

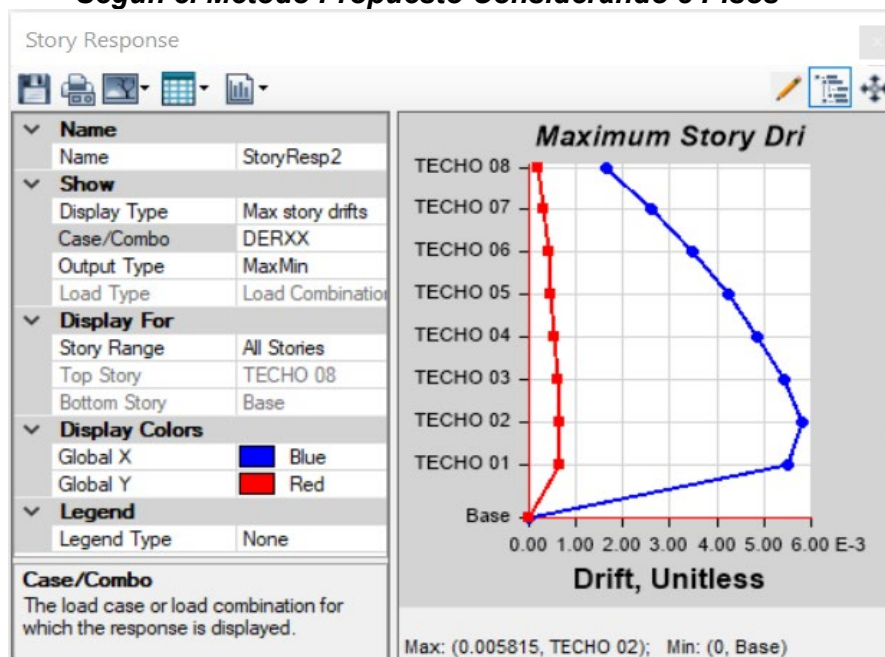


Figura 76: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema de Pórticos Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos

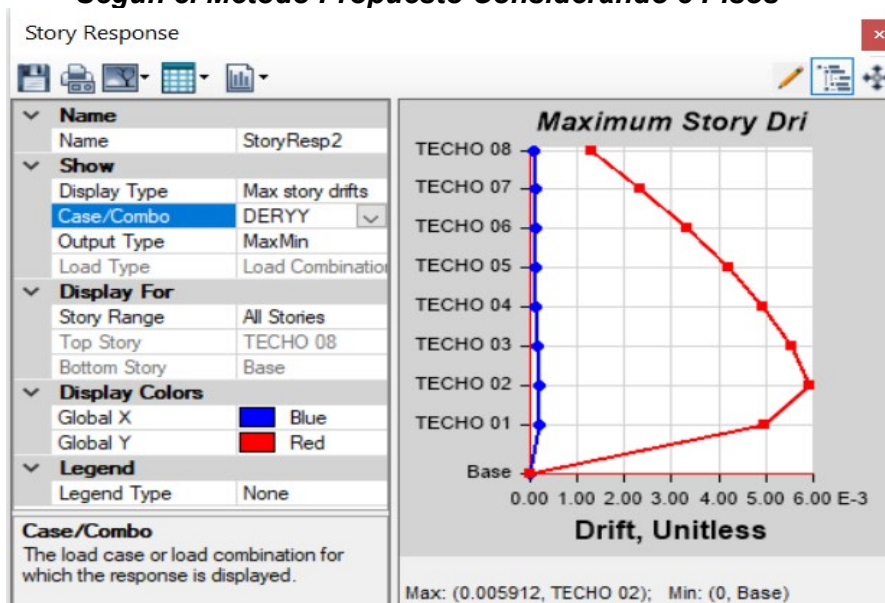


Figura 77: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Dual Según Sánchez Arévalo Considerando 8 Pisos

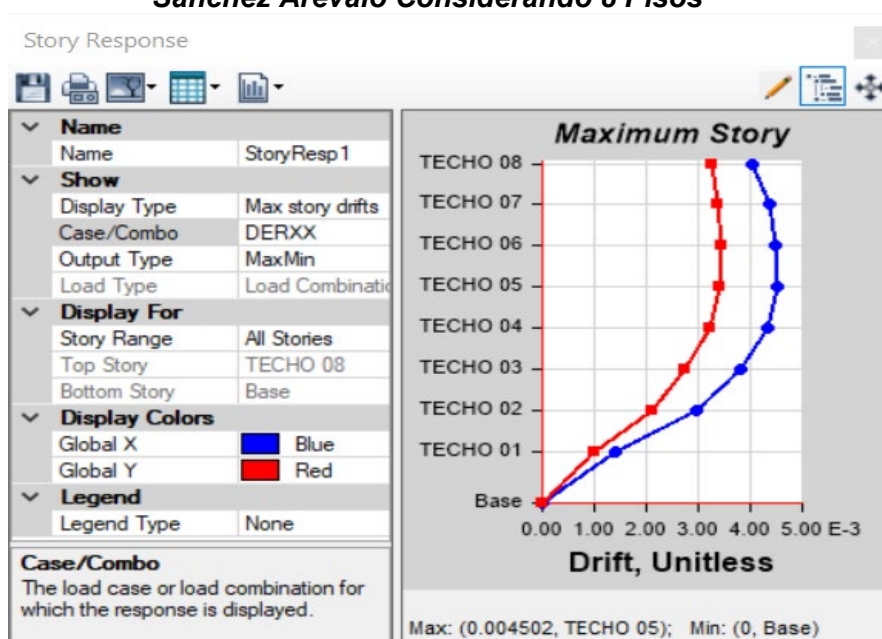


Figura 78: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema de Dual Según Sánchez Arévalo Considerando 8 Pisos

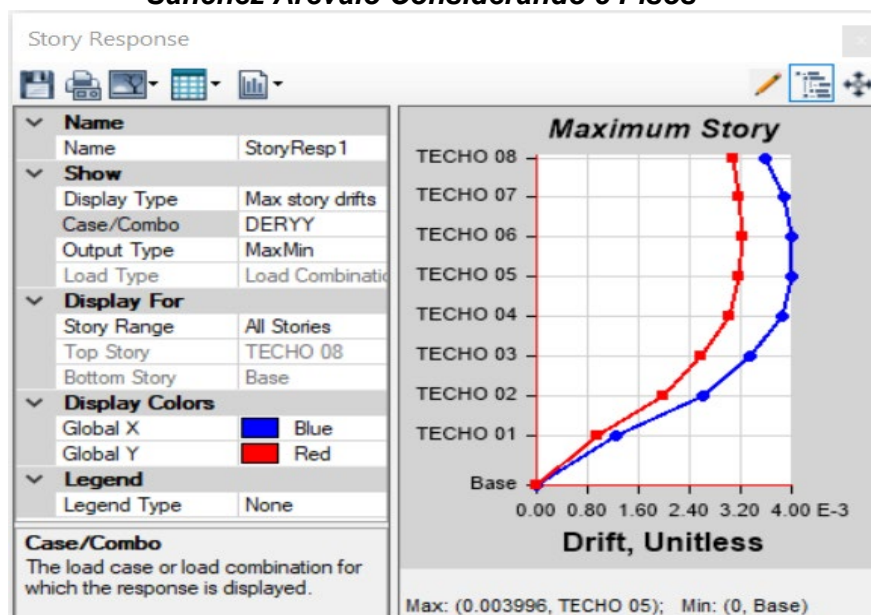


Figura 79: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos

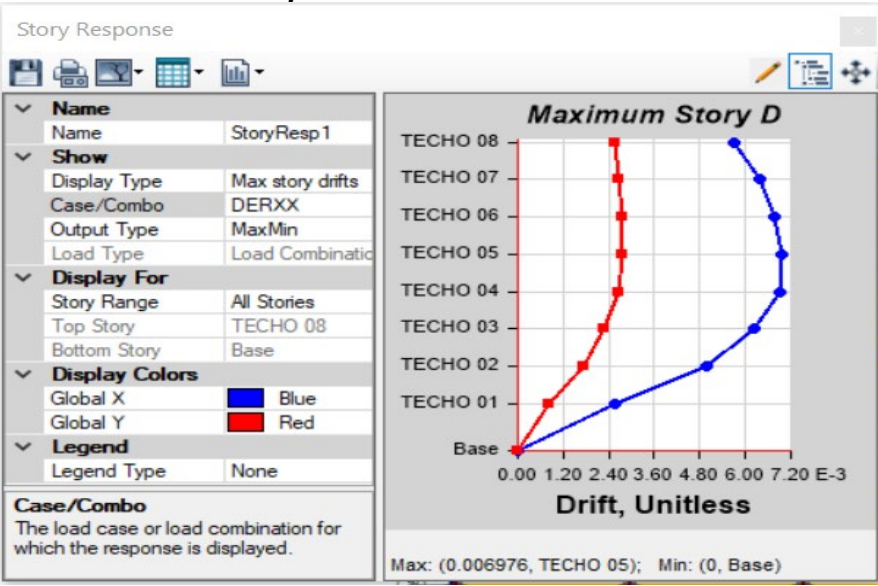


Figura 80: Deriva Máxima en Y de la Estructura en Sistema Dual Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos

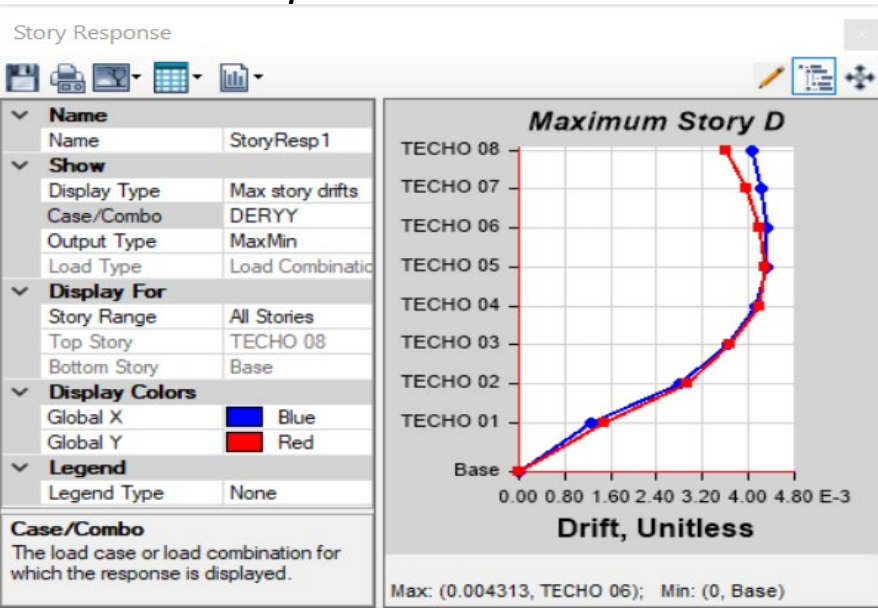


Figura 81: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Muros de Corte Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos

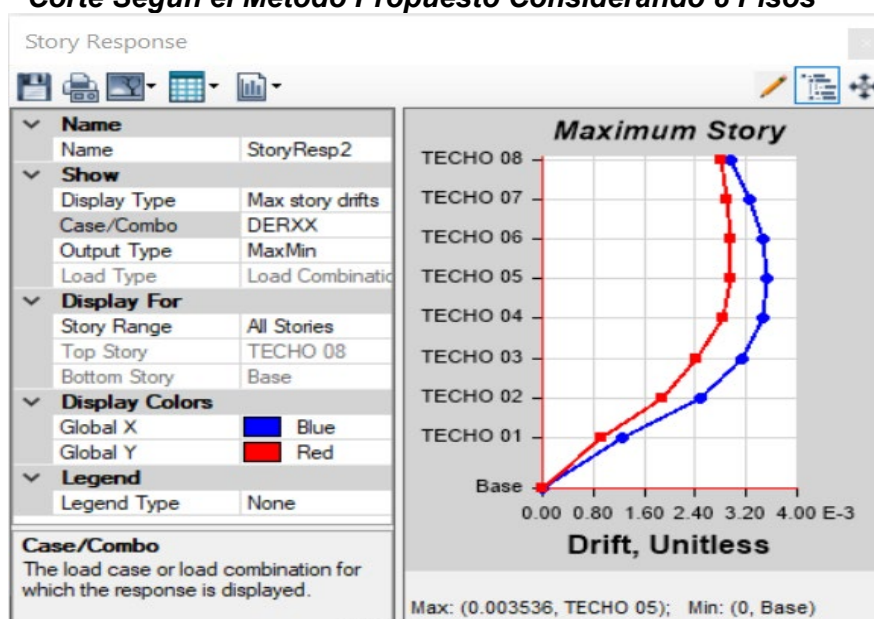
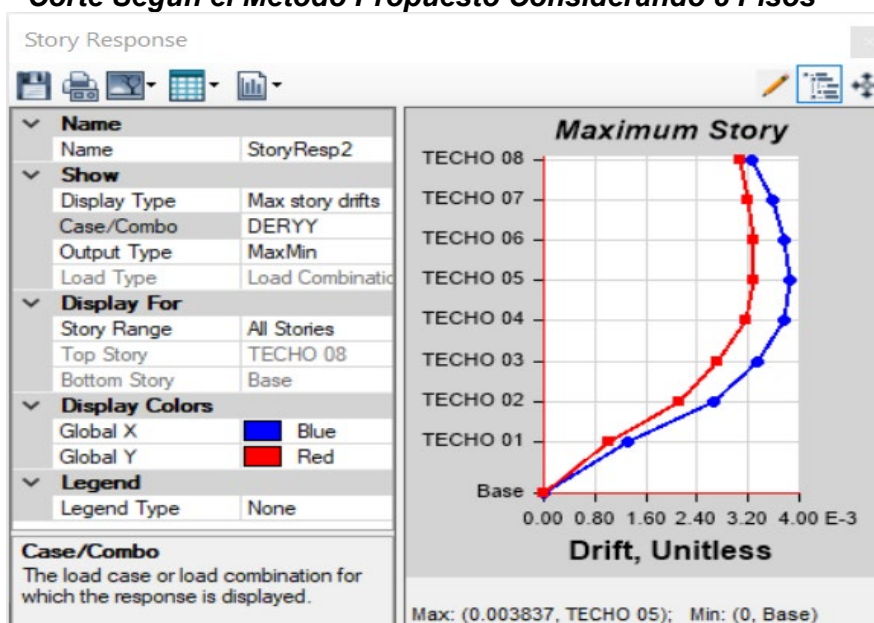


Figura 82: Deriva Máxima en X de la Estructura en Sistema de Muros de Corte Según el Método Propuesto Considerando 8 Pisos



ANEXO 7. Diagramas para simplificar el cálculo derivados a partir del método propuesto para la zona y suelo del caso de estudio

Figura 83: Diagrama para el Cálculo Simplificado del Peralte de Viga

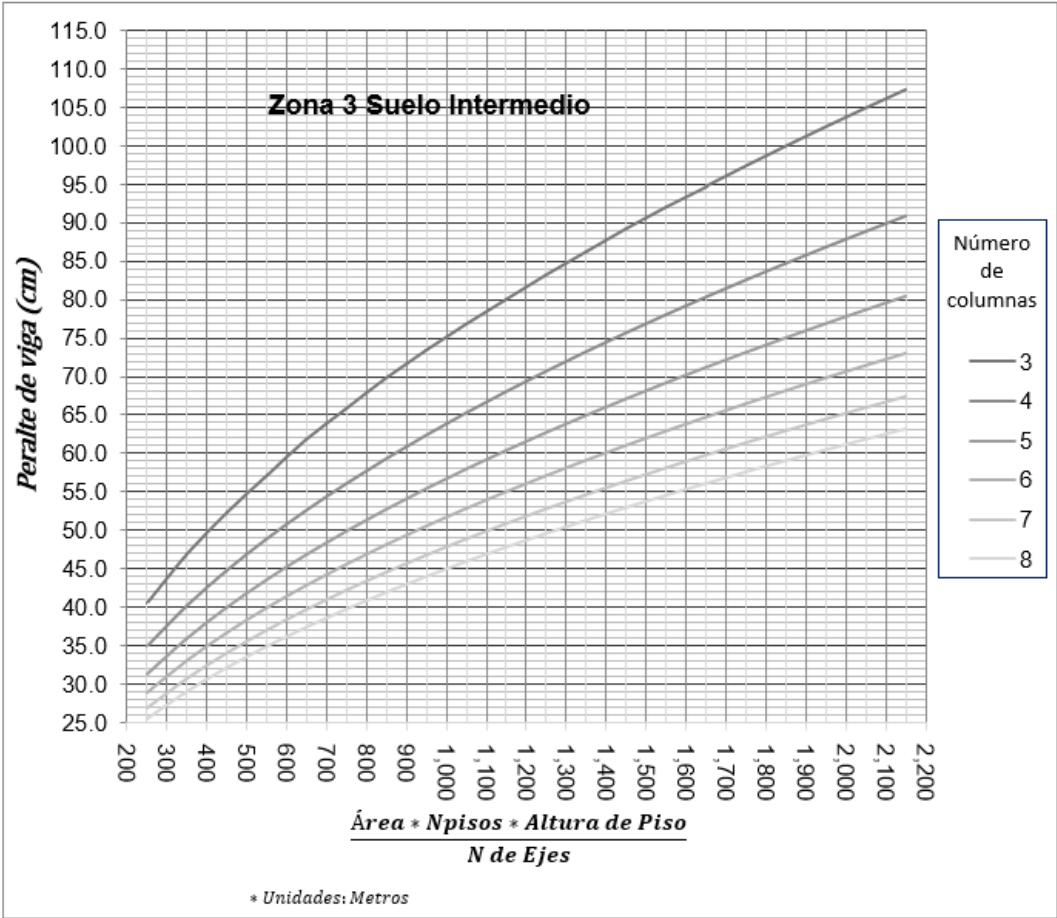


Figura 84: Diagrama para el Cálculo Simplificado del área de una columna esquinera

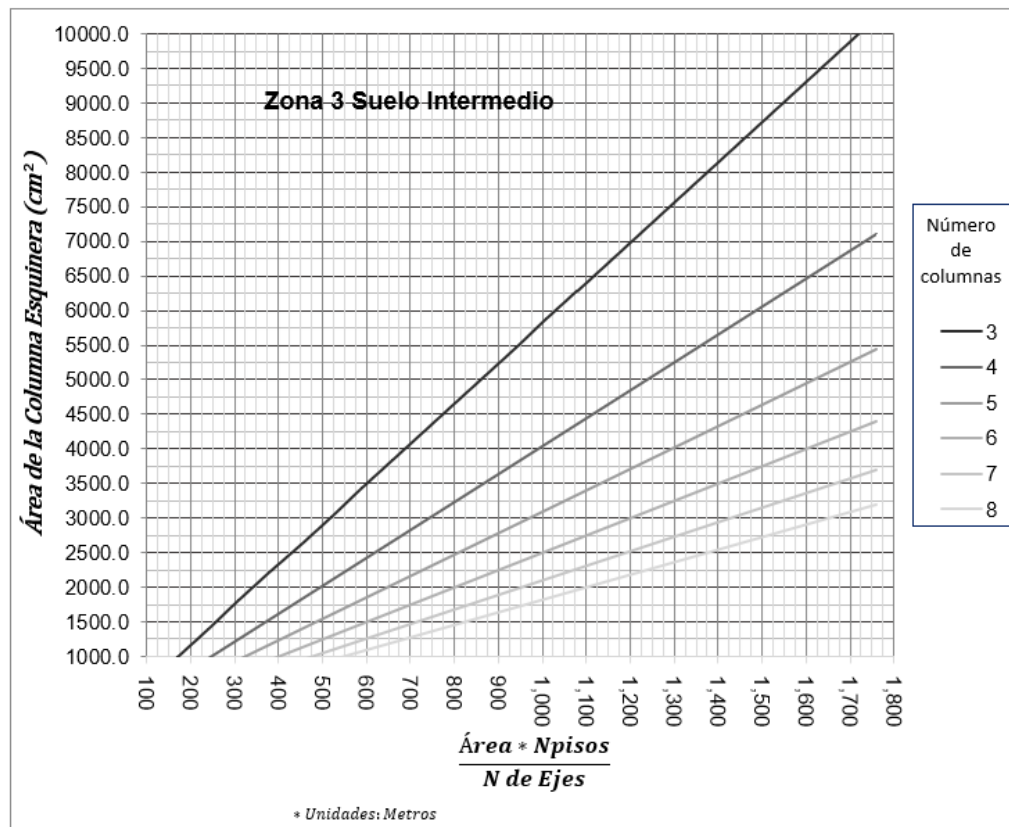


Figura 85: Diagrama para el Cálculo Simplificado del área de una Columna Intermedia

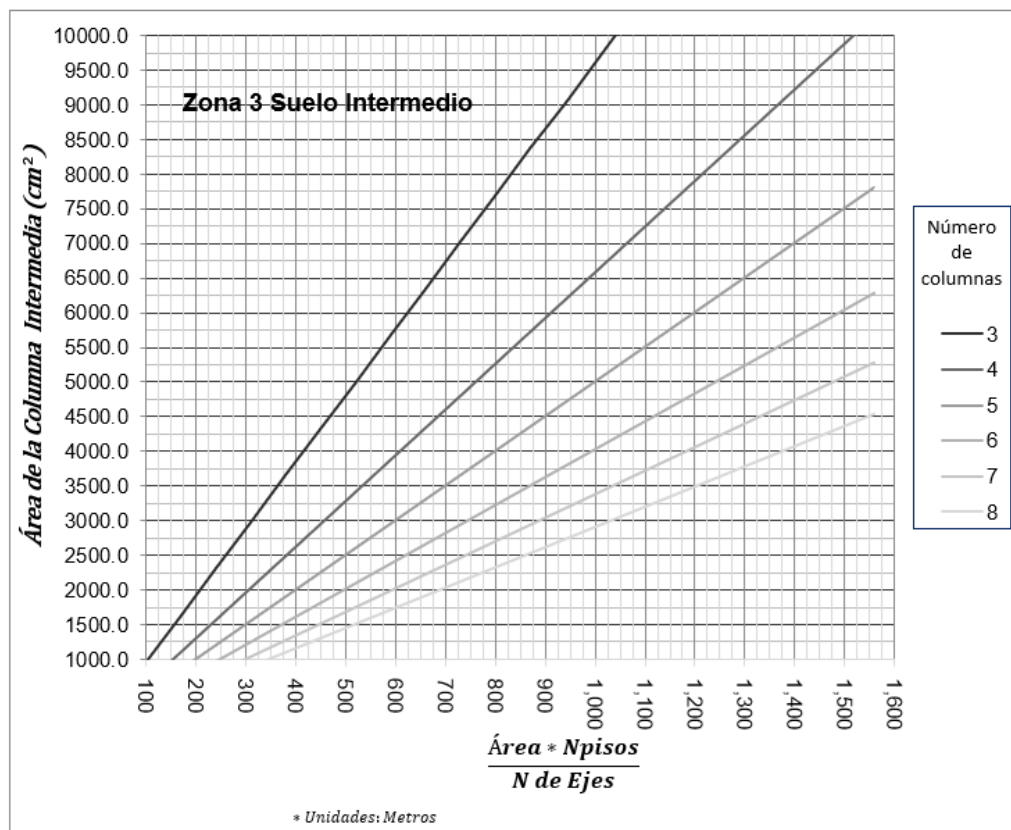


Figura 86: Diagrama para el Cálculo Simplificado de la Longitud Total de Muros de Corte

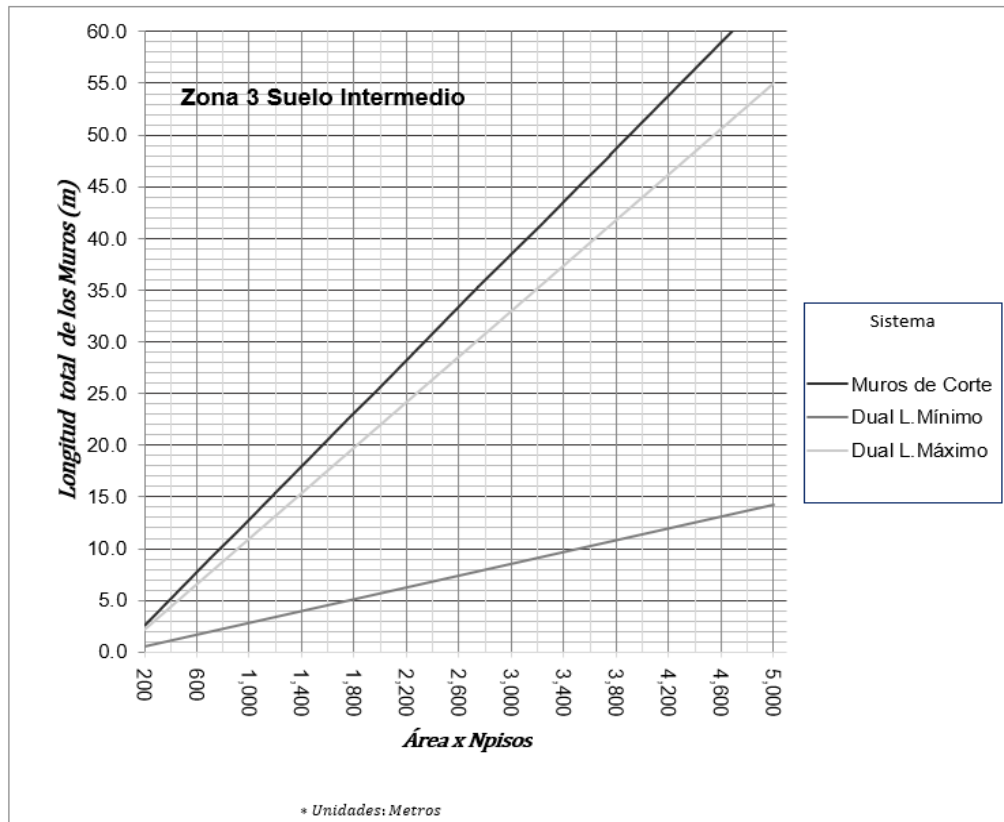
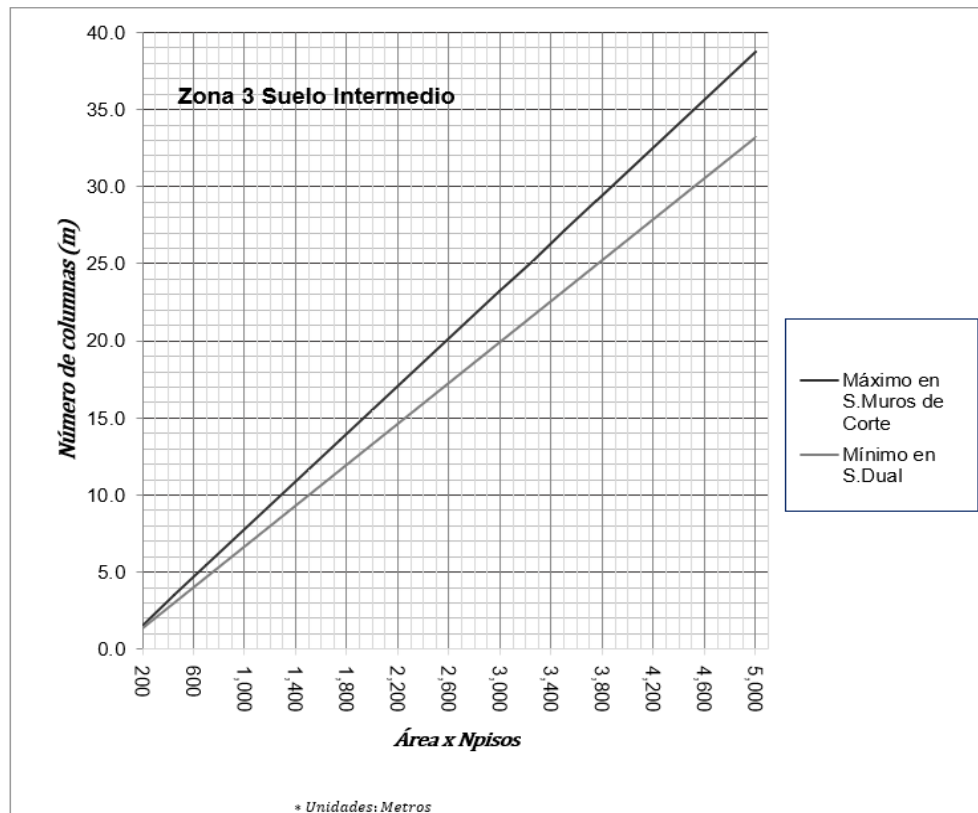


Figura 87: Diagrama para el Cálculo Simplificado del Número de Columnas Total



ANEXO 8. Estudio de Suelos



GEOLUMAS SAC
MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

INDICE

1. GENERALIDADES
 - 1.1. Objetivo
 - 1.2. Normatividad
 - 1.3. Ubicación
2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO
 - 2.1.- Geologia
 - 2.1.1. Geologia Regional
 - 2.1.2. Geologia Local
 - 2.2.- Sismicidad
- 3.0. INVESTIGACION GEOTECNICA EFECTUADA
 - 3.1. Exploraciones
 - 3.2. Muestreo
 - 3.3. Registro De Exploraciones
- 4.0. ENSAYOS DE LABORATORIO
 - 4.1. Ensayos Estandar
 - 4.2. Ensayos Especiales
 - 4.3. Clasificación De Suelos
- 5.0. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO
- 6.0. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN
- 7.0. CAPACIDAD PORTANTE
 - 7.1. Capacidad De Carga
 - 7.1. Diseño Por Seguridad Global
 - 7.1. Parametros De Obras De Sostenimiento.
- 8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

 **GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ing. Ciro Edwin Peña Dueñas
Asesor Técnico - RPM 99818
Especialista en Mecánica de Suelos,
Concreto, Geotecnia y Geología

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995.

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



GEOLUMAS SAC
MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

INFORME TECNICO
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON
FINES DE CIMENTACION

SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE
HUANCAYO - JUNIN"

 **GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO - CIP 144118
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECHNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995.

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

SAN JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN

1. GENERALIDADES

1.1. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio de mecánica de suelos, es establecer las características geotécnicas del suelo donde se cimentará la edificación proyectada.

Para tal efecto, se ha efectuado una investigación geotécnica que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos predominantes, sus propiedades de resistencia y estimación de asentamientos, del mismo modo se analizó la agresividad del suelo al concreto de la cimentación.

1.2. NORMATIVIDAD

El Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Cimentación se ha efectuado en concordancia con la Norma Técnica E-050 "Suelos y Cimentaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.3. UBICACIÓN

LUGAR	: I.E.I. N° 30244 JUANA GUERRA CHAVEZ
DISTRITO	: SAN JERONIMO DE TUNAN
PROVINCIA	: HUANCAYO
DEPARTAMENTO	: JUNIN

 **GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO - CP 15316
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

2.1 GEOLOGIA

2.1.1 GEOLOGIA REGIONAL

Aspectos geomorfológicos

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio y alrededores han sido modelados por eventos de geodinámica interna y externa. Las unidades geomorfológicas existentes son clasificadas como Valles - Quebradas y Estribaciones de la Cordillera Occidental.

Aspectos Litoestratigráficos.

La secuencia litoestratigráfica, está dada por la ocurrencia de afloramientos y depósitos no consolidados con edades que se inician en el Cretáceo Inferior, hasta la actualidad.

Morfogénesis y Procesos Geodinámicos

La configuración del relieve en la región está subordinada a procesos morfogenéticos que han ocurrido en el pasado geológico.

2.1.2 Geología Local

Aspectos Geomorfológicos

El área de estudio se encuentra en el cauce de quebradas antiguas

Aspectos Litoestratigráficos

El área en estudio está asociada a depósitos aluviales de quebradas

2.2 SISMICIDAD

En general, la zona de estudio se halla en una región de mediana actividad sísmica, donde se puede esperar la ocurrencia de sismos de intensidad media durante la vida útil de la edificación proyectada.

La actividad sísmica del área se relaciona con la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana, subducción que se realiza con un desplazamiento del orden de diez centímetros por año, ocasionando fricciones de la corteza, con la consiguiente liberación de energía mediante sismos, los cuales son en general tanto más violentos cuando menos profundos son en su origen.

 **GEOLUMAS SAC**
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO, DISEÑADOR
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



Como los sismos de la región se originan en las fricciones corticales debidas a la subducción de la placa oceánica bajo la continental, resulta que a igualdad de condiciones los sismos resultan más intensos en las regiones costeras, decreciendo generalmente hacia la sierra y selva, donde la subducción y fricción cortical es paulatinamente más profunda. Las zonas alejadas del oriente amazónico, sufren de pocos eventos sísmicos precisamente por la gran profundidad en que se produce la subducción bajo esta región, en comparación a lo que ocurre bajo la costa

Según los mapas de zonificación sísmica y mapa de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las Normas Sismo-Resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el proyecto se encuentra comprendido en la Zona 3.

En la Figura N°3, se presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú realizado por Alva et al (1984), el cual se basó en Mapas de Isosistas de Sismos Peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos recientes. En la Figura N°4, se presenta el Mapa de Zonificación Sísmica considerando por la norma Técnica E-030 "Discho Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Construcciones.

Los parámetros sísmicos a usarse son:

ZONA 3

PARAMETRO	VALOR
Factor de zona (Z)	0.35
Factor de ampliación de ondas sísmicas (S)	1.15
Período de vibración predominante (Tp)	0.6 seg.

PERFILES DE SUELO
PERFIL TIPO S ₂

FACTOR DE SUELO "S"	S ₂
Z ₃	1.15

PERIODOS "Tp" y "Tl"	S ₂
"Tp" (S)	0.6
"Tl" (S)	2.0

 **GEOLUMAS SAC**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
[Firma]
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ACREDITADO EN 1998
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995.

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



Ver Mapas adjuntos.

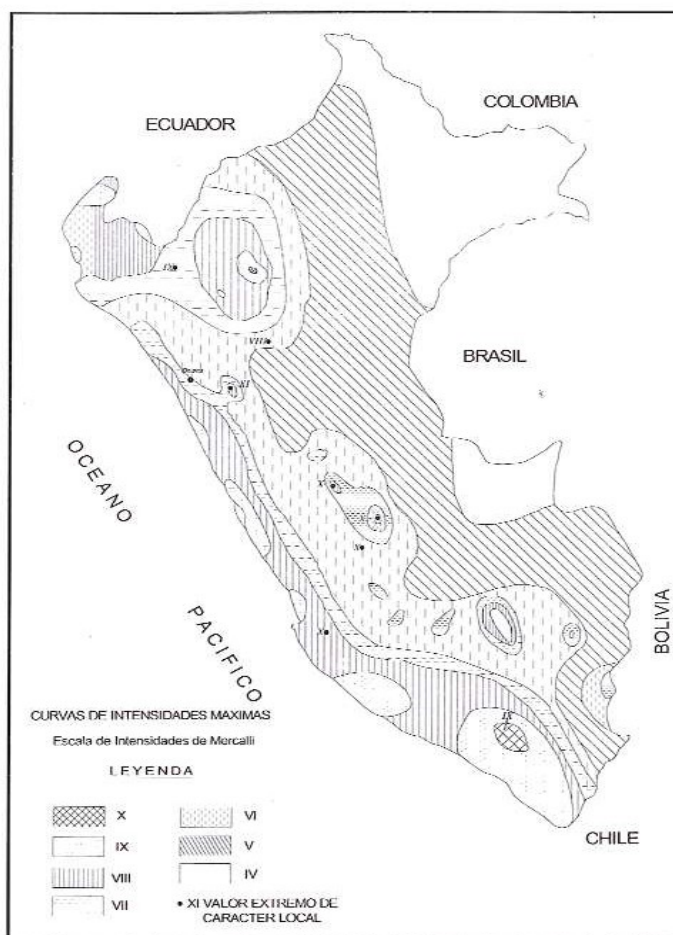


Figura N°3: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas (Alva et., al, 1984)



GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO DE 195116
ESPECIALISTA DE INGENIERIA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995.

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



Mapa de Zonificación Sísmica del Perú



Figura N°1: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, Según el Reglamento Nacional de Edificaciones o Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente. (2016).

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
[Firma]
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ABOGADO TECNICO - CIP 145418
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGICA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



3.- INVESTIGACION GEOTECNICA EFECTUADA

3.1. EXPLORACIONES

La exploración del subsuelo se realizó mediante 03 excavaciones a cielo abierto ó calicata, ubicadas estratégicamente de tal manera de cubrir todo el terreno en estudio. La profundidad máxima explorada fue de 3.00 m.

- C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
- C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
- C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

3.2. MUESTREO DISTURBADO

Se extrajeron muestras disturbadas representativas de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos estándar, especiales y análisis químicos.

3.3. REGISTRO DE EXPLORACIONES

Paralelamente al muestreo se efectuó el registro de cada una de las exploraciones, anotándose las características de los suelos tales como espesor, color, humedad, compacidad, etc.

Cada una de las calicatas exploradas, presentan un Registro de Excavación. Se presenta el resumen de los materiales encontrados en las calicatas exploradas.

Se indica las profundidades y se describen los materiales predominantes en cada una de las exploraciones. Sin embargo se puede concluir que los suelos son del tipo:

C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

- De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron oscuro.

**GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ABONADO TECNICO - CIP 148118
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNICA Y GEOLOGIA



C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

- De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron claro.

C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

- De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron oscuro.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos se efectuaron en el Laboratorio N° 01 de Mecánica de Suelos de la Empresa GEOLUMAS SAC, siguiendo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y fueron los siguientes:

4.1. ENSAYOS ESTANDAR

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límite Líquido ASTM D-4318
- Límite Plástico ASTM D-4318

4.2. ENSAYOS ESPECIALES

- Corte Directo ASTM D-3080
- Humedad ASTM D-2216

4.3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Los suelos representativos ensayados se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). En el cuadro siguiente se presenta la clasificación de los materiales:

 **GEOLUMAS SAC**
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Dr. Edwin Peña Dueñas
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
Asesor Técnico ISO 15418
EDIFICIA EN LA CARRETERA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA



POZO	C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
PROF.(m)	3.00	3.00	3.00
Retiene N°4	5.10	4.50	4.30
Pasa malla N°200	90.70	91.60	92.10
Límite Líquido (%)	19.72	19.62	17.68
Índice Plástico (%)	5.94	6.69	6.67
Densidad máx-mín (kg/cm³)	1.33	1.37	1.35
CLASIFICACIÓN SUCS	CL-ML	CL-ML	CL-ML

CUADRO N°1: CLASIFICACIÓN DE SUELOS

5. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

La estratigrafía se definió mediante la interpretación de los registros estratigráficos de las exploraciones efectuadas, las cuales se muestran en el "Perfil Estratigráfico" estableciéndose la siguiente conformación del subsuelo:

POZO	CLASIFICACION	CARACTERISTICAS
C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	CL-ML	•De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron oscuro.
C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	CL-ML	•De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron claro.
C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	CL-ML	•De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron oscuro.

6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y la estratigrafía del subsuelo, se evaluó la capacidad portante, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

El material presente en la zona activa de cimentación, está conformado por : arcillas limosas de media plasticidad.

se efectuó tres ensayos de corte directo en laboratorio, obteniéndose los siguientes parámetros

**GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
Asesor Técnico - CIP 16510
Especialista en Mecánica de Suelos,
Concreto, Geotecnia y Geología

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



de resistencia:

	C-1	C-2	C-3
Angulo de fricción interna, ϕ	19.70°	20.50°	20.00°
Cohesión, C (kg/cm ²)	0.10	0.05	0.08

7. CAPACIDAD PORTANTE

7.1 CAPACIDAD DE CARGA

El ingeniero estructural verificará las cargas transmitidas al terreno por unidad de área. En el presente, se ha realizado el análisis estático de la capacidad de carga, en la cual se ha determinado características geométricas asumidas.

Si bien es cierto, la expresión que determina la capacidad admisible, estará afectada por un factor de seguridad de acuerdo a las recomendaciones de diseño empleados en el país (léase como $q_{adm} = q_{ult} / FS$), en el cálculo se han empleado factores de seguridad que responden a cada uno de los parámetros que participan en el desarrollo de los cálculos.

Si luego se desea efectuar el análisis dinámico, se recomienda emplear la metodología por Estado Límite, en el cual los parámetros de resistencia son minorados y las cargas actuantes mayoradas.

7.2 DISEÑO POR SEGURIDAD GLOBAL

Los diseños por este método se basan en las recomendaciones de Terzaghi y los aportes de Vesic, que integran, además de los factores de carga, los factores de influencia para la forma. El método determina una capacidad última del terreno y luego halla la capacidad admisible dividiéndola entre un factor de seguridad igual a 3, como promedio.

Generalmente las teorías desarrolladas tienen su base en hipótesis simplificadas del

**GEOLUMAS SAC**
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ABOGADO Y ABOGADO EN LA ESPECIALIDAD DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995.

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



comportamiento de los suelos. El problema de capacidad portante se reduce a los casos, de presencia de suelos friccionantes. Terzaghi, propone un mecanismo de falla para un cimiento poco profundo que posteriormente Vesic (1973), proporciona algunas ideas sobre la capacidad portante, considerando un factor adicional, ocasionado por los efectos de la forma de la cimentación, tal como se muestra.

$$q_{ult} = CN_c S_c + \gamma_1 D_f N_q W_q S_q + 0.5 \gamma_2 B N_\gamma W_\gamma S_\gamma$$

Donde:

q_{ult}	=	Capacidad última de carga
γ	=	Peso Volumétrico.
B	=	Ancho o diámetro de la cimentación
D_f	=	Profundidad de cimentación
N_c, N_q, N_γ	=	Factores de carga
S_c, S_q, S_γ	=	Factores de forma
W_q, W_γ	=	Factores por nivel freático

Los factores de forma son parámetros adimensionales que dependen principalmente del ángulo de resistencia al esfuerzo cortante $\rightarrow$ del suelo y de la geometría de la cimentación.

Para la evaluación de la capacidad portante tenemos los datos brindados por el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Empresa GEOLUMAS SAC:

Ver : CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE.

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentra comprendido entre :





	CAPACIDAD PORTANTE
C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	0.90 kg/cm ² a 0.80 mts de profun 1.53 kg/cm ² a 3.00 mts de profun
C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	0.71 kg/cm ² a 0.80 mts de profun 1.41 kg/cm ² a 3.00 mts de profun
C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	0.83 kg/cm ² a 0.80 mts de profun 1.48 kg/cm ² a 3.00 mts de profun

valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia.

7.3. PARAMETROS DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

La evaluación de la estabilidad del talud se deberá referir a la zona de relleno en cuya parte alta se procederá al corte, dejando paredes expuestas de material deleznable. En caso sean las necesidades del proyecto y al requerimiento de ganar terreno a desnivel, se tendrá que emplear un muro de contención, diseñado adecuadamente según el proyecto integral.

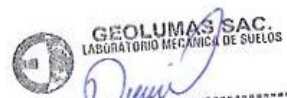
Los empujes de tierra, presentada por la distribución de cargas geostáticas como de cargas inducidas (estructuras), propiciarán empujes que generen inestabilidad del talud y a partir del cual se permitirá el diseño de la estructura de contención.

Sobre la base de los datos del estudio, tanto en campo como en laboratorio y de la estructura, los empujes, activos y pasivos producidos por la masa de suelo, a diferentes profundidades, serán calculados teniendo en cuenta el suelo friccionante y las ecuaciones propuestas por Rankine.

Sobre la zona donde descansarán las cimentaciones se presentan suelos del tipo:

C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

- De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno está compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marrón oscuro.


GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 145418
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

- De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron claro.

C-3, I.E.I. N° 30244 JUANA GUERRA CHAVEZ

- De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron oscuro.

En promedio estas muestras presentan pesos unitarios bajos así como la capacidad de soporte baja de acuerdo a su compacidad.

De ser necesario se podrá estimar los empujes por el método de Rankine, para lo cual el diseño de la estructura de contención se basarán en los empujes activos y pasivos producidos por la masa de suelo, a diferentes profundidades que serán calculados teniendo en cuenta los coeficientes de presiones laterales según:

$$k_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad k_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

Donde, ϕ es el ángulo de fricción interna del suelo, luego obtenemos los coeficientes de presión lateral activo y pasivo, respectivamente.

**GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOSIng. Civil Edwin Peña Dueñas
Asesor Técnico - RUP 15416
Remedialista Mecánica de Suelos,
Concreto, Geotecnia y Geología

**8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- El presente Informe Técnico se ha elaborado en base a la Norma Técnica E-050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones y corresponde al estudio de mecánica de suelos para el proyecto.
- Los cálculos realizados son basados en una altura de 3.00 mts.
- Se recomienda el uso de vigas de cimentación para asegurar la infraestructura.
- El terreno estudiado en toda su extensión tiene capacidad portante baja.
- El terreno no presenta napa freática a la fecha de excavación (noviembre del 2017).
- Sobre la zona donde descansarán las cimentaciones se presentan suelos del tipo:

POZO	CLASIFICACION	CARACTERISTICAS
C-1, L.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	CL-ML	•De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron oscuro.
C-2, L.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	CL-ML	•De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron claro.
C-3, L.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	CL-ML	•De 0.00 mts a 3.00 mts de profundidad el tipo de terreno esta compuesto por arcillas limosas de media plasticidad de color marron oscuro.

- En promedio estas muestras presentan pesos unitarios bajos, así como la capacidad de soporte baja de acuerdo a su compacidad.
- Se calculó la capacidad de carga admisible, para diferentes geometrias y profundidades de manera que sea el ingeniero a cargo de los diseños quien defina una profundidad de cimentación adecuada para los diseños de la estructura proyectada; teniendo en cuenta que los materiales a mayor profundidad van ganando propiedades de resistencia debido a su compacidad.

 **GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
asesor técnico - CIP 145410
especialista en MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA



	CAPACIDAD PORTANTE
C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	0.90 kg/cm ² a 0.80 mts de profun 1.53 kg/cm ² a 3.00 mts de profun
C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	0.71 kg/cm ² a 0.80 mts de profun 1.41 kg/cm ² a 3.00 mts de profun
C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ	0.83 kg/cm ² a 0.80 mts de profun 1.48 kg/cm ² a 3.00 mts de profun

- Los resultados obtenidos en el presente estudio, así como las conclusiones y recomendaciones establecidas, solo son válidos para la zona investigada y no garantiza a otros proyectos que lo tomen como referencia.
- Se recomienda la presencia del profesional responsable (PR) en los trabajos correspondientes a las excavaciones; teniendo en cuenta el PR los sistemas constructivos necesarios y medios de seguridad a tomar en cuenta para mantener el bienestar de las obras y de las personas involucradas en el proceso constructivo.

 **GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP 145316
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES
DE CIMENTACION**

**SAN JERONIMO DE TUNAN
-PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN”**

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

SOLICITANTE:

CONSULTOR

NOVIEMBRE DEL 2017



GEOLUMAS SAC

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE

(KARL TERZAGHI)

PROYECTO: "AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

SOLICITANTE: CONSULTOR

CALICATA : C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

MUESTRA : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

A. DATOS GENERALES:

Angulo de fricción Interna 19.70 grados
Cohesión 0.10 kg/cm²
Peso unitario de sobrecarga 1.33 gr/cm³
Peso unitario del suelo de cimentación 1.33 gr/cm³
Relación Ancho/Largo (B/L) 0.1 Forma:
Profundidad de fondo de cimentación 3.0 m
Profundidad de desplante 3.0 m
Posición de nivel freático 50 m
Factor de seguridad 3
Clasificación SUCS del suelo de cimentación CL-MI
Cimentación sugerida
Cota de terreno 3275 msnm

B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:

Nc: 14.59
Nq: 6.22
Ny: 5.18

C. FACTORES DE FORMA:

Sc: 1.0426
Sq: 1.0358
Sy: 0.96

D. CAPACIDAD ADMISIBLE

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		qult (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)
			W	W'		
0.80	3,274.20	1.50	1	1	2.70	0.90
1.00	3,274.00	1.50	1	1	2.87	0.96
1.20	3,273.80	1.50	1	1	3.05	1.02
1.40	3,273.60	1.50	1	1	3.22	1.07
1.60	3,273.40	1.50	1	1	3.39	1.13
1.80	3,273.20	1.50	1	1	3.56	1.19
2.00	3,273.00	1.50	1	1	3.73	1.24
2.20	3,272.80	1.50	1	1	3.90	1.30
2.40	3,272.60	1.50	1	1	4.07	1.36
2.60	3,272.40	1.50	1	1	4.24	1.41
2.80	3,272.20	1.50	1	1	4.42	1.47
3.00	3,272.00	1.50	1	1	4.59	1.53

Podemos apropiar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 0.90 kg/cm² y 1.53 kg/cm², valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP 165418
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



GEOLUMAS SAC

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE

(KARL TERZAGHI)

PROYECTO: "AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ,
SAN JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO –
JUNIN"

SOLICITANTE: CONSULTOR

CALICATA : C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

MUESTRA : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

A. DATOS GENERALES:

Angulo de fricción interna	20.50 grados
Cohesión	0.05 kg/cm ²
Peso unitario de sobrecarga	1.37 gr/cm ³
Peso unitario del suelo de cimentación	1.37 gr/cm ³
Relación Ancho/Largo (B/L)	0.1 Forma:
Profundidad de fondo de cimentación	3.0 m
Profundidad de desplante	3.0 m
Posición de nivel freático	50 m
Factor de seguridad	3
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	CL-ML
Cimentación sugerida	
Cota de terreno	3275 msnm

B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:

Nc:	15.34
Nq:	6.74
Ny:	5.80

C. FACTORES DE FORMA:

Sc:	1.0439
Sq:	1.0374
Sy:	0.96

D. CAPACIDAD ADMISIBLE

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		qult (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)
			W	W'		
0.80	3,274.20	1.50	1	1	2.14	0.71
1.00	3,274.00	1.50	1	1	2.33	0.78
1.20	3,273.80	1.50	1	1	2.52	0.84
1.40	3,273.60	1.50	1	1	2.71	0.90
1.60	3,273.40	1.50	1	1	2.90	0.97
1.80	3,273.20	1.50	1	1	3.10	1.03
2.00	3,273.00	1.50	1	1	3.29	1.10
2.20	3,272.80	1.50	1	1	3.48	1.16
2.40	3,272.60	1.50	1	1	3.67	1.22
2.60	3,272.40	1.50	1	1	3.86	1.29
2.80	3,272.20	1.50	1	1	4.05	1.35
3.00	3,272.00	1.50	1	1	4.24	1.41

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 0.71 kg/cm² y 1.41 kg/cm², valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
[Firma]
Ing. Chel Edwin Peña Dueñas
ASISTENTE TECNICO CIP 15510
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
CONCRETO, GEOTECNIA Y ASFALTO

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE

(KARL TERZAGHI)

PROYECTO: "AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN
JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

SOLICITANTE: CONSULTOR

CALICATA : C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

MUESTRA : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

A. DATOS GENERALES:

Angulo de fricción interna	20.00	grados
Cohesión	0.08	kg/cm ²
Peso unitario de sobrecarga	1.35	gr/cm ³
Peso unitario del suelo de cimentación	1.35	gr/cm ³
Relación Ancho/Largo (B/L)	0.1	Forma:
Profundidad de fondo de cimentación	3.0	m
Profundidad de desplante	3.0	m
Posición de nivel freático	50	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	CL-ML	
Cimentación sugerida		
Cota de terreno	3275	msnm

B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:

Nc:	14.83
Nq:	6.40
Ny:	5.39

C. FACTORES DE FORMA:

Sc:	1.0432
Sq:	1.0364
Sy:	0.96

D. CAPACIDAD ADMISIBLE

Desplante Df(m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	Factores por N.F.		qult (kg/cm ²)	qadm (kg/cm ²)
			W	W'		
0.80	3,274.20	1.50	1	1	2.48	0.83
1.00	3,274.00	1.50	1	1	2.66	0.89
1.20	3,273.80	1.50	1	1	2.84	0.95
1.40	3,273.60	1.50	1	1	3.02	1.01
1.60	3,273.40	1.50	1	1	3.19	1.06
1.80	3,273.20	1.50	1	1	3.37	1.12
2.00	3,273.00	1.50	1	1	3.55	1.18
2.20	3,272.80	1.50	1	1	3.73	1.24
2.40	3,272.60	1.50	1	1	3.91	1.30
2.60	3,272.40	1.50	1	1	4.09	1.36
2.80	3,272.20	1.50	1	1	4.27	1.42
3.00	3,272.00	1.50	1	1	4.45	1.48

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 0.83 kg/cm² y 1.48 kg/cm², valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
[Firma]
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
MAGISTER TECNICO - CIVIL LISTO
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES
DE CIMENTACIÓN**

**SAN JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE
HUANCAYO – JUNIN”**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

SOLICITANTE:

CONSULTOR

NOVIEMBRE DEL 2017



INFORME N° GEOLUMAS SAC

SOLICITADO : CONSULTOR

"AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 - JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN
JERONIMO DE TUNAN - PROVINCIA DE HUANCAYO - JUNIN"

PROYECTO :

I.E.I. N° 30244 - JUANA GUERRA CHAVEZ

UBICACIÓN :

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

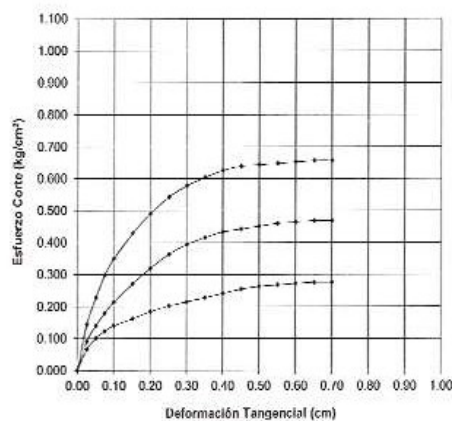
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

Muestra : M-1

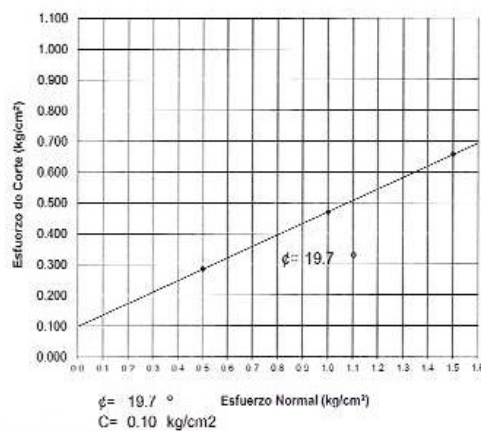
Calicata : C-1, I.E.I. N° 30244 - JUANA GUERRA CHAVEZ

Prof.(m) : 3.00 mts

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ABSORBENTE TECNICO - CP 15118
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

Pág 3 de 3

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



Viene de informe N° : GEOLUMAS SAC

II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : M-1
Calicata : C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
Prof.(m) : 3.00 mts

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	1.840	1.840	1.840
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.770	1.770	1.770
Cont. de humedad inicial (%)	3.98	3.98	3.98
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.868	1.817	1.764
Altura final de muestra (cm)	1.817	1.741	1.677
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	2.520	2.614	2.693
Densidad seca final (gr/cm ³)	2.104	2.196	2.279
Cont. de humedad final (%)	19.78	19.04	18.14
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm ²)	0.285	0.468	0.656
Angulo de friccion interna :	19.7 °		
Cohesion (Kg/cm ²) :	0.10		

 **GEOLUMAS SAC**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Edwin Peña Dueñas
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
Asesor Técnico - CP 123416
Especialista en MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y ASFALTO



INFORME N° GEOLUMAS SAC

SOLICITADO : CONSULTOR

"AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN
JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

PROYECTO :

I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

UBICACIÓN :

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

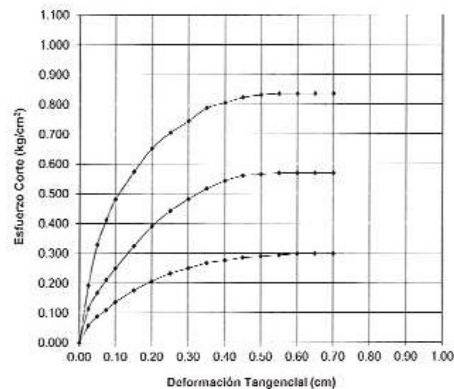
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

Muestra : M-1

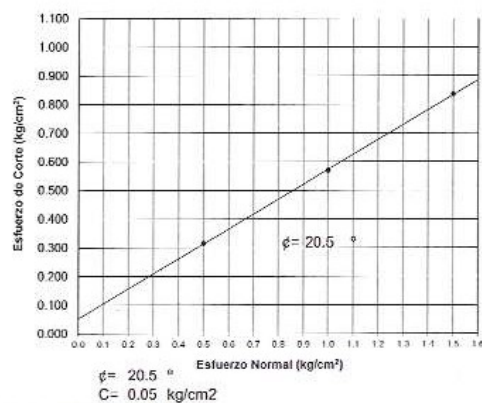
Calicata : C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

Prof.(m) : 3.00 mts

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO - CIP 110416
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

Pág 3 de 3
CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



Viene de informe N° : GEOLUMAS SAC

II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
Muestra : M-1
Prof.(m) : 3.00 mts

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	1.870	1.870	1.870
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.647	1.647	1.647
Cont. de humedad inicial (%)	13.55	13.55	13.55
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.992	1.970	1.934
Altura final de muestra (cm)	1.959	1.929	1.891
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	2.331	2.358	2.386
Densidad seca final (gr/cm ³)	1.815	1.844	1.881
Cont. de humedad final (%)	28.4	27.9	26.8
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm ²)	0.315	0.569	0.836
Angulo de friccion interna :	20.5 °		
Cohesion (Kg/cm ²) :	0.05		

 **GEOLUMAS SAC.**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO - CP 165418
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y ASFALTO



GEOLUMAS SAC

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

INFORME N° GEOLUMAS SAC

SOLICITADO : CONSULTOR

PROYECTO : "AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ,
SAN JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

UBICACIÓN : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

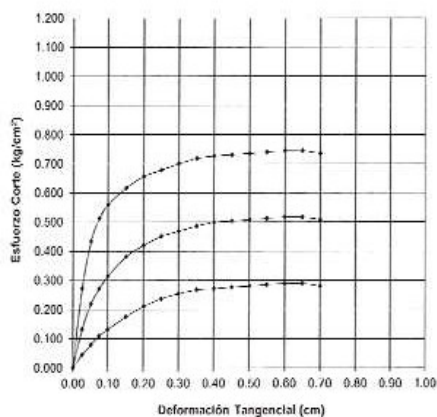
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

Muestra : M-1

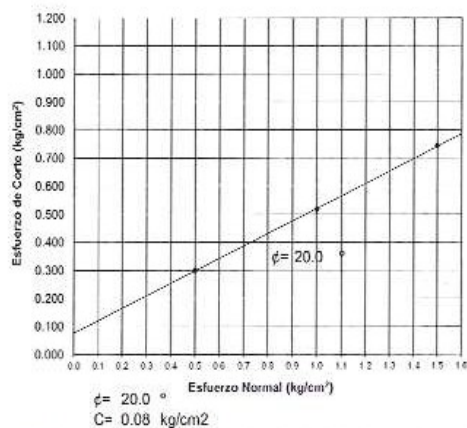
Calicata : C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

Prof.(m) : 3.00 mts

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Dr. Peña
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO OF 14518
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

Pág 3 de 3
CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



Viene de informe N° : GEOLUMAS SAC

II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : M-1
CALICATA : C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
Prof.(m) : 3.00 mts

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	1.680	1.680	1.680
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.474	1.474	1.474
Cont. de humedad inicial (%)	14.0	14.0	14.0
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.713	1.662	1.599
Altura final de muestra (cm)	1.695	1.619	1.548
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	2.290	2.382	2.473
Densidad seca final (gr/cm ³)	1.878	1.966	2.057
Cont. de humedad final (%)	22.0	21.1	20.2
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm ²)	0.300	0.516	0.744
Angulo de friccion interna :	20.0 °		
Cohesion (Kg/cm ²) :	0.08		

**GEOLUMAS SAC**
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Peña
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO DIP 145416
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y ASFALTO

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE
CIMENTACIÓN**

**SAN JERONIMO DE TUNAN –
PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN”**

**ANALISIS GRANULOMETRICO
LIMITES DE CONSISTENCIA
PERFIL ESTATRIGRAFICO**

SOLICITANTE:

CONSULTOR

NOVIEMBRE DEL 2017



GEOLUMAS SAC

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

SOLICITANTE : CONSULTOR

PROYECTO : "AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN
JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

UBICACIÓN : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

Muestra : M-1

PROG : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

Prof. (m) : 3.00 mts

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	100.0
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	-	100.0
1"	25.400	-	-	100.0
3/4"	19.050	0.8	0.8	99.2
1/2"	12.700	1.3	2.2	97.8
3/8"	9.525	1.8	4.0	96.0
1/4"	6.350	0.6	4.6	95.4
N°4	4.760	0.5	5.1	94.9
N°10	2.000	0.3	5.3	94.7
N°20	0.840	0.2	5.6	94.4
N°30	0.590	0.1	5.8	94.2
N°40	0.425	0.8	6.6	93.4
N°60	0.250	1.0	7.6	92.4
N°100	0.149	1.3	8.8	91.2
N°200	0.074	0.5	9.3	90.7
- N°200		90.7		

% grava	5.1
% arena	4.3
% finos	90.7

LIMITE DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LIMITE LIQUIDO (%)	19.72
LIMITE PLASTICO (%)	13.77
INDICE PLASTICO (%)	5.94

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : CL-ML
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : A-4(2)
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : 6.0%



JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



GEOLUMAS SAC

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

SOLICITANTE : CONSULTOR
PROYECTO : "AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"
UBICACIÓN : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

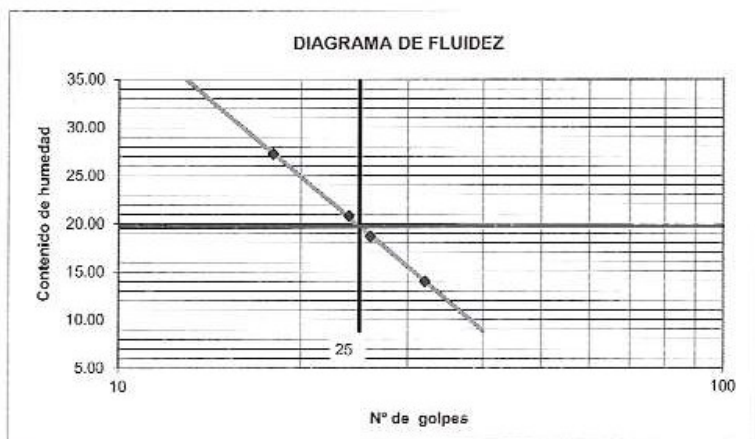
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
Muestra : M-1
prof. (m) : 3.00 mts
prog : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA

LIMITES DE CONSISTENCIA

Prueba N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO			
	1	2	1	2	3	4
Tara N°	5	8	10	15	26	18
N° de golpes			32	26	24	18
Tara + suelo humedo (gr)	35.2	38.2	14.9	16.5	15.8	14.0
Tara + suelo seco (gr)	33.7	36.2	13.8	14.9	14.3	12.5
Peso del agua (gr)	1.5	2.0	1.1	1.6	1.5	1.5
Peso de tara (gr)	22.5	22.0	6.3	6.5	7.1	7.0
Peso suelo seco (gr)	11.2	14.2	7.5	8.4	7.2	5.5
Contenido de humedad(%)	13.39	14.15	14.00	18.69	20.83	27.27

L Líquido 19.72
L Plástico 13.77
I Plástico 5.94



NOTA

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ABSOR TECNICO - CP 145118
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



PERFIL ESTRATIGRAFICO

"AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN
JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

PROYECTO:

I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

UBICACIÓN:

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

FECHA DE EXCAVACIÓN :

3.00 mts

SOLICITANTE: CONSULTOR

PROFUNDIDAD TOTAL (m)

N.P

MUESTRA:

M-1

CAICATA :

C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

PROGRESIVA:

I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA						
				0.075	4.750					
				<	mm	mm	LL	LP	HN	N° DE
				0.075	4	4				MUESTRA
				mm	4.750	75	%	%	%	
						mm	mm			

0.10		ARCILLAS LIMOSAS DE MEDIA PLASTICIDAD DE COLOR MARRON OSCURO	CL-ML							M-1
0.25										
0.40										
0.55										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90										
1.00										
1.05										
2.00										
2.20										
2.50										
2.80										
3.00										

NO DETERMINADO											
SOLIMAS SAS											

NO DETERMINADO

OBSERVACIONES



GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Cielo Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO - DIP 105110
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA



SOLICITANTE : CONSULTOR

PROYECTO : "AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN
JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

UBICACIÓN :

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

Muestra : M-1

PROG : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

Prof. (m) : 3.00 mts

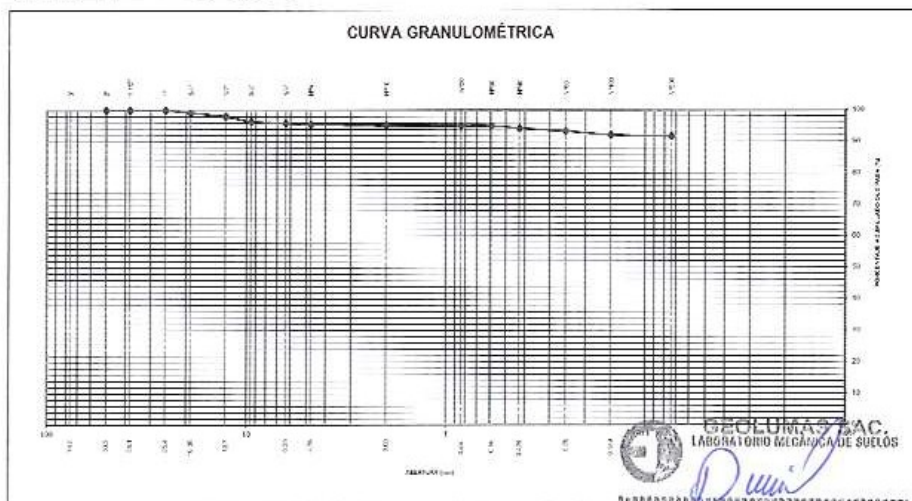
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	100.0
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	-	100.0
1"	25.400	-	-	100.0
3/4"	19.050	0.8	0.8	99.2
1/2"	12.700	1.2	2.0	98.0
3/8"	9.525	1.6	3.6	96.4
1/4"	6.350	0.5	4.1	95.9
N°4	4.750	0.5	4.5	95.5
N°10	2.000	0.3	4.8	95.2
N°20	0.840	0.2	5.0	95.0
N°30	0.590	0.1	5.0	95.0
N°40	0.425	0.8	5.8	94.2
N°60	0.250	0.9	6.7	93.3
N°100	0.149	1.2	7.9	92.1
N°200	0.074	0.5	8.4	91.6
- N°200		91.6		

% grava	: 4.5
% arena	: 3.8
% finos	: 91.6

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	: 19.62
LÍMITE PLÁSTICO (%)	: 12.93
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	: 6.69

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **CL-ML**
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-4(3)**
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **6.3%**



JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO - CP 16416
Especialista en MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGICA
CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



GEOLUMAS SAC

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

SOLICITANTE : CONSULTOR
"AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE
EDUCACION INICIAL ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N°
30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN JERONIMO DE
TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

UBICACIÓN : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

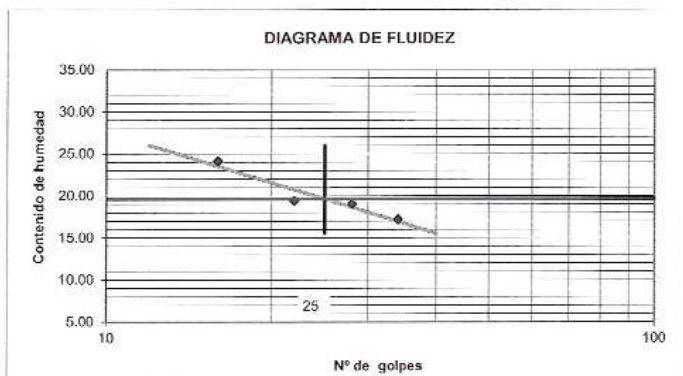
REPORT DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA
CHAVEZ
Muestra : M-1
prof (m) : 3.00 mts
prog : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA

LIMITES DE CONSISTENCIA

Prueba N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO			
	1	2	1	2	3	4
Tara N°	15	28	26	35	15	9
N° de golpes			34	28	22	16
Tara + suelo humedo (gr)	35.2	35.2	14.3	16.0	15.1	13.5
Tara + suelo seco (gr)	33.7	33.7	13.2	14.4	13.7	12.1
Peso del agua (gr)	1.5	1.5	1.1	1.6	1.4	1.4
Peso de tara (gr)	22.1	22.1	6.8	6.0	6.5	6.3
Peso suelo seco (gr)	11.0	11.0	6.4	8.4	7.2	5.8
Contenido de humedad(%)	12.93	12.93	17.19	19.05	19.44	24.14

L Líquido 19.62
L Plástico 12.93
I Plástico 6.69



NOTA

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO, CIP 163116
ESPECIALISTA EN DIAGNOSTICO DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995.

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



PERFIL ESTRATIGRAFICO

**"AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN
JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"**

PROYECTO:

I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

UBICACIÓN:

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

FECHA DE EXCAVACIÓN :

3.00 mts

SOLICITANTE: CONSULTOR

PROFUNDIDAD TOTAL (m)

N.P.

MUESTRA:

M-1

CALICATA:

C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

PROGRESIVA:

I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otras: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS AASHTO	GRANULOMETRIA							
				0.075	4.750						
				<	mm	mm	L.L.	U.P.	P.L.	Nº DE	
				0.075	ø	ø					MUESTRA
				mm	4.750	75	%	%	%		
						mm	mm				

0.10	ARCILLAS LIMOSAS DE MEDIA PLASTICIDAD DE COLOR MARRON CLARO	CL-ML								M-1
0.25										
0.40										
0.60										
0.65										
0.70										
0.80										
0.90										
1.10										
1.20										
2.00										
2.20										
2.50										
2.80										
3.00										

NO DETERMINADO

GEOLIMAS SAC.

ARCILLAS LIMOSAS DE MEDIA
PLASTICIDAD DE COLOR MARRON
CLARO

CL-ML

M-1

NO DETERMINADO

OBSERVACIONES



GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP 145410
BOLOGIA EN INGENIERIA DE SUELOS
CUNCA, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995.

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



GEOLUMAS SAC
MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

SOLICITANTE : CONSULTOR

PROYECTO : "AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN
JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

UBICACIÓN : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

Muestra : M-1

PROG : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

Prof. (m) : 3.00 mts

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Acumulado Rete	Pasa
3"	76.200	-	-	
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	-	100.0
1"	25.400	-	-	100.0
3/4"	19.050	0.7	0.7	99.3
1/2"	12.700	1.1	1.9	98.1
3/8"	9.525	1.5	3.4	96.6
1/4"	6.350	0.5	3.9	96.1
N°4	4.760	0.4	4.3	95.7
N°10	2.000	0.2	4.5	95.5
N°20	0.840	0.2	4.7	95.3
N°30	0.590	0.0	4.8	95.2
N°40	0.426	0.7	5.5	94.5
N°60	0.250	0.9	6.3	93.7
N°100	0.149	1.1	7.5	92.5
N°200	0.074	0.4	7.9	92.1
- N°200			92.1	

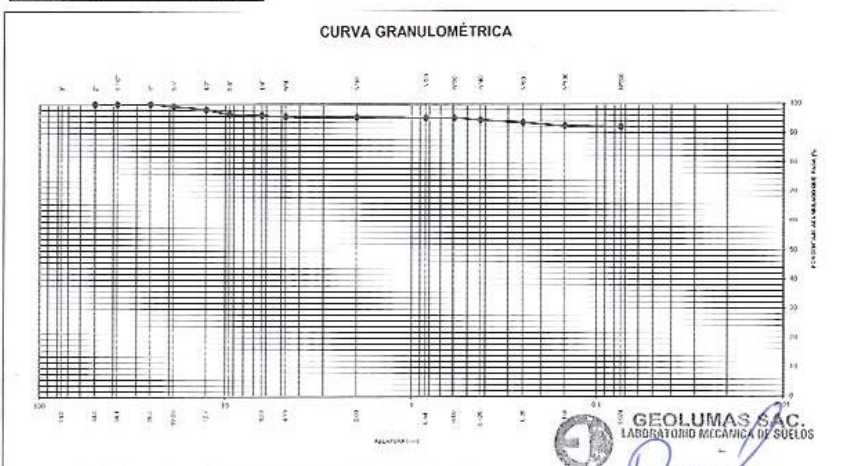
% grava	: 4.3
% arena	: 3.6
% finos	: 92.1

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO (%)	: 17.68
LÍMITE PLÁSTICO (%)	: 11.01
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	: 6.67

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : CL-ML
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : A-4(2)
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : 6.1%

CURVA GRANULOMÉTRICA



JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 148116
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



GEOLUMAS SAC

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RUC 20568764995

SOLICITANTE : CONSULTOR
PROYECTO : "AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE
EDUCACION INICIAL ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N°
30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN JERONIMO DE
TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"
UBICACIÓN : I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

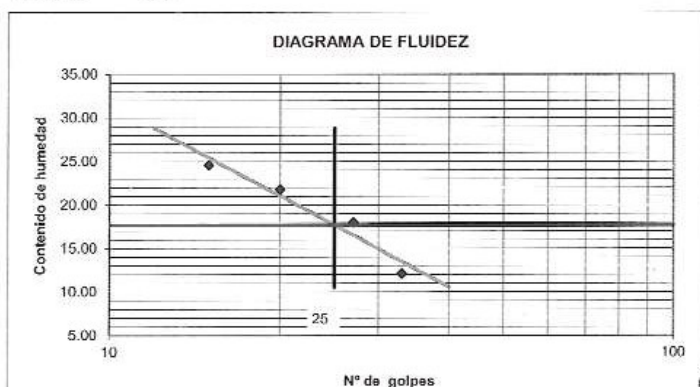
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA
CHAVEZ
Muestra : M-1
prof. (m) : 3.00 mts
prog : CHAVEZ

LIMITES DE CONSISTENCIA

Prueba N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO			
	1	2	1	2	3	4
Tara N°	17	20	8	18	65	47
N° de golpes			33	27	20	15
Tara + suelo humedo (gr)	34.2	34.2	14.2	16.5	16.0	13.9
Tara + suelo seco (gr)	33.0	33.0	13.4	14.9	14.3	12.4
Peso del agua (gr)	1.2	1.2	0.8	1.6	1.7	1.5
Peso de tara (gr)	22.1	22.1	6.8	6.0	6.5	6.3
Peso suelo seco (gr)	10.9	10.9	6.6	8.9	7.8	6.1
Contenido de humedad(%)	11.01	11.01	12.12	17.98	21.79	24.59

L Líquido 17.68
L Plástico 11.01
I Plástico 6.67



NOTA

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwila Peña Dueñas
MAGISTER TECNICO - CIR 105416
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



PERFIL ESTRATIGRAFICO

"AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE EDUCACION INICIAL
ESCOLARIZADA DE LA I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ, SAN
JERONIMO DE TUNAN – PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN"

PROYECTO:

I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

UBICACIÓN:

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2017

SOLICITANTE: CONSULTOR

MUESTRA:

M-1

FECHA DE EXCAVACIÓN

PROFUNDIDAD TOTAL (m)

PROF. NIVEL FREÁTICO (m)

3.00 mts

N.P.

CALICATA:

C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

PROGRESIVA:

I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleros / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA						
				0.075	4.750					
				<	mm	mm	L.L.	I.P.	R.N.	Nº DE
			AASHTO	0.075	s	s				MUESTRA
				mm	4.750	75	%	%	%	
					mm	mm				
0.10		ARCILLAS LIMOSAS DE MEDIA PLASTICIDAD DE COLOR MARRON OSCURO	CL-ML							M-1
0.40										
0.50										
0.70										
0.80										
0.90										
1.00										
1.10										
1.20										
1.30										
2.00										
2.20										
2.50										
2.80										
3.00										

NO DETERMINADO

NO DETERMINADO

OBSERVACIONES



GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASOCIADO TECNICO CIP 145116
Especialista en MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES
DE CIMENTACIÓN**

**SAN JERONIMO DE TUNAN
– PROVINCIA DE HUANCAYO – JUNIN”**

ALBUM FOTOGRAFICO

SOLICITANTE:

CONSULTOR

NOVIEMBRE DEL 2017



FOTO. 01.- EXCAVACION C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ.



FOTO. 02.- PERFIL ESTRATIGRAFICO C-1, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ..



GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Balwín Peña Dueñas
ABSORB. TECNICO CP 145410
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



FOTO. 03.- PERFIL ESTRATIGRAFICO C-1, I.E.I. N° 30244 –
JUANA GUERRA CHAVEZ.

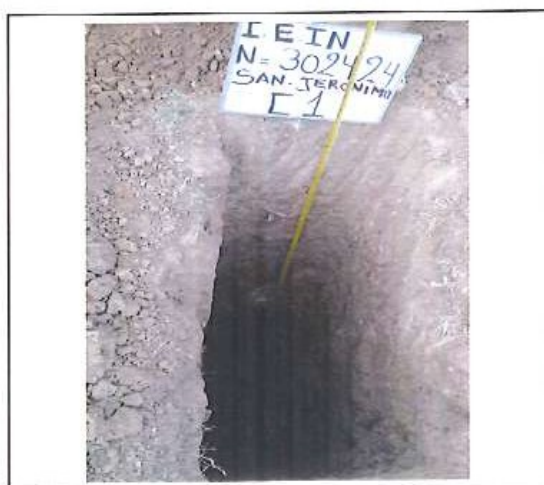


FOTO. 04.- PROFUNDIDAD DE EXCAVACION, 3.00 mts, C-1,
I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ.

GEOLUMAS S.A.C.
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Edwin Peña Dueñas

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO - CIP 149418
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



FOTO. 05.- EXCAVACION, C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ.



FOTO. 06.- C-2, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ


GEOLUMAS SAC.
 LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 INGENIERO TÉCNICO CIP 165116
 COMPETENCIA EN: MECÁNICA DE SUELOS,
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

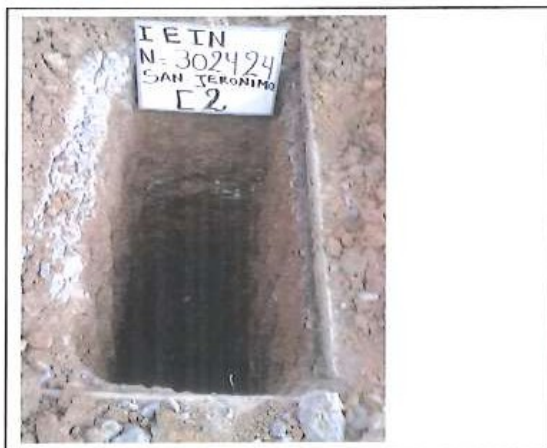


FOTO. 07.- PERFIL ESTRATIGRAFICO, C-2, I.E.I. N° 30244 –
JUANA GUERRA CHAVEZ



FOTO. 08.- PROFUNDIDAD DE EXCAVACION, 3.00 mts, C-2,
I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ.

GEOLUMAS S.A.C.
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Edwin Peña Dueñas

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
INGENIERO TECNICO DE MINA
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA



FOTO. 09.- EXCAVACION, C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ.



FOTO. 10.- PERFIL ESTRATIGRAFICO, C-3, I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ.


GEOLUMAS SAC.
 LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ACREDITADO CIP 14410
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



FOTO. 11.- PROFUNDIDAD DE EXCAVACION, 3.00 mts C-3,
I.E.I. N° 30244 – JUANA GUERRA CHAVEZ


GEOLUMAS SAC
 LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ASESOR TÉCNICO OF-145110
 BOGOTÁ, COLOMBIA