

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE ANÁLISIS DE MUROS DE CORTE
EMPLEANDO UN MODELO DE DESPLAZAMIENTOS
ESPERADOS EN EDIFICACIONES**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. LLUNCOR GALLO LUIS CARLOS

ASESOR: Dr. Virgilio Peña Haro

**LIMA - PERÚ
AÑO : 2015**

DEDICADO A:

Mi familia, principalmente a mis padres y a mi abuelita Teresa. Todos culminan conmigo cada etapa que me toca vivir, sustentando mi ruta.

AGRADECIMIENTO:

*Agradezco a mis padres y al
Doctor Virgilio Peña.*

ÍNDICE TEMÁTICO

PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	xii
ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos.....	3
1.3. Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivo específico.....	4
1.4. Justificación de la Investigación.....	5
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	7

1.6.	Viabilidad de la Investigación	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		9
2.1.	Antecedentes de la Investigación.....	9
2.1.1.	En el Ámbito Internacional.....	9
2.1.2.	En el Ámbito Nacional.....	9
2.2.	Bases Teóricas.....	13
2.2.1.	Definiciones Conceptuales	13
2.2.2.	Formulación de Hipótesis..	89
2.2.2.1.	Hipótesis General.....	89
2.2.2.2.	Hipótesis Específicas.....	89
2.2.2.3.	Variables.....	90
2.2.2.4.	Definición Conceptual de Variables.....	90
2.2.2.5.	Operacionalización de Variables.....	118
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....		119
3.1.	Diseño de la Investigación.....	119
3.2.	Tipo de Investigación.....	119
3.3.	Población y Muestra.....	120
3.4.	Técnicas de Recolección de Datos.....	121
3.4.1.	Descripción de los Instrumentos.....	121

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	122
4.1. Análisis e Interpretación de los Resultados.....	122
4.2. Resultados de la Investigación.....	131
4.3. Contrastación de Hipótesis.....	175
4.3.1. Hipótesis General	175
4.3.2. Hipótesis Específicas.....	176
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	179
CONCLUSIONES	183
RECOMENDACIONES	184
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	185
ANEXOS	188

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Operacionalización de variables.....	118
Tabla 02: Densidad Muros en el eje X.....	131
Tabla 03: Densidad Muros en el eje Y.....	131
Tabla 04: Distorsión en Muros - Eje X.....	132
Tabla 05: Distorsión en Muros - Eje Y.....	133
Tabla 06: Densidad Muros en el eje X.....	150
Tabla 07: Densidad Muros en el eje Y.....	150
Tabla 08: Distorsión en Muros - Eje X.....	151
Tabla 09: Distorsión en Muros - Eje Y.....	151
Tabla 10: Comparación de Distorsiones entre edificaciones – Eje X.....	171
Tabla 11: Comparación de Distorsiones entre edificaciones – Eje Y.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Diagrama de comportamiento del acero, a) Comportamiento real, b) Modelo Elástico – Plástico, c) Modelo bi-lineal, d) Modelo Bauschinger	16
Figura 02 : Efecto de carga invertida de un muro de concreto reforzado, a) Al final de la primera carga, b) Después de descarga, c) Al inicio de la carga invertida, d) Al final de la carga invertida.....	23
Figura 03: Diagrama de Momento Flector.....	31
Figura 04: Diagrama de la Ductilidad de Desplazamiento.....	33
Figura 05: Agrietamiento Diagonal por flexión.....	35
Figura 06 Esfuerzos de corte.....	36
Figura 07: Esfuerzo de Corte en un Muro.....	41
Figura 08: Respuesta a Corte.....	42
Figura 09: Punzonamiento en ondas de histéresis debido principalmente a deslizamiento de corte.....	43
Figura 10: Ejemplo de una Columna Corte reforzada Diagonalmente.....	44
Figura 11: Progresiva degradación de la resistencia al corte.....	44
Figura 12: Falla por Aplastamiento.....	46
Figura 13: Falla por Tracción.....	47
Figura 14: Fractura del Refuerzo.....	48

Figura 15: Falla por tensión Diagonal.....	50
Figura 16: Falla por Compresión Diagonal.....	51
Figura 17: Agrietamiento Diagonal en el alma del Muro.....	54
Figura 18: Fuerza de corte.....	55
Figura 19: Carga Axial.....	55
Figura 20: Esfuerzos en el Círculo de Morh.....	56
Figura 21: Refuerzo por Corte.....	59
Figura 22: Forma de Falla y acción del refuerzo en Muros.....	61
Figura 23: Falla Frágil.....	62
Figura 24: Diagrama de Momentos.....	68
Figura 25: Grado de Acoplamiento.....	69
Figura 26: Esfuerzo de corte en viga de acoplamiento.....	71
Figura 27: Mecanismo de acoplamiento del muro.....	72
Figura 28: Mecanismo plástico y distribución de desplazamiento para muros acoplados.....	72
Figura 29: Respuesta dúctil de un ejemplo de muro acoplado en servicio.....	73
Figura 30: Redistribución de corte en muros acoplados de acuerdo a mediciones experimentales.....	73
Figura 31: Falla por flexión en los muros de corte debido a las vigas de conexión.....	74
Figura 32: Falla por Corte o ruptura Diagonal de las vigas de conexión.....	76
Figura 33: Falla por Acción Rígida de las vigas de conexión.....	78

Figura 34: Falla por Exceso de refuerzo transversal.....	79
Figura 35: Falla por refuerzo transversal tradicional.....	79
Figura 36: Falla por ductilidad de la viga.....	80
Figura 37: Viga de acoplamiento con armadura orientada diagonalmente.....	81
Figura 38: Muro de corte perforado irracional.....	82
Figura 39: Falla por corte en muros con aberturas y refuerzo diagonal	
a) En las vigas de unión. b) En las columnas del muro.....	83
Figura 40: Mecanismo resistente en un tablero de conexión. a) Fuerzas.	
b) Esfuerzos en el tablero.....	85
Figura 41: Resistencia del tablero.....	86
Figura 42: Ejemplo de Muros Perforados.....	88
Figura 43: Planta Primer Piso.....	94
Figura 44: Planta Típica.....	95
Figura 45: Planta Último Nivel.....	96
Figura 46: Ubicación de los elementos resistentes – 1er Nivel.....	97
Figura 47: Ubicación de los elementos resistentes – Planta Típica.....	98
Figura 48: Ubicación de los elementos resistentes –Último Nivel.....	99
Figura 49: Edificio modelado en 3D.....	100
Figura 50: Planta Primer Piso.....	104
Figura 51: Planta Segundo Piso.....	105
Figura 52: Planta Típica.....	106

Figura 53: Elevación.....	107
Figura 54: Fachada Principal.....	108
Figura 55: Ubicación de los elementos resistentes – 1er Nivel.....	109
Figura 56: Ubicación de los elementos resistentes – Planta Típica.....	110
Figura 57: Ubicación de los elementos resistentes –Último Nivel.....	111
Figura 58: Edificio modelado en 3D.....	112

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Curva idealizada Esfuerzo - Deformación para el concreto en compresión uniaxial.....	18
Gráfico 02: Curva Esfuerzo – Deformación para probetas de concreto cargados en compresión uniaxial.....	19
Gráfico 03: a) Curva Esfuerzo – Deformación para probetas de Concreto con carga cíclica de compresión axial repetida de alta intensidad, b) Idealización del comportamiento Esfuerzo – deformación del concreto con cargas cíclicas.....	20
Gráfico 04: Valores del Módulo de Ruptura del Concreto.....	37
Gráfico 05: Resistencia Nominal al corte de Muros.....	40
Gráfico 06: Distribución de Esfuerzos en un muro de corte.....	114
Gráfico 07: Nomograma – Eje X – Piso 1.....	134
Gráfico 08: Nomograma – Eje X – Piso 2.....	135
Gráfico 09: Nomograma – Eje X – Piso 3.....	136
Gráfico 10: Nomograma – Eje X – Piso 4.....	137
Gráfico 11: Nomograma – Eje X – Piso 5.....	138
Gráfico 12: Nomograma – Eje X – Piso 6.....	139
Gráfico 13: Nomograma – Eje X – Piso 7.....	140
Gráfico 14: Nomograma – Eje X – Piso 8.....	141
Gráfico 15: Nomograma – Eje Y – Piso 1.....	142

Gráfico 16: Nomograma – Eje Y – Piso 2.....	143
Gráfico 17: Nomograma – Eje Y – Piso 3.....	144
Gráfico 18: Nomograma – Eje Y – Piso 4.....	145
Gráfico 19: Nomograma – Eje Y – Piso 5.....	146
Gráfico 20: Nomograma – Eje Y – Piso 6.....	147
Gráfico 21: Nomograma – Eje Y – Piso 7.....	148
Gráfico 22: Nomograma – Eje Y – Piso 8.....	149
Gráfico 23: Nomograma – Eje X – Piso 1.....	153
Gráfico 24: Nomograma – Eje X – Piso 2.....	154
Gráfico 25: Nomograma – Eje X – Piso 3.....	155
Gráfico 26: Nomograma – Eje X – Piso 4.....	156
Gráfico 27: Nomograma – Eje X – Piso 5.....	157
Gráfico 28: Nomograma – Eje X – Piso 6.....	158
Gráfico 29: Nomograma – Eje X – Piso 7.....	159
Gráfico 30: Nomograma – Eje X – Piso 8.....	160
Gráfico 31: Nomograma – Eje X – Piso 9.....	161
Gráfico 32: Nomograma – Eje Y – Piso 1.....	162
Gráfico 33: Nomograma – Eje Y – Piso 2.....	163
Gráfico 34: Nomograma – Eje Y – Piso 3.....	164
Gráfico 35: Nomograma – Eje Y – Piso 4.....	165
Gráfico 36: Nomograma – Eje Y – Piso 5.....	166

Gráfico 37: Nomograma – Eje Y – Piso 6.....	167
Gráfico 38: Nomograma – Eje Y – Piso 7.....	168
Gráfico 39: Nomograma – Eje Y – Piso 8.....	169
Gráfico 40: Nomograma – Eje Y – Piso 9.....	170
Gráfico 41: Distorsiones máximas por piso – Eje X.....	172
Gráfico 42: Distorsiones mínimas por piso – Eje X.....	172
Gráfico 43: Distorsiones máximas por piso – Eje Y.....	173
Gráfico 44: Distorsiones mínimas por piso – Eje Y.....	174

ANEXOS

Anexo N°01. Matriz de Consistencia.....	188
Anexo N°02. Límites para la Distorsión de Entre Piso.....	189
Anexo N°03. Zonificación según territorio Nacional	189
Anexo N°04. Factor de Zona “Z”	190
Anexo N°05. Categoría de las Edificaciones y Factor “U”.....	190
Anexo N°06. Factor de Suelo “S”	191
Anexo N°07. Valores de Periodos Tp y TL	191
Anexo N°08. Factor de Amplificación Sísmica.....	192
Anexo N°09. Periodo Fundamental y Valores de Ct.....	192
Anexo N°10. Sistemas Estructurales	193
Anexo N°11. Respuesta Elástica Máxima Esperada.....	193
Anexo N°12. Distorsiones del Edificio 01 – Eje X	194
Anexo N°13. Distorsiones del Edificio 02 – Eje X	195
Anexo N°14. Distorsiones del Edificio 02 – Eje Y	196
Anexo N°15. Cronograma.....	197
Anexo N°16. Presupuesto.....	198
Anexo N°17. Planos.....	199
Anexo N°17. E – 01. Edificio 01 – Enconfrado Piso 01 y Planta Típica.	
Anexo N°17. E – 02. Edificio 01 – Enconfrado Último Nivel.	
Anexo N°17. E – 03. Edificio 02 – Enconfrado Piso 01 y Planta Típica.	
Anexo N°17. E – 04. Edificio 02 – Enconfrado Último Nivel.	

RESUMEN

En la Propuesta de Análisis de Muros de Corte empleando un Modelo de Desplazamientos esperados en edificaciones, mostraremos una forma de evaluación de dichos muros.

Se tiene como objetivo general el ver cómo influye la Propuesta de Análisis para el proceso de validación de diseño de muros de corte en edificaciones.

La Propuesta a estudiar viene influenciada tras estudios y ensayos donde interactúan el elemento estructural con una fuerza externa (Sismo). Dichos estudios fueron realizados por los Ingenieros Wallace y Moehle, ambos lograron formulaciones que permiten evaluar el diseño de muros de concreto armado fijando parámetros del mismo. El parámetro que nos permitirá validar una muestra será la distorsión.

La tesis tiene un Diseño de Investigación Experimental, Longitudinal y Retrospectivo; así mismo, en el Tipo de Investigación es Cuantitativo, Explicativo y Descriptivo.

Mediante la Propuesta de Evaluación desarrollada y la Norma Sismorresistente E.030 – 2014 y nomogramas, nos permitirán proyectarnos y saber si los muros de corte evaluados son los adecuados y, además lograr subsanar los muros rezagados. Con la metodología desarrollada, se busca evaluar la posibilidad de que el análisis propuesto pueda formar parte de la Norma Peruana, ya que recientes investigaciones desarrolladas para los edificios con muros de corte han revelado la necesidad de proveer un mejor diseño sobre ellos. Finalmente comprobaremos que es una propuesta efectiva que cumple para diferentes localidades en el Perú.

Palabras Claves: Muros de Corte – Distorsión – Nomogramas – Concreto.

INTRODUCCIÓN

En el estudio y diseño de estructuras para edificaciones, se realizan un conjunto de procesos matemáticos, empleando una serie de herramientas que permiten facilitar su desarrollo, obteniendo resultados viables y que estos a su vez deben encontrarse dentro de los parámetros permisibles establecidos en la respectiva Norma, en este caso, la Norma Sismorresistente E-0.30 en su versión 2014. La propuesta desarrollada plantea de metodología efectiva que pueda mejorar y trascender lo tradicional.

La presente propuesta es una alternativa en cuanto a optimización de tiempo de desarrollo de diseño estructural hacia una Evaluación de muros de concreto armado según el parámetro de la distorsión.

Pondremos a prueba la metodología adquirida evaluando muros de corte en edificaciones con diferentes destinos y condiciones de sitio.

Esto y mediante nomogramas nos permitirán proyectarnos y saber si el diseño de los muros de corte son los adecuados y, además lograr subsanar los muros rezagados. Así mismo, se busca evaluar la posibilidad de que el análisis propuesto pueda formar parte de la Norma Peruana, ya que recientes investigaciones desarrolladas para los edificios con muros de corte han revelado la necesidad de proveer un mejor diseño sobre ellos.

La Propuesta descrita en la presente Tesis es un aporte académico el cual puede ser empleado en otros proyectos con la misma línea de estudio y con el mismo fin.

Como objetivo Principal, veremos cómo influye una Propuesta de Análisis empleando Desplazamientos Esperados en Muros de Corte para edificaciones.

En cuanto a objetivos específicos, veremos los siguientes.

1. El cómo aplicar la Propuesta de Análisis para establecer si es Admisible o No en Edificaciones.
2. El cómo aplicar la Propuesta de Análisis para usar y aprovechar recursos matemáticos en Edificaciones.
3. El cómo aplicar la Propuesta de Análisis para obtener Nomogramas respecto Edificaciones.
4. El cómo aplicar la Propuesta de Análisis para comprobar su efectividad en Edificaciones.

En el Capítulo I podemos apreciar tanto los problemas generales y específicos como los objetivos de la investigación. Así mismo, en el Capítulo II revisaremos teoría que concierne a la investigación propiamente dicha. Para el Capítulo III, encontraremos la estructura Metodológica, con ella podremos saber qué tipo de estudio estamos desarrollando. Y en el Capítulo IV obtendremos los resultados de la investigación

El proceso se inicia empleando las formulaciones realizadas por los Ingenieros Wallace & Moehle (1992), desarrollando un proceso analítico de ecuaciones con los factores de sitio del Edificio evaluado. Terminado el análisis obtendremos una ecuación de forma de Hipérbola Negativa, la cual tendrá la equivalencia del parámetro de la distorsión y tendrá un valor único adimensional. Este valor nos servirá para elaborar nomogramas donde hallaremos el valor final de distorsión por muro de corte a evaluar mediante relación de Áreas, área de sección de muro y área en planta.

Para la validación de diseño mediante el parámetro de la distorsión con el uso de nomogramas y contrastada con la Norma E.030-2014.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el estudio y diseño de estructuras para edificaciones, se realizan un conjunto de procesos matemáticos, empleando una serie de herramientas que permiten facilitar su desarrollo, obteniendo resultados viables y que estos a su vez deben encontrarse dentro de los parámetros permisibles establecidos en la respectiva Norma, en este caso, la Norma E-0.30 en su versión 2014.

Se busca evaluar la posibilidad de que el análisis propuesto pueda formar parte de la Norma Peruana, ya que recientes investigaciones desarrolladas para los edificios con muros de corte han revelado la necesidad de proveer un mejor diseño sobre ellos.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General.

¿Cómo influye una Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados, para su desarrollo?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cómo aplicar la Propuesta de Evaluación para establecer si es Admisible o No en Edificaciones?

¿Cómo aplicar la Propuesta de Evaluación para usar y aprovechar recursos matemáticos en Edificaciones?

¿Cómo aplicar la Propuesta de Evaluación para obtener Nomogramas respecto Edificaciones?

¿Cómo aplicar la Propuesta de Evaluación para comprobar su efectividad en Edificaciones?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General.

Desarrollar una Propuesta de Evaluación de Muros de Corte para Edificaciones empleando Desplazamientos Esperados para comprobar si dicha propuesta es funcional con la Norma E.030-2014, según el parámetro de la Distorsión.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Aplicar la Propuesta de Evaluación para establecer si los muros de concreto armado de las edificaciones en estudio son Admisibles o No.
- Aplicar la Propuesta de Evaluación para usar y aprovechar recursos matemáticos, con respecto a los muros de concreto de las Edificaciones en estudio.
- Aplicar la Propuesta de Evaluación para obtener Nomogramas con respecto a los muros de concreto de las Edificaciones en estudio.
- Aplicar la Propuesta de Evaluación para comprobar su efectividad con respecto a las Edificaciones en estudio.

1.4. Justificación de la investigación

En este estudio elaboraremos una propuesta de análisis según el parámetro de la Distorsión para muros de concreto armado, pudiendo ser también muros de cualquier tipo, según su material, y nos basaremos en expresiones deducidas mediante estudios realizados por los Ingenieros

Ingenieros Wallace y Moehle (1990), y Wood (1991), los cuales revelan que los requisitos comunes para edificios con muros de corte son generalmente conservadores. Un acercamiento alternativo para detallar los requisitos para muros de corte, son basados en relacionar los requerimientos del muro detallando la esperada respuesta de desplazamiento del mismo, investigación realizada por Wallace y Moehle (1992).

Las primeras variables afectarían la capacidad de deformación del muro, que son identificadas a ser la relación del área de la sección transversal del muro – área del piso en planta, la relación dimensional del muro y su configuración, la carga axial del muro y las proporciones de refuerzo del muro. Un acercamiento basado en desplazamientos, conduce directamente al cálculo de la distribución de esfuerzos normales para un muro de sección transversal, proponiendo para ello Wallace (1994) expresiones matemáticas, las cuales fueron publicadas por el ASCE Journal of Structural Engineering, Enero 1995.

Mediante este estudio realizado verificaremos si los muros de concreto armado de nuestras edificaciones son admisibles según el parámetro de la distorsión, esquematizándolos en el peor de los casos.

Conveniencia.

La presente investigación tiene el propósito de aplicar los conocimientos adquiridos en la formación académica de la Carrera Universitaria. Además de usar el modelo propuesto por Wallace.

Para validar dicho análisis de diseño Estructural-Sismo Resistente, en condiciones que respecta a nuestro País, se evaluarán los

resultados obtenidos por un nomograma elaborado según los datos de la edificación en estudio y, finalmente, estos serán comparados con la Norma E-0.30 versión 2014, siendo éste, el Documento Formal de Estándares permisibles en Perú.

Relevancia Social.

La presente propuesta es una alternativa en cuanto a optimización de tiempo de desarrollo de diseño estructural hacia una Evaluación de muros de concreto armado según el parámetro de la distorsión.

Dicha propuesta de Evaluación en su totalidad es controversial, pues podríamos decir que sería un camino más práctico comparado con el uso de la Norma Sismo Resistente de nuestro País, haciendo que los análisis de este y otros proyectos se realicen de manera automática, verificándose parámetros admisibles finales tales como, Esfuerzos Cortantes Últimos, Distorsión, Deformación, etc.

Implicancias Prácticas.

La Propuesta descrita en la presente Tesis es un aporte académico el cual puede ser empleado en otros proyectos con la misma línea de estudio y con el mismo fin.

Alcances.

Los Proyectos, los cual son tomados como muestra de análisis, es una Edificación con uso para viviendas. Nos permiten realizar el Análisis mediante los Desplazamientos Esperados y verificados con la Norma E 0.30-2014.

Como se mencionó antes, el estudio presentado puede emplearse

para Evaluaciones de otras Edificaciones que se realicen en nuestro País con el mismo fin y, a su vez, en otros Países; con la diferencia que, dependiendo de las condiciones en donde se Evalúe la Edificación en estudio, deberá emplearse la Norma y Parámetros Admisibles correspondientes.

1.5. Limitaciones de la investigación.

En el aspecto del Análisis de la Edificación – No existen limitaciones para este análisis. Si bien es cierto, se está evaluando muros de concreto armado de una edificación con una nueva metodología, dicha metodología es aplicada también para los distintos elementos estructurales.

En el aspecto Aplicativo de la Propuesta – No existen limitaciones para la aplicación de dicha propuesta, puesto que se emplean valores universales, los cuales se obtienen según normas en los distintos países, para que de esta manera puedan ser empleados y aplicados en las formulaciones de la propuesta y así se vea su funcionalidad y versatilidad en los diferentes proyectos en estudio.

1.6. Viabilidad de la Investigación.

Para el desarrollo de la Tesis en el programa "TITES", se debe prever si el tema es Viable o No. Esto se concluye analizando puntos como costos de Inversión, Información Adecuada, Tiempo Necesario, etc.

La tesis se define como Analítica, es por eso que no demanda mucho costo, ya que consiste en un trabajo de Análisis y comparación, no se gasta crédito en ensayos sino tiempo en comprobaciones.

El tiempo del programa "TITES" permite un tiempo suficiente para evaluar y concluir la Tesis a realizar.

Con los puntos mencionados concluimos que la Viabilidad de la Investigación es conforme para la Tesis propuesta.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación.

2.1.1. En el Ámbito Internacional.

- **Wallace, I & Moehle, A. (1992).** Propuesta de Análisis y Diseño de muros de corte basándose en un Modelo de Desplazamientos Esperados.

El capítulo 5 toma como referencia la investigación realizada por Wallace, el cual fuera publicada por el ASCE Journal of Structural Engineering (1995), donde se fundamenta el propuesto modelo de análisis para determinar los esfuerzos de corte máximos de cada elemento estructural, los requerimientos a corte, como también la densidad mínima de muros de corte en cada dirección, basándose en los desplazamientos esperados usando el espectro de pseudo desplazamientos y las esperadas demandas de curvatura.

2.1.2. En el Ámbito Nacional.

- **Cavero, R. (2007).** Control de la Falla por Deslizamiento en placas de Concreto Reforzadas con Mallas Electrosoldadas Proyecto Sencico-PUCP: Fondo Editorial ICG.

Con el apoyo financiero de SENCICO y la colaboración de las empresas UNICON y PRODAC, se ejecutó este proyecto en las instalaciones del Laboratorio de la Universidad Católica del Perú. El proyecto tuvo por finalidad evitar la falla por deslizamiento que se produce en la base de las placas reforzadas con malla electrosoldada,

cuando ellas se encuentran sometidas a terremotos. En el desarrollo del proyecto se ensayaron a carga lateral cíclica 3 minutos a escala natural, determinándose la necesidad de reforzar su base mediante espigas de acero dúctil, capaces de soportar la fuerza cortante actuante. De emplearse el refuerzo mencionado, las placas podrían ser diseñadas utilizando un factor de reducción de fuerzas sísmicas $R=4$, aceptando Distorsiones Angulares de hasta 0.007; en caso contrario, debería emplearse $R=3$ y una Distorsión no mayor que 0.005.

- **Hernández, L. (2012).** Diseño Estructural de un Edificio de Vivienda de Albañilería Confinada.

La presente tesis tiene como objetivo el análisis y diseño estructural de un edificio de 5 pisos con tanque elevado destinado al uso de viviendas, ubicado en Lima. Este proyecto se ha desarrollado empleando sistemas de construcción en el Perú: Muros de Albañilería Confinada y Elementos de Concreto Armado.

El edificio se proyecta sobre un terreno rectangular de aproximadamente 260 m², con un área techada de 235 m², distribuido de modo que todos los pisos cuentan con cuatro departamentos de aproximadamente 50 m². Los accesos se encuentran en las zonas laterales del edificio del primer piso, los cuales conducen a la escalera que une los cinco niveles.

El terreno sobre el cual se encuentra el edificio es una grava arenosa típica de Lima cuya capacidad admisible es de 4.0 kg/cm², a una profundidad de 1.50 m.

En cuanto al diseño del edificio, se emplearon muros de corte tanto de albañilería confinada y de concreto armado. Se buscó una distribución que garantice una rigidez adecuada en ambas direcciones con la finalidad de controlar los desplazamientos laterales y evitar problemas

de torsión, en conjunto con el uso de dinteles y vigas peraltadas en la zona correspondiente a la caja de la escalera.

Definido lo anterior, se procedió a pre-dimensionar los elementos estructurales principales (losas macizas, vigas, columnas, muros de albañilería y de concreto armado), siguiendo los criterios y recomendaciones de los libros de diseño estructural empleados en esta tesis.

A continuación se procedió a realizar el metrado de cargas verticales para el análisis sísmico, cumpliendo con lo estipulado en las normas E.020 y E.030 de Cargas y de Diseño Sismo Resistente, respectivamente, con especial énfasis en las solicitudes de la norma E.070 de Albañilería para los muros respectivos.

Posterior al análisis y verificación del cumplimiento de los requisitos y comprobación sísmica global del edificio, se diseñaron los elementos estructurales según la norma E.060 de Concreto Armado y en el caso de los muros de albañilería confinada, de acuerdo a la norma E.070. Tales elementos diseñados fueron los siguientes: losas macizas, vigas, muros de corte de concreto (placas), muros de albañilería, escalera, tanque elevado y cimentación, esta última tomando en consideración la Norma E.050 de Cimentaciones.

Finalmente se presenta el presupuesto correspondiente al casco de la estructura, con precios actualizados al mes de setiembre del presente año.

– **Norma E.030 Diseño Sismoresistente (2014).**

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento

de las existentes y a la reparación de las que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

- **Peña, V. (2011).** Análisis Dinámico de una Edificación de 9 Pisos de acuerdo a la Norma E.030-97

Se realiza el Análisis Dinámico de un Edificio de Viviendas de Nueve Pisos. El Edificio está compuesto en su mayoría por Muros de Corte (Placas). El Objetivo principal es obtener las fuerzas, desplazamientos y distorsiones de la estructura. Para esto se realiza un Análisis Dinámico por Superposición Modal, y se comparan los Resultados con la Norma E.030-97.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Definiciones Conceptuales.

RESPUESTA DE LAS ESTRUCTURAS A ACCIONES SÍSMICAS

La evidencia del fracaso estructural en los terremotos del pasado muestra claramente que los muros de corte ofrecen protección excelente a los edificios en las regiones sísmicas. Entendiendo la conducta de los elementos de concreto reforzado a carga cíclicas es posible predecir la conducta de muros de corte bajo un terremoto.

Casi todos los datos relativos al comportamiento inelástico de los elementos de concreto reforzado se han obtenido del trabajo teórico o de pruebas, en que se han aplicado cargas monotónicamente hasta que se alcanza su carga máxima. Pocos investigadores han intentado determinar el comportamiento de secciones de muros de corte bajo carga de alta intensidad, típica de los movimientos sísmicos.

Casi todas las teorías se basan en un perfil supuesto de deformación lineal sobre el peralte de la sección y curvas idealizadas de Esfuerzo – Deformación para el concreto y el acero. Por lo general el ciclo momento – curvatura se obtiene calculando el momento y la curvatura que corresponde a un rango de deformaciones en la fibra extrema del elemento. Para una deformación dada en la fibra extrema, se ajusta la profundidad del eje neutro hasta los esfuerzos en el

concreto y acero, determinado del perfil de deformación y las curvas de esfuerzo – deformación para los materiales y tomando en cuenta la historia previa de deformaciones, que produzcan fuerzas internas que balanceen las fuerzas externas que actúan en la sección. Entonces se calculan el momento y curvatura correspondiente a ese perfil de deformación.

A.- EFECTOS DE LA VELOCIDAD DE CARGA

Ya que las cargas son dinámicas, es necesario considerar el efecto de las cargas rápidas en una estructura. Las cargas extremadamente rápidas pueden producir un aumento significativo en la resistencia, tanto del concreto como del acero. Los movimientos sísmicos pueden provocar una diversidad de velocidades de deformación, según el periodo de vibración de la estructura y de la demanda de ductilidad. Para estructuras que tienen pequeño periodo de vibración y una elevada demanda de ductilidad, las velocidades de deformación son sorprendentemente altas y pueden producir un aumento significativo de resistencia en los materiales.

B.- EFECTOS DE CARGAS CÍCLICAS EN LAS ESTRUCTURAS

Las estructuras sujetas a movimientos intensos de sismos sufren varias inversiones de cargas que incursionan bastante en el intervalo inelástico durante un terremoto. Normalmente, se supone que las relaciones de momento –

curvatura, en las secciones críticas de la estructura bajo cargas cíclicas repetidas hasta el intervalo de cedencia, son Elasto-plásticas Bi-lineales, en los estudios dinámicos del comportamiento de estructuras (Kato, Akiyama y Yamanouchi, 1973, p. 119).

Sin embargo, se debe notar que el comportamiento real de los elementos de concreto reforzado es bastante distinto de esta relación supuesta Elasto - plástica. En especial, ocurre una reducción apreciable de rigidez con las cargas cíclicas. La reducción en la rigidez no impide que un elemento debidamente detallado alcance la resistencia a flexión de diseño, pero la deformación que alcanza la resistencia a flexión es mayor. Una reducción de la rigidez debida a la deformación inelástica provoca un aumento en el periodo de vibración de la estructura, que altera su respuesta al sismo.

C.- CURVAS ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL ACERO

Estudios realizados por Kent y R. Park muestran la curva Esfuerzo – Deformación para el acero bajo cargas cíclicas. La figura a continuación proporciona la forma general de la curva. La trayectoria de descarga para esfuerzos en ambos signos sigue la pendiente elástica inicial. La idealización en la rama plástica es solamente una aproximación. Después de la incursión a la primera cedencia, las ramas de carga curva Esfuerzo - Deformación pueden representarse mediante la relación de

Ramberg - Osgood:

$$\varepsilon_s - \varepsilon_{si} = \frac{f_s}{E_s} \left(1 + \left| \frac{f_s}{f_{ch}} \right| \right) \text{----- Ec. (1)}$$

Los podemos apreciar en la Fig.1. mostrada a continuación:

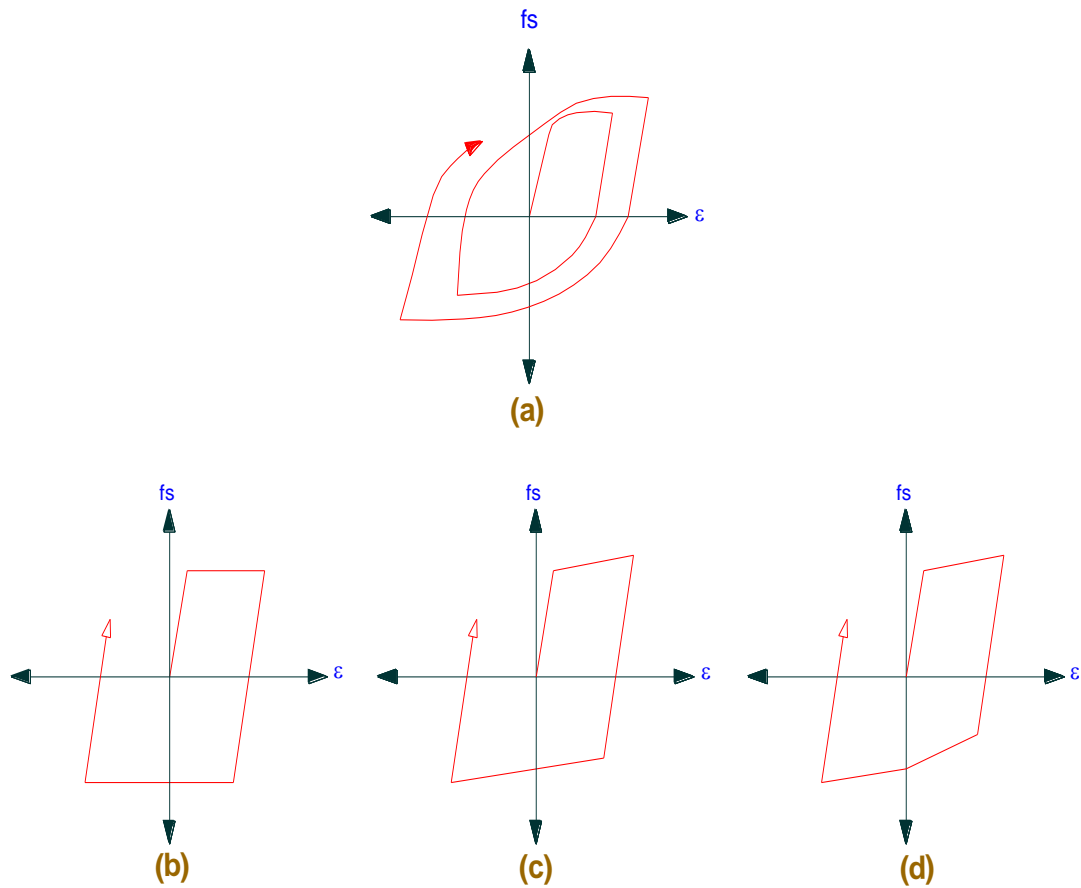


Fig.1. Diagrama de comportamiento del acero, (a) Comportamiento real, (b) Modelo Elástico – Plástico, (c) Modelo bi-lineal, (d) Modelo Bauschinger.

Fuente: Clough y Penzien, (1975).

Con los siguientes valores empíricos determinados por Kent y Park para acero de grado intermedio se obtiene los esfuerzos:

$$f_{ch} = f_y \left[\frac{0.744}{\ln(1 + 1,000 \varepsilon_{ip})} - \frac{0.071}{1 - e^{-1,000 \varepsilon_{ip}}} + 0.241 \right] \text{----- Ec. (2)}$$

Donde:

ε_s : Deformación del acero.

ε_{si} : Deformación del acero al principio de la corrida de la carga.

f_s : Esfuerzo del acero.

E_s : Módulo de elasticidad.

ε_{ip} : Deformación plástica del acero producida por la corrida anterior de carga.

D.- CURVA ESFUERZO – DEFORMACIÓN DEL CONCRETO

Blakeley y Park (1973) nos muestran en sus estudios realizados las curvas típicas Esfuerzo – Deformación, las que son obtenidas por medio de ensayos de probetas de concreto, cargados en compresión uniaxial, en una prueba desarrollada durante varios minutos. Las curvas casi son lineales hasta aproximadamente un medio de la resistencia a compresión. El piso de la curva para el concreto de alta resistencia es relativamente agudo, pero para concreto de baja resistencia la curva tiene un copete plano.

La deformación en el esfuerzo máximo es aproximadamente 0.002. A deformaciones más elevadas, después de alcanzar el esfuerzo máximo, todavía puede transmitirse esfuerzos aunque se hacen visibles en el concreto, grietas paralelas en la dirección de la carga. Tal como vemos en el Gráfico 1.

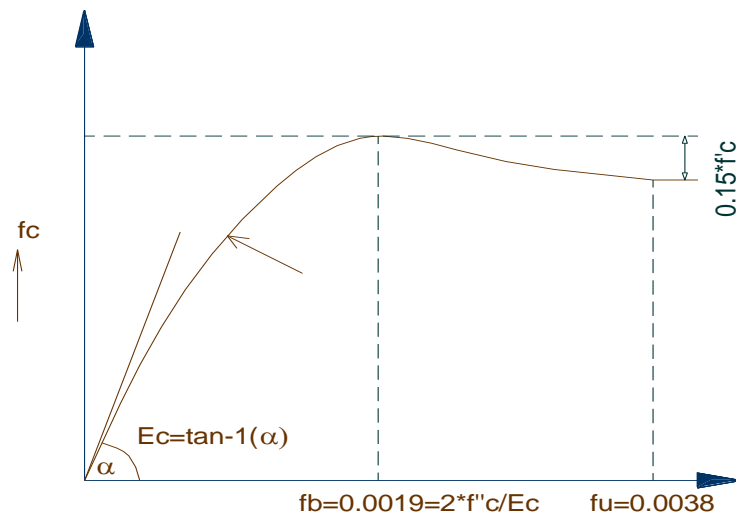


Gráfico 1. Curva idealizada Esfuerzo - Deformación para el concreto en compresión uniaxial.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

Las pruebas de H. Rusch han indicado que el perfil de la curva Esfuerzo - Deformación antes del esfuerzo máximo, depende de la resistencia del concreto. Sin embargo, una aproximación muy usada para el perfil de curva Esfuerzo - Deformación antes del esfuerzo máximo es una parábola de segundo grado. Tal como se aprecia en el Gráfico. 2.

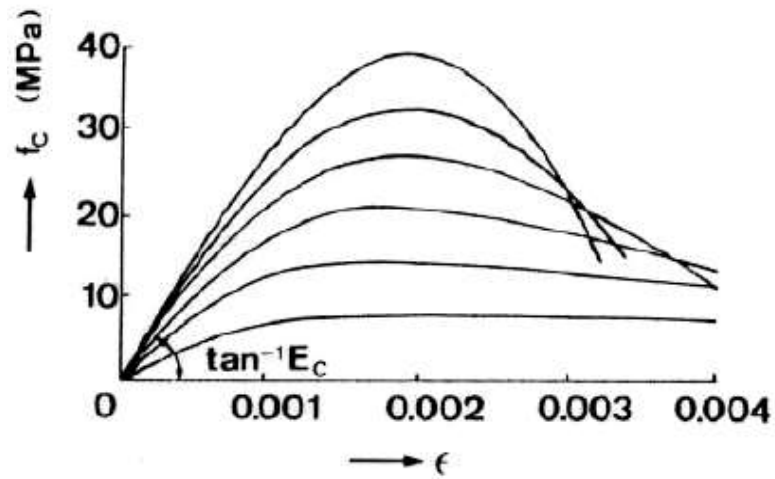


Gráfico 2. Curva Esfuerzo – Deformación para probetas de concreto cargados en compresión uniaxial.

Fuente: Rusch, (1960).

Las cargas repetidas a compresión de elevada intensidad producen un efecto pronunciado de histéresis en la curva Esfuerzo – Deformación. La figura muestra datos de prueba obtenidos para tasas lentas de deformación. Esas pruebas indicaron que la curva envolvente es casi idéntica a la curva obtenida de una sola aplicación continua de carga. Tal como apreciamos en Gráfico. 3.

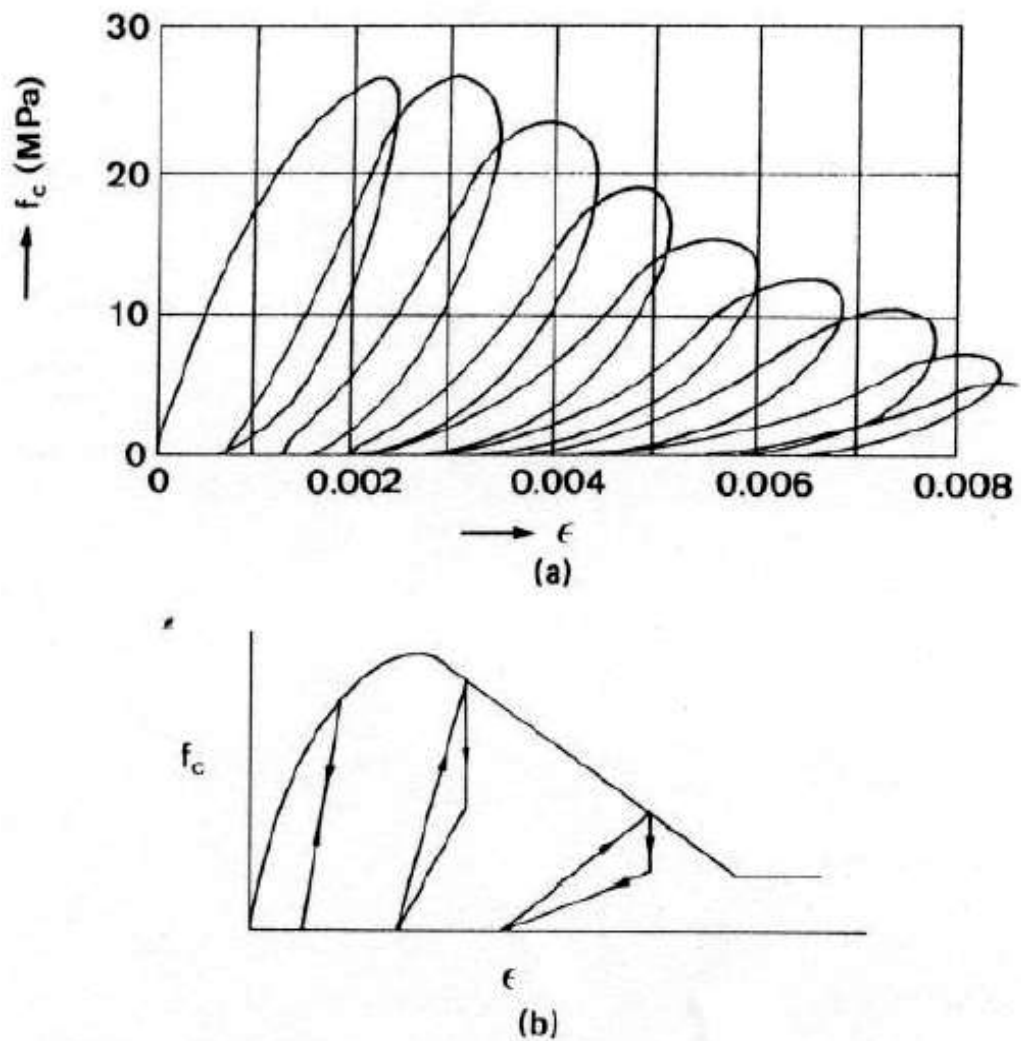


Gráfico 3. (a) Curva Esfuerzo – Deformación para probetas de concreto con carga cíclica de compresión axial repetida de alta intensidad, (b) Idealización del comportamiento Esfuerzo – deformación del concreto con cargas cíclicas.

Fuente: Rusch, (1960).

MUROS DE CORTE ESBELTOS

RESISTENCIA

A.- RESISTENCIA A FLEXIÓN BAJO ACCIONES SÍSMICAS

Los muros de corte, especialmente en zonas no afectadas por sismos, el requerimiento de resistencia para el acero a flexión no es grande. Se puede resumir que los factores que afectan las relaciones carga - deflexión de los elementos sujetos a grandes deformaciones inelásticas alternadas es como sigue (Park y Paulay, 1991):

- 1.- El comportamiento inelásticos del refuerzo de acero.- El acero con carga alternada en el intervalo de cedencia muestra el efecto de Bauschinger, donde la curva de Esfuerzo - Deformación es no lineal a un esfuerzo mucho menor de la resistencia inicial de cedencia.
- 2.- El grado de agrietamiento del concreto.- La apertura y cierre de grietas provoca un deterioro del concreto, por lo que produce una degradación en la rigidez. A mayor proporción de la carga que transmita el concreto, mayor será la degradación de rigidez.
- 3.- La efectividad de la adherencia y el anclaje.- Bajo cargas cíclicas de alta intensidad ocurre un deterioro gradual de la adherencia entre el concreto y el acero.

4.- La presencia de cortante. Las fuerzas cortantes altas producen una pérdida adicional de rigidez, debido a la mayor deformación cortante en las zonas de articulación plástica bajo las cargas alternadas.

La influencia de algunos factores en la rigidez de un muro de corte reforzado en ambos lados, puede idealizarse como una viga en voladizo, cuando la viga se carga hacia abajo, penetrando bastante en el rango inelástico del acero en tensión, las grietas no se cierran completamente en la descarga, sino que permanecen abiertas, debido a las deformaciones plásticas residuales del acero. Sin embargo si se carga el elemento en la dirección opuesta, la resistencia a la rotación será menor que la correspondiente, durante la primera carga; debido a que la presencia de grietas abiertas en la zona de compresión, significa que el acero a compresión transmite toda la compresión. En consecuencia, la rigidez a flexión de la sección solo es la del acero, la que se reduce aun más, cuando el acero en compresión alcanza el nivel de esfuerzo, en el que comienza el efecto de Bauzchinger y se comporta inelásticamente.

Como se muestra, las grietas en la zona a compresión pueden llegar a cerrarse, según la magnitud de las cargas y las cantidades relativas de acero superior e inferior. Cuando las grietas se cierran aumenta la rigidez del elemento, ya que en ese tiempo el concreto nuevamente transmite cierta compresión. Si las grietas no se cierran el miembro esta descargado, se puede agrietar la sección crítica en todo su peralte. El ancho de este agrietamiento de peralte total depende de la

cantidad de cedencia y de la efectividad de la adherencia.

El abrir y cerrar las grietas en las zonas que alternan entre tensión y compresión pueden gradualmente conducir a un deterioro en la resistencia a compresión del concreto debido a que las caras de las grietas no pueden entrar en contacto pleno, debido al ligero movimiento lateral relativo de las partículas en la grieta.

Todo ello conlleva a que en una sección eficiente de muro de corte, sujeta a momentos considerables, el grueso del refuerzo a flexión se coloque próximo al borde a tensión. Así como apreciamos en la Fig. 2.

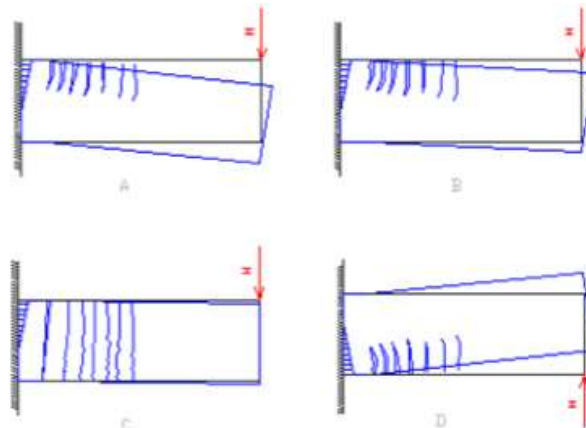


Fig. 2. Efecto de carga invertida de un muro de concreto reforzado. (a) Al final de la primera carga, (b) Después de descarga, (c) Al Inicio de la carga invertida, (d) Al Final de la carga invertida.

Fuente: Park y Paulay, (1991).

Debido a las inversiones de momentos originados bajo cargas laterales, normalmente se requieren cantidades iguales de refuerzo en ambos extremos. Por

tanto, de ser necesario se puede resistir una gran parte del momento flector mediante el “par de acero” interno, lo que da mejores propiedades de ductilidad. Debido a la gran área de la sección transversal, con frecuencia la carga axial de compresión en los muros de corte es mucho menor que la que provocaría una condición de falla balanceada (P_b). Como resultado de ello, por lo general se aumenta la capacidad de momentos por las fuerzas de gravedad en los muros de corte. Sin embargo, se debe recordar que la compresión axial reduce la ductilidad.

Cuando es deseable aumentar la ductilidad de un muro de corte en voladizo (normalmente en su base, donde los momentos de volteo y la compresión axial son máximos) se debe confinar el concreto en la zona de compresión. Se sugiere que el acero de confinamiento se suministre de la misma manera que en las columnas de estribo y que se distribuye al menos sobre la parte del peralte l_w , donde se requieran deformaciones del concreto superiores a 0.003 ó 0.004 dependiendo de la calidad del concreto, cuando alcanza la ductilidad deseada. En todo caso, se deben suministrar estribos transversales alrededor de las varillas a flexión, que pueden estar sujetas a cedencia en compresión, al menos de la misma manera que en las columnas cargadas axialmente, para evitar el pandeo de esas varillas, lo que es especialmente importante en la región de una articulación plástica que se puede extender por la altura completa de un piso o más. En tal distancia, es improbable que los estribos nominales espaciados al máximo especificado por el código, sean suficientes cuando varios choques sísmicos puedan provocar cedencia en ambos extremos de la sección del muro de

corte. Sólo los estribos espaciados estrechamente pueden retener el núcleo del concreto agrietado dentro de las varillas verticales a flexión en los extremos de la sección e impedir el pandeo de las varillas longitudinales.

Es necesario considerar la inestabilidad de muros delgados de corte. En forma conservadora, se pueden tratar las fibras extremas de la sección del muro como una columna aislada sujeta a compresión axial únicamente, que puede pandearse alrededor del eje débil de la sección. De ser necesario aumentar la rigidez a flexión de la sección del muro en la dirección transversal mediante un contorno. Esto puede ser necesario en el primer entrespacio de un edificio, donde con frecuencia las acciones máximas ocurren sobre las mayores longitudes libres.

B.- RESISTENCIA AL CORTANTE BAJO ACCIONES SÍSMICAS

Se puede evaluar la resistencia al cortante de muros de corte de la misma manera que en vigas. Se puede dar margen adecuado para la contribución de la compresión axial, en incrementar la participación del mecanismo resistente al cortante del concreto, medido por el refuerzo v_c . También se debe considerar el efecto adverso de las aceleraciones verticales incluidas por los sismos. En la base del muro, donde es posible la cedencia del acero a flexión en ambas caras, se debe despreciar la contribución del concreto a la resistencia al cortante, cuando el refuerzo P_u , de compresión axial en el área bruta de muros es menor que $0.10 f'_c A_g$ para muros con refuerzo simétricos y $0.05 f'_c A_g$ para muros con refuerzo anti-simétrico (Wallace, 1995), que posiblemente se podría compensar esta pequeña compresión mediante la aceleración vertical que provocará tensión.

Se debe suministrar refuerzo a cortante en forma de estribos horizontales, al menos en la longitud posible de la articulación plástica en la base del muro, para transmitir todo el esfuerzo cortante. Se llegó a considerar que el efecto de la relación de forma del muro en la resistencia a cortante era importante en muros de corte poco esbeltos.

El mínimo refuerzo de 0.25% en la dirección horizontal, cuando se ancla debidamente, resiste un refuerzo cortante nominal equivalente de $2\sqrt{f'_c}$. El concreto resistirá al menos la misma cantidad cuando el acero a flexión esté en el rango elástico. En consecuencia, en las partes superiores reforzadas

nominalmente de los muros de corte en voladizo rectangulares, se dispone de un refuerzo cortante equivalente de $4\sqrt{f'_c}$, que con frecuencia es más que adecuado (Park y Paulay, 1991).

La distribución de acero vertical afecta el peralte efectivo de una sección de muro de cortante rectangular. Al aplicar las ecuaciones apropiadas para el refuerzo cortante nominal y para el refuerzo de estribos, no es necesario tomar el peralte efectivo menor que $0.8l_w$, lo que es una buena aproximación para los casos comunes.

Es necesario considerar el efecto del agrietamiento diagonal en la distribución de esfuerzo a flexión en el acero, de la misma manera que en las vigas. Para cortar el refuerzo vertical en las partes exteriores de la sección del muro, se debe utilizar el desplazamiento apropiado del diagrama de momento flector.

COMPORTAMIENTO

A.- COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN

1.- Rango elástico previo al agrietamiento:

- El refuerzo de acero longitudinal de la sección prácticamente no trabaja.
- Los esfuerzos en la sección se pueden determinar mediante las ecuaciones de resistencia de los materiales.
- Agrietamiento se produce cuando se alcanza el valor del módulo de ruptura o resistencia a la tracción del hormigón.

2.- Rango elástico previo al post - agrietamiento:

- El comportamiento de la curva se aprecia una discontinuidad al producirse el agrietamiento.
- Desaparece la contribución del hormigón en la zona en tracción.
- El acero de refuerzo longitudinal toma la tracción en el lado agrietado del muro, mientras el hormigón resiste las compresiones.
- Disminuye la rigidez de la sección.

- El comportamiento de la sección continua lineal hasta que el hormigón y/o el acero de refuerzo entran en el rango no lineal.

3.- Rango no – lineal:

- Comienza cuando alguno de los materiales componentes entra en el rango no-lineal.
- La rigidez disminuye progresivamente debido al avance de las grietas hacia la zona en compresión.
- Comienzan a aparecer grietas horizontales de menor dimensión en las secciones superiores.
- La disminución de la rigidez continúa hasta que la sección alcanza su capacidad a flexión.
- Esta capacidad tiende a permanecer constante mientras que el acero en tracción fluye, definiendo una "meseta" en la curva carga deformación.
- Se presenta un tramo final en el cual la carga disminuye gradualmente hasta la falla.

B.- CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN

- El diagrama de momentos debido a acciones sísmicas tiene un máximo en la base del muro.
- Si el muro fuera reforzado exactamente de acuerdo al diagrama de momentos, todas las secciones alcanzarían su capacidad y desarrollarían rótulas plásticas.
- Esto requeriría detalle especial del refuerzo longitudinal y provisiones especiales de diseño al corte para toda la altura del muro.
- Además, la envolvente de la distribución de momento flector durante la respuesta dinámica del edificio, es diferente de la distribución de momento obtenida de las fuerzas laterales equivalentes de las normas de diseño.

En la Fig. 3 presentamos el Diagrama de Momento flector con el comportamiento descrito.

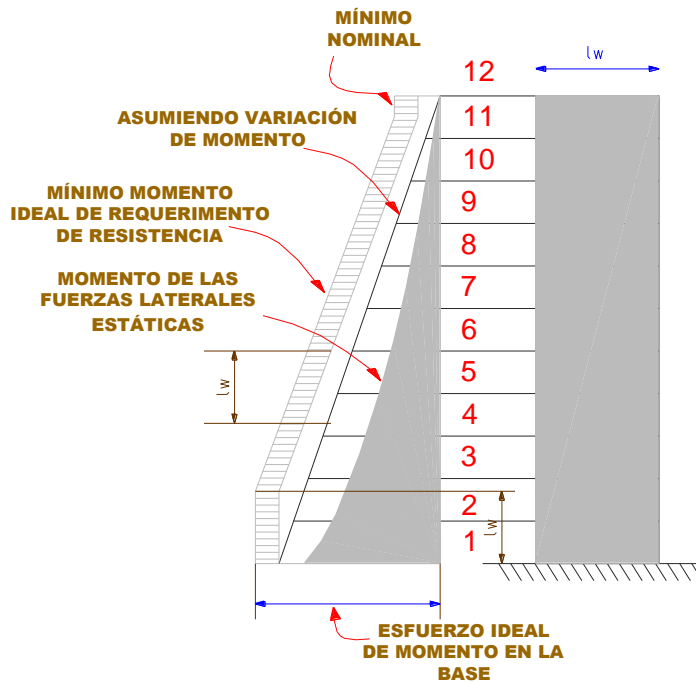


Fig. 3. Diagrama de Momento Flector.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, 2010

- Se recomienda disponer el refuerzo de forma que el momento resistente en la base se mantenga por al menos a una altura igual a la longitud del muro l_w .
- Esto se logra disponiendo las barras por lo menos una longitud de anclaje más allá de lo requerido.
- Dadas las provisiones anteriores, en muros en voladizo las zonas plásticas tiende a concentrarse en la base del muro.

- En el estado último, la distribución de curvatura se puede idealizar como lineal desde el tope hasta la sección con f_y . De ahí la curvatura aumenta rápidamente hasta alcanzar f_u en la base.
- La rótula plástica corresponde a la zona plástica de longitud l_p .
- Ductilidad de desplazamientos μ_Δ : mide la capacidad de deformarse en el rango no lineal.
- Donde Δu y Δy son los desplazamientos últimos y de fluencia respectivamente:

$$\mu_\Delta = \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad \text{----- Ec. (3)}$$

- Dada la capacidad de rotación no lineal de las secciones críticas, la ductilidad disponible se determina de un análisis no lineal de la estructura.

A continuación mostramos la Fig.4 que nos representa la Ductilidad de desplazamiento.

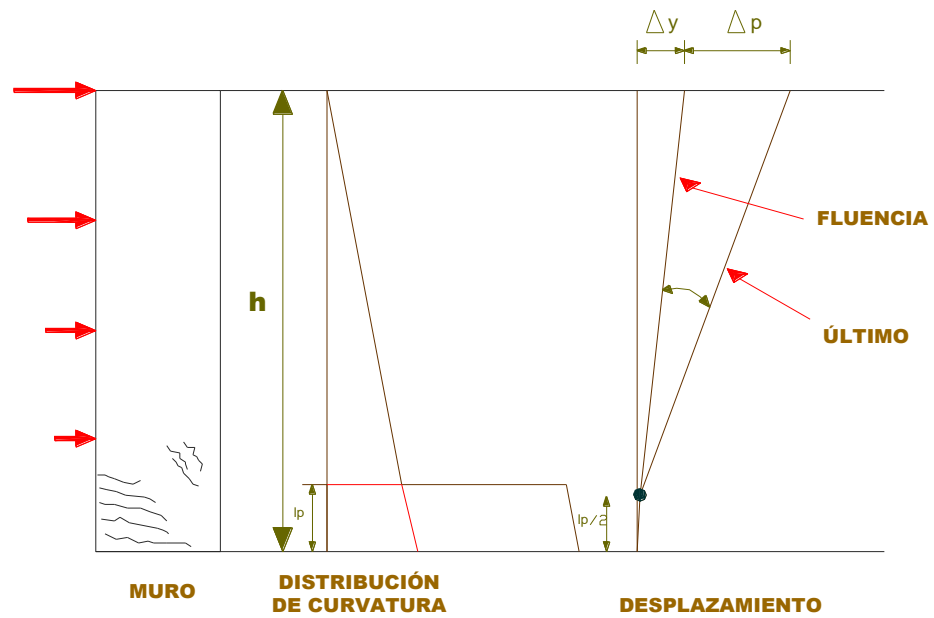


Fig. 4. Diagrama de la Ductilidad de Desplazamiento.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, 2010

Desplazamientos y rotaciones en la altura del muro se pueden calcular integrando la distribución idealizada de curvatura.

C.- COMPORTAMIENTO A CORTANTE

- Dados los requerimientos de ductilidad y la capacidad de disipación de energía, no debe permitirse que el corte controle la respuesta de los muros estructurales.
- Es indispensable contar con una buena evaluación de la resistencia disponible a corte.
- El esfuerzo cortante, degrada los elementos que estén sometidos a demandas de deformaciones cíclicas en el rango no lineal.
- Evidencia experimental muestra que los muros con cuantías de refuerzo inadecuadas tienden a presentar falla por compresión diagonal por efectos de la degradación en la resistencia a corte.
- Presenta características típicas tales como el agrietamiento diagonal y degradación brusca de la rigidez y por consecuencia de la resistencia, al momento de alcanzar la falla.
- Este tipo de falla es peligrosa pues se presenta en forma frágil con muy poca capacidad de deformación no-lineal.

- El extenso daño sufrido por el alma agrietada en forma diagonal reduce en forma significativa la capacidad de desarrollar la rótula de compresión diagonal, que sustenta el mecanismo de resistencia a corte.

1.- Rango elástico previo al agrietamiento:

- Zona lineal – elástica muy rígida, en la que son válidos los principios de resistencia de los materiales.
- Termina al producirse el agrietamiento diagonal en el muro, cuando la tracción principal en el alma alcanza el módulo de ruptura o resistencia a la tracción del concreto.

- *Agrietamiento diagonal por flexión.*

La grieta diagonal se desarrolla a partir de grietas a flexión que se inclinan hacia el interior del elemento. Según la Fig. 5.

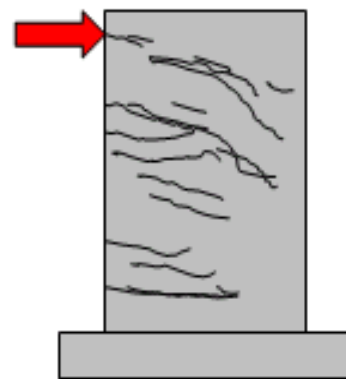


Fig. 5. Agrietamiento Diagonal por flexión.

Fuente: Paulay, (1992).

En ambos casos, la resistencia al agrietamiento diagonal es un problema de tensiones principales. Según la Fig. 6.

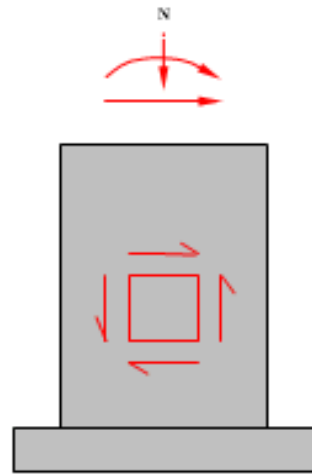


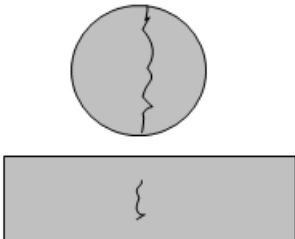
Fig. 6. Esfuerzos de corte.

Fuente: Paulay, (1992).

Los parámetros más importantes de las tensiones principales son:

- Resistencia a la tracción o módulo de ruptura del hormigón.
- Esfuerzo axial.
- Esbeltez.
- En comportamiento de la contribución del refuerzo en este tramo se considera despreciable, como lo indica la evidencia experimental. De esta forma, la aparición del agrietamiento diagonal es prácticamente independiente de la cuantía de refuerzo del muro.
- Módulo de ruptura del hormigón en unidades kg/cm^2 :

A continuación veremos valores del Módulo de Ruptura del Concreto en el Gráfico. 4.



<u>ENSAYO</u>	<u>DISEÑO</u>
$2 \sqrt{f_c}$	$1.1 \sqrt{f_c}$
$2.7 - 2.9 \sqrt{f_c}$	$2.0 \sqrt{f_c}$

Gráfico 4. Valores del Módulo de Ruptura del Concreto

Fuente: Elaboración Propia

- *Agrietamiento diagonal por flexión*

- Esfuerzo máximo de Tracción por flexión	- Esfuerzo de compresión en el alma.
$f_{flex} = \frac{M * l_w}{2 * I}$	$n = \frac{N}{l_w h} = \frac{N}{A_g}$
- Esfuerzo de tracción máximo:	
$f_t = \frac{M l_w}{2 * I} - \frac{N}{A_g}$	
----- Ec. (4)	

Haciendo f_t igual al módulo de ruptura $f_{ct} = 1.6 \sqrt{f_c}$ y reemplazando A_g e I , se obtiene el valor del momento M_{cr} que produciría la grieta por flexión:

$$M_{cr} = \frac{h}{6} l_w^2 \left(1.6 \sqrt{f_c} + \frac{N}{h l_w} \right) \text{----- Ec. (5)}$$

- M_{cr} producirá una grieta horizontal en el extremo de la sección. Para que esta grieta se incline hacia el alma, debe aparecer a una altura mínima sobre la base del muro. Para efectos de diseño se supone $l_w/2$. Se trata entonces de encontrar el corte V asociado al desarrollo de M_{cr} en la sección a $l_w/2$ de altura.
- Suponiendo que el momento varía linealmente en la altura, desde cero hasta M_{base} , entonces el corte es constante. Suponiendo además que se conoce el cociente M_{base}/V_{base} , entonces se cumple la siguiente relación:

$$V = \frac{M_{cr}}{\frac{M_{base}}{V_{base}} - \frac{l_w}{2}} \quad \text{----- Ec. (6)}$$

Reemplazando Ec.(9) en la Ec.(10):

$$V = \frac{\frac{h}{6} l_w^2 \left(1.6 \sqrt{f'c} + \frac{N}{h l_w} \right)}{\frac{M_{base}}{V_{base}} - \frac{l_w}{2}} \quad \text{----- Ec. (7)}$$

- Utilizando la profundidad efectiva $d = 0.8 l_w$

$$V = \frac{l_w \left(\frac{1}{3} \sqrt{f'c} + 0.21 \frac{N}{h l_w} \right) t d}{\frac{M_{base}}{V_{base}} - \frac{l_w}{2}} \quad \text{----- Ec. (8)}$$

- Experimentos han mostrado que la resistencia es consistentemente mayor que este valor. Se corrige entonces agregando un esfuerzo resistente $0.16\sqrt{f'c}$:

$$V = \left[0.16\sqrt{f'c} - \frac{l_w \left(\frac{1}{3}\sqrt{f'c} + 0.21 \frac{N}{hl_w} \right)}{\frac{M_{base}}{V_{base}} - \frac{l_w}{2}} \right] td, \text{ en Kg/cm}^2 \text{ -----Ec. (9)}$$

En todo caso el valor mínimo de V_c es:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c} * td \text{ ----- Ec. (10)}$$

2.- Rango post- agrietamiento:

- Transferencia de corte a través del hormigón en la cabeza de compresión del muro.
- El esfuerzo de corte es transmitido por el efecto trabazón de los agregados entre ambas caras de la grieta.

Podemos apreciar el Rango Post-Agrietamiento en el Gráfico 5. de la Resistencia Nominal al Corte de Muros.

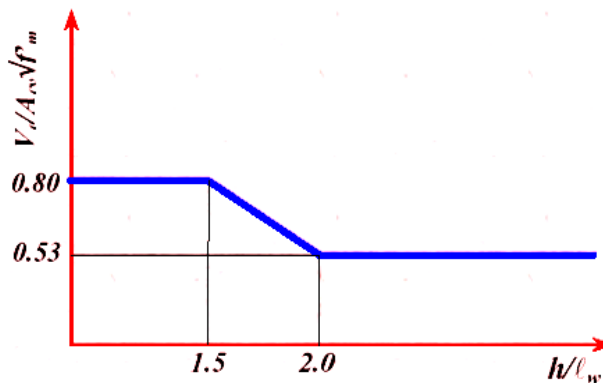


Gráfico 5. Resistencia Nominal al corte de Muros.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

- Contribución del refuerzo que atraviesa la grieta.
- Esfuerzos axiales en el refuerzo transversal.
- Esfuerzos de corte por "efecto tarugo" en el refuerzo longitudinal.

En la Fig. 7. observamos el comportamiento de un Muro de Concreto con refuerzo de Acero tras el “efecto tarugo”

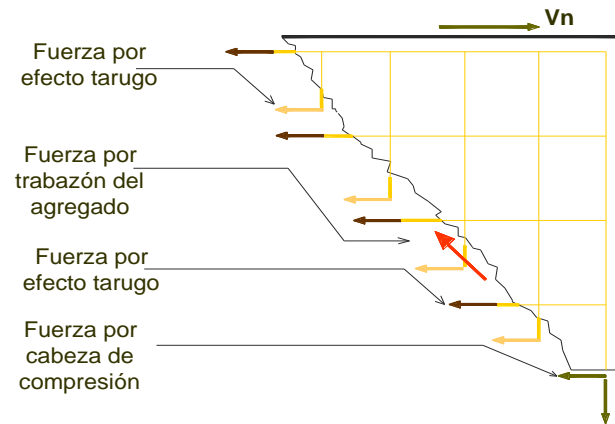


Fig. 7. Esfuerzo de Corte en un Muro.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

D.- CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO A CORTE

- Una vez que la grieta se ha abierto lo suficiente, el efecto de trabazón de los agregados se pierde.
- El deslizamiento es resistido únicamente por el efecto tarugo del refuerzo longitudinal.
- El resultado son grandes desplazamientos por deslizamiento.
- El comportamiento se refleja en el fuerte grado de punzonamiento que se aprecia en los ciclos de histéresis.

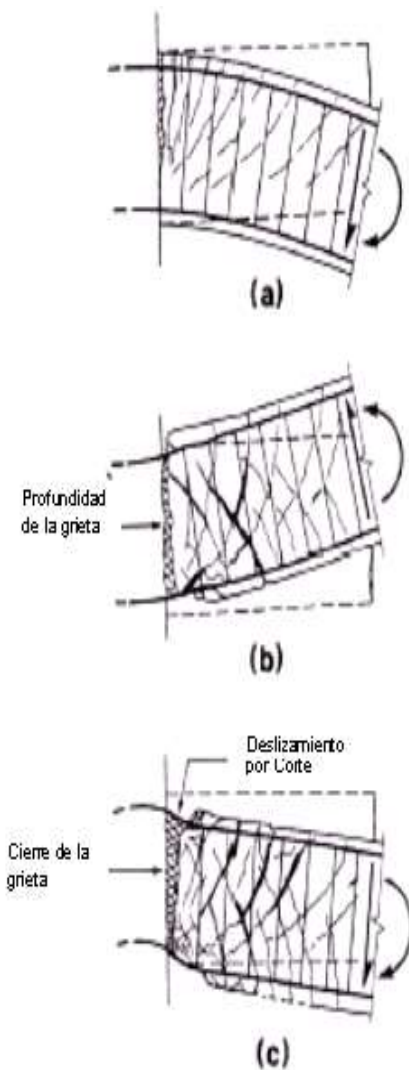


Fig. 8. Respuesta a Corte.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

Observaremos en la Fig. 8 el comportamiento al Corte a Compresión, Tracción y Desgarro, respectivamente.

- El uso de refuerzo diagonal en el alma del elemento, en conjunto con el refuerzo transversal, puede reducir la degradación de la resistencia al corte, según la Figura 9.

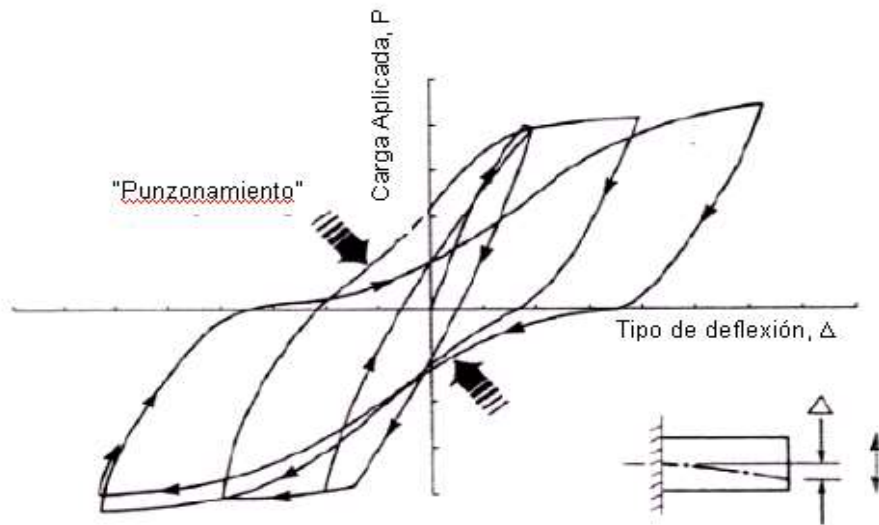


Fig. 9. Punzonamiento en ondas de histéresis debido principalmente a deslizamiento de corte.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

Progresiva degradación de la resistencia al corte asociada al daño acumulado por flexión.

- Rápida degradación de la resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía del elemento.

A continuación se observa un ejemplo de columna con refuerzo diagonal sometida a Corte en el Fig. 10. y la progresiva de degradación de resistencia al corte en la Fig. 11.

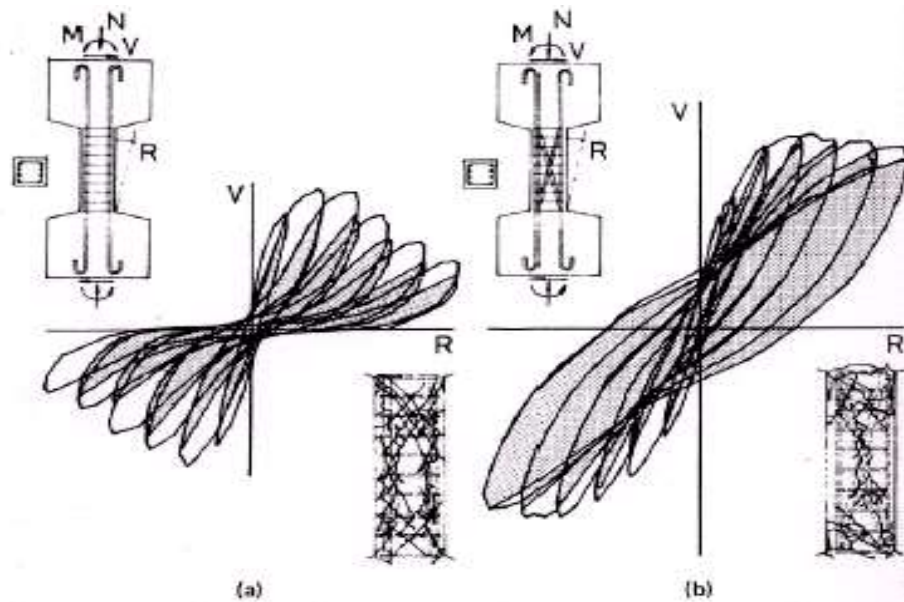


Fig. 10. Ejemplo de una Columna Corte reforzada Diagonalmente.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

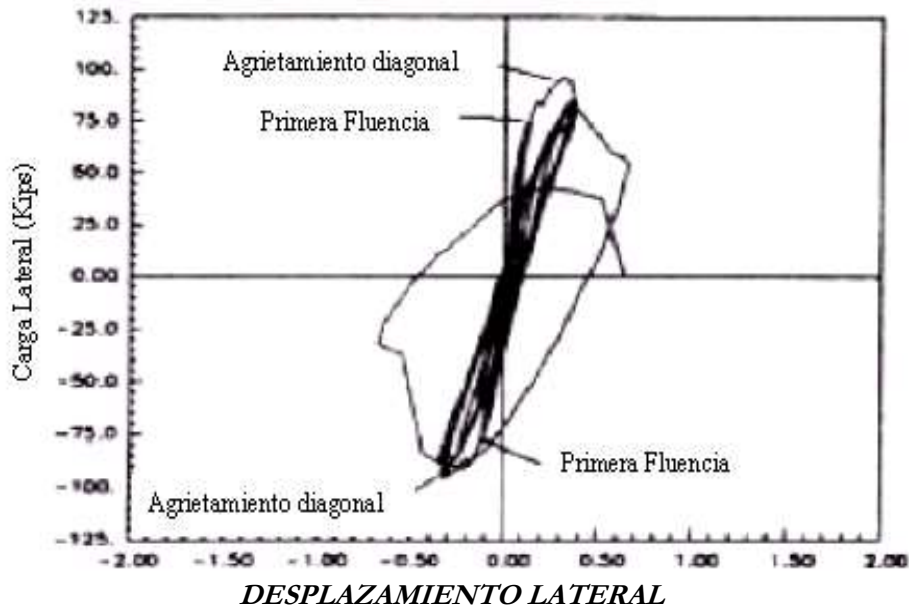


Fig. 11. Progresiva degradación de la resistencia al corte.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

- Falla frágil y baja capacidad de deformación.
- La respuesta dominada por corte depende fundamentalmente de la cuantía y tipo de anclaje del refuerzo transversal y del nivel de esfuerzo axial.
- Una adecuada cuantía y detalle de los anclajes permite mejorar el comportamiento y alcanzar la falla en forma gradual, disponiendo de una limitada capacidad de deformación en el rango no lineal.

MODOS DE FALLA

A.- MODOS DE FALLA DEL MURO DE CORTE A FLEXIÓN

1.- FALLA POR COMPRESIÓN

- El hormigón alcanza la deformación última antes que el refuerzo longitudinal fluya.
- Modo de falla frágil no deseado: la cabeza de compresión se aplasta explosivamente.
- Este modo de falla se presenta preferentemente en especímenes con alta compresión axial.

Apreciamos la recreación en la Fig. 12.

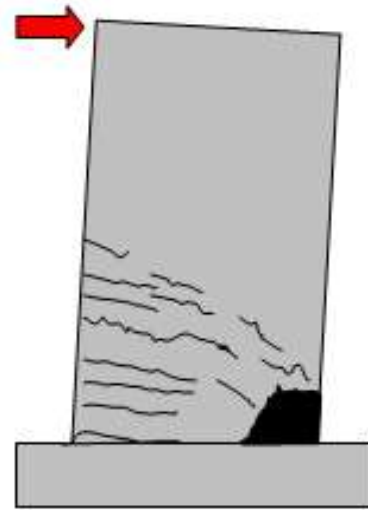


Fig. 12. Falla por Aplastamiento.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, (2010).

2.- FALLA POR TRACCIÓN

- El refuerzo longitudinal a tracción alcanza la fluencia antes que el concreto se aplaste.
- Falla gradual y dúctil.
- Grietas visibles en el lado a tracción del muro al momento de ocurrir la falla.
- Preferentemente en muros con bajo nivel de esfuerzo axial.

Apreciamos la recreación en la Fig. 13.

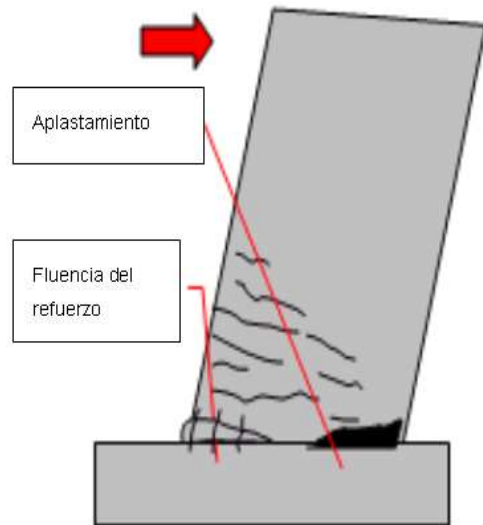


Fig. 13. Falla por Tracción.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, (2010).

3.- FRACTURA DEL REFUERZO

- El acero longitudinal se fractura debido a las grandes deformaciones presentes en el lado a tracción de la sección más solicitada del muro.
- Esta falla se produce sin que la cabeza de compresión del panel se aplaste.
- Ocurre especialmente en muros de sección larga, donde una pequeña rotación de la sección produce grandes deformaciones en los extremos del muro y en muros con baja cuantía de refuerzo longitudinal.
- La fractura del refuerzo longitudinal limita la capacidad de deformación inelástica del muro.

Apreciamos la recreación en la

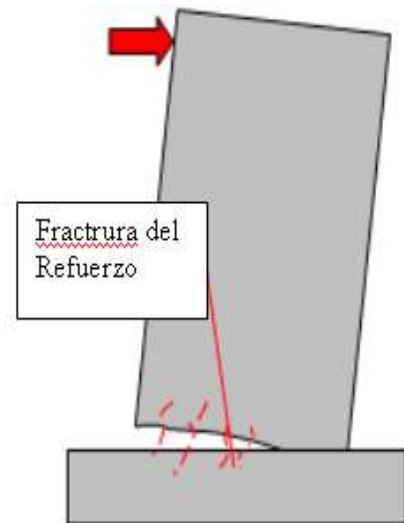


Fig. 14. Fractura del Refuerzo.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, (2010).

B.- MODOS DE FALLA AL CORTANTE

1.- FALLA POR TENSION DIAGONAL (*Falla Dúctil por Corte*).

- Típica de muros más esbeltos con menor cuantía de refuerzo transversal.
- El mecanismo de resistencia post-agrietamiento se hace efectivo.
- El refuerzo en el alma limita el ancho de la grieta, apareciendo una serie de grietas diagonales dispersas en el alma del muro a medida que el desplazamiento aumenta.
- El refuerzo transversal desarrolla fluencia.
- Esto permite que el muro desarrolle un cierto grado de deformación en el rango no lineal.
- Finalmente la grieta se abre lo suficiente para que algunas de las barras del refuerzo transversal se fracturen. Eventualmente las grietas penetran y destruyen la cabeza en compresión.

A continuación apreciamos la recreación en la Fig. 15.

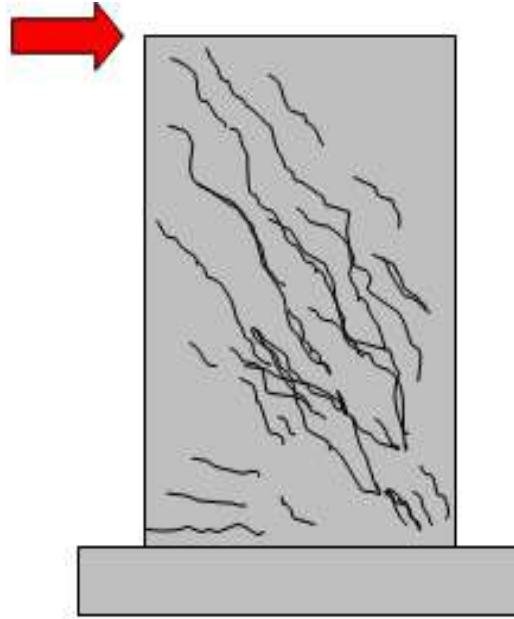


Fig. 15. Falla por tensión Diagonal.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, (2010).

2.- FALLA POR COMPRESIÓN DIAGONAL (*Falla Frágil*)

- En muros con una excesiva cuantía de refuerzo transversal.
- El alto nivel de esfuerzos en el acero transversal genera grandes compresiones diagonales en el hormigón.

- La falla, se caracteriza por su fragilidad, ocurre generalmente por aplastamiento del concreto en la cabeza de compresión, debido al efecto combinado de flexión y la compresión diagonal por corte.

Seguidamente, apreciamos el tipo de falla frágil en la recreación en la Fig. 16.

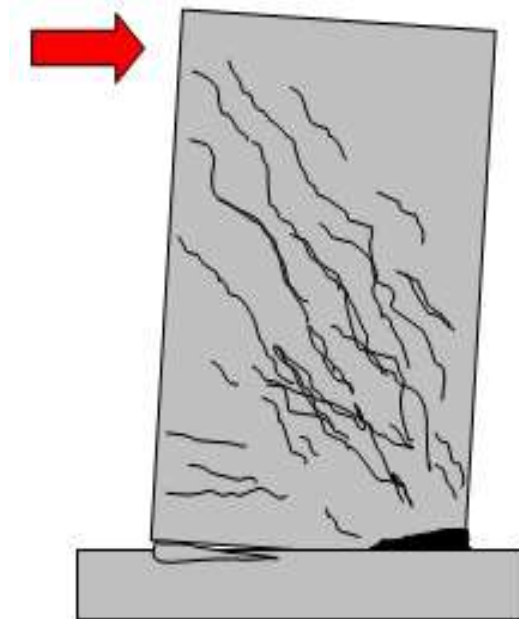


Fig. 16. Falla por Compresión Diagonal.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, (2010).

MURO DE CORTE POCO ESBELTO

RESISTENCIA

En este caso, los muros pocos esbeltos bajo cargas, no se cumple las hipótesis de flexión, a falta de mejor información, se ha intentado predecir el comportamiento probable mediante pruebas realizadas en vigas de gran peralte, ya que las similitudes geométricas sugieren el procedimiento.

Porque son de pocos pisos la carga, tanto vertical como horizontal, es pequeña, consecuentemente los momentos, y como hay un brazo de palanca, los requerimientos de acero por flexión no son importante; en consecuencia, no tiene importancia el disponer de acero concentrado en los extremos o bordes del elemento (Referencia R. Park – T. Paulay).

En muros bajos, suele presentarse la mínima carga axial existente, la falla por deslizamiento y la falla por cortante o tracción diagonal. La falla por flexión es muy raro que pueda presentarse.

Casi todas las pruebas en las vigas de gran peralte tienen una característica común: la carga se aplica directamente a las caras superiores e inferiores de las probetas apoyadas simplemente en el claro y en los soportes, respectivamente. Se señala que esta forma de aplicación de carga aumenta considerablemente la efectividad de la acción arco. Los

estribos que cruzan la grieta diagonal principal, que se forma entre el punto de carga y el apoyo, no participan con resistencia eficiente a cortante debido a que no se pueden formar puntales de compresión entre los anclajes de los estribos.

El arco libera el esfuerzo cortante a lo largo del camino más corto posible, lo que está asociado con deformaciones más pequeñas. En consecuencia, no es de sorprender encontrar en los experimentos que los estribos adicionales, no mejoraron la resistencia a cortante.

Para el muro común de cortante de un edificio, la carga se introduce a lo largo de la junta entre las losas del piso y los muros, como una carga lineal. Claramente no es posible que se desarrolle una acción efectiva de arco con este tipo de carga.

COMPORTAMIENTO A CORTE

A- RANGO ELÁSTICO Y AGRIETAMIENTO DIAGONAL EN EL ALMA.

El agrietamiento diagonal comienza en el alma del muro, cuando la tensión principal de tracción sobrepasa la resistencia del material:

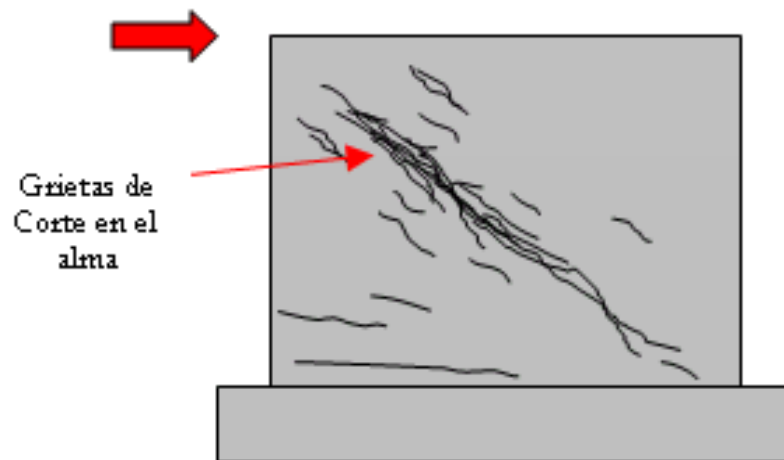


Fig. 17. Agrietamiento Diagonal en el alma del Muro.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, (2010).

En la Fig. 17 se muestra el rango elástico y agrietamiento diagonal del alma del Muro de Concreto. Y a continuación, en la Fig. 18 La Fuerza de Corte y en la Fig. 19, La carga Axial.

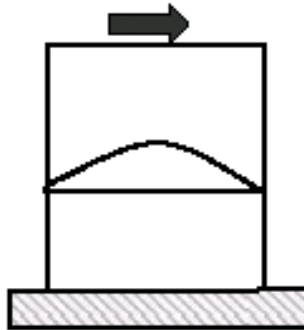


Fig. 18. Fuerza de corte.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, (2010).

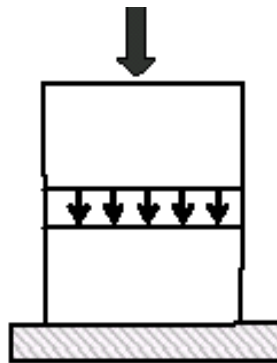


Fig. 19. Carga Axial.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, (2010).

<p>* Esfuerzo Máximo de Corte en el alma.</p> $v = \frac{3*V}{2*l_w*h} = \frac{3*V}{2*A_g}$	<p>* Esfuerzo de compresión en el alma.</p> $n = \frac{N}{l_w*h} = \frac{N}{A_g}$
<p>----- Ec. (11)</p>	

Apreciamos en la Fig. 20. Los Esfuerzos representados en el Círculo de Mohr.

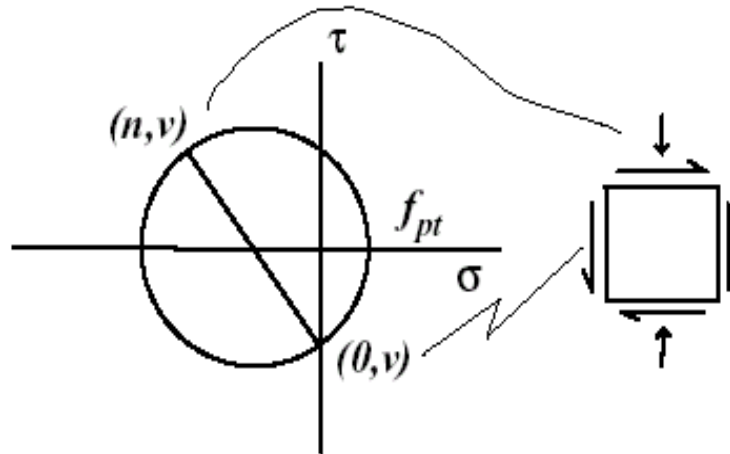


Fig. 20. Esfuerzos en el Círculo de Mohr.

Fuente: Rusch, (1960).

- Esfuerzo principal máximo (tensión):

$f_{\max} = -\frac{n}{2} + \sqrt{\left(\frac{n}{2}\right)^2 + v^2}$ <p>----- Ec. (12)</p>

- Haciendo f_{\max} , igual al módulo de ruptura $f_{ct} = 1.1\sqrt{f'_c}$ y reemplazando V y n:

$$1.1\sqrt{f'c} = -\frac{N}{2Ag} + \sqrt{\left(\frac{N}{2Ag}\right)^2 + \left(\frac{3V}{2Ag}\right)^2} \text{----- Ec. (13)}$$

- Despejando se obtiene el valor del corte que producira agrietamiento diagonal en el alma

$$V = \left(\frac{2}{3}Ag\right) 1.1\sqrt{f'c} \sqrt{1 + \frac{N}{1.1\sqrt{f'c}Ag}} \text{----- Ec. (14)}$$

- Utilizando la profundidad efectiva $d = 0.8lw$

$$V = 0.9\sqrt{f'c}hd \sqrt{1 + \frac{N}{1.1\sqrt{f'c}Ag}} \text{----- Ec. (15)}$$

- Para valores usuales del esfuerzo axial y $f'c$, se puede aproximar a:

$$V = 0.9\sqrt{f'c}hd + \frac{Nd}{4lw} (kg/cm^2) \text{----- Ec. (16)}$$

En todo caso el valor mínimo de V_c es:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c} * td \text{----- Ec. (17)}$$

Parámetros que influyen en el comportamiento al corte:

1.- Refuerzo transversal efectivo:

- Es un tema sobre el cual no existe acuerdo.
- Práctica común de diseño supone que todas las barras transversales cruzadas por una grieta diagonal a 45° alcanzan la fluencia: V_s .
- La efectividad se puede evaluar en términos del cociente entre el esfuerzo de corte que es capaz de transferir directamente el refuerzo transversal al momento de la falla y V_s .
- Es importante destacar que aunque la contribución del refuerzo transversal a la resistencia al corte no sea significativa en muchos casos, sí lo es el aumento de la capacidad de deformación en muros dominados por corte.
- No obstante lo anterior, un aumento excesivo de la cuantía de refuerzo transversal puede inducir una falla frágil, por compresión diagonal en el alma del muro.

2.- Refuerzo longitudinal:

- Efecto tarugo en las barras de la armadura que cruza la grieta diagonal.

- La cuantía de refuerzo longitudinal define la posición de la línea neutra, y por lo tanto el tamaño de la cabeza de compresión del muro, donde se transfiere corte directamente a través del concreto.

En la Figura 21 se observa una ilustración del Refuerzo por Corte, según Blakeley y Park en 1973.

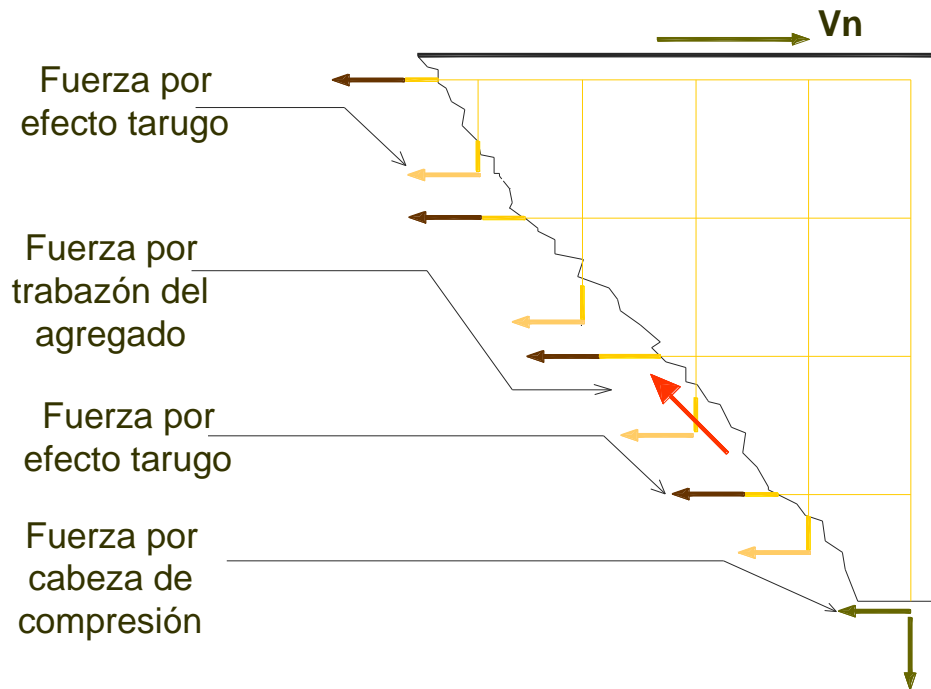


Fig. 21. Refuerzo por Corte.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

- La presencia de refuerzo longitudinal mejora el efecto de trabazón de los agregados al limitar el ancho de grietas.

3.- Esfuerzo axial:

- La presencia de compresión axial produce un aumento, tanto de la resistencia al agrietamiento diagonal como de la resistencia al corte del muro.
- Mejora el efecto trabazón de los agregados y agranda la zona en compresión de la sección más solicitada.
- Es usual cuantificar este aumento de resistencia al corte, en forma simplificada, como un porcentaje de la magnitud del esfuerzo axial.
- Sin embargo, la presencia de esfuerzo axial de compresión tiende a disminuir la capacidad de deformación inelástica del muro, favoreciendo la falla frágil por corte.

MODOS DE FALLA

- En el caso de muros muy bajos, $H/L < 0.5$.
- Se genera una grieta diagonal que no alcanza a abarcar toda el alma, sino solo una esquina del muro.
- En este caso, el **mecanismo** resistente post-agrietamiento incluye una contribución del refuerzo longitudinal.

Seguidamente mostramos en la Fig. 22, parte de las Formas de Falla y la reacción del refuerzo del Muro de Concreto.

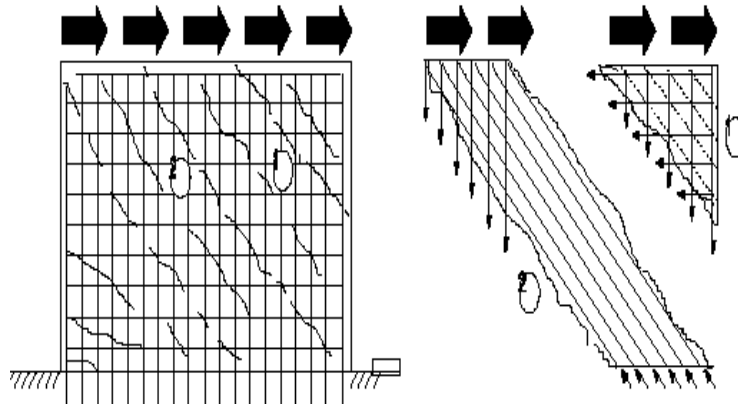


Fig. 22. Forma de Falla y acción del refuerzo en Muros.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

FALLA FRÁGIL POR CORTE

- Típica de Muros bajos, con baja cuantía de refuerzo transversal.
- Una vez que las tensiones principales exceden el módulo resistente del concreto, se abre una gran grieta diagonal.
- El mecanismo de resistencia post-agrietamiento no se desarrolla.
- El poco refuerzo transversal, si existe, se fractura.
- Finalmente se destruye la cabeza en compresión del muro.
- Esta falla se caracteriza por: Fragilidad y Capacidad de deformación muy baja.

Tal cual las características descritas, apreciamos en la Fig. 23 una recreación de la Falla Frágil.

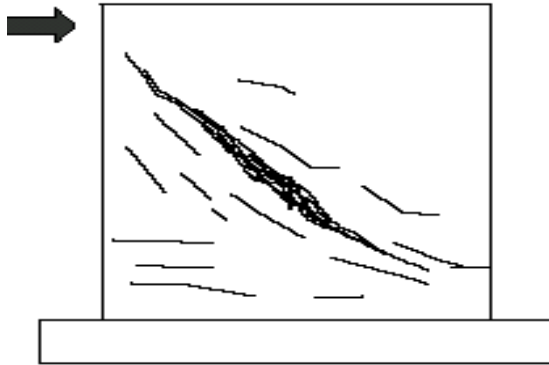


Fig. 23. Falla Frágil.

Fuente: Universidad Técnica Federico Santa María, (2010).

CARACTERÍSTICAS DEL MODO DE FALLA SEGÚN SU ESBELTEZ

- La esbeltez define en gran medida el mecanismo resistente del muro.
- $H/L < 0.5$: se desarrolla el mecanismo de muros bajos. Tanto el refuerzo transversal como el longitudinal colaboran en la resistencia al corte.
- $0.5 < H/L < 1$: la grieta diagonal comienza en el alma del muro.
- $H/L < 1$: la grieta diagonal comienza a partir de las grietas de flexión producidas en un extremo del muro.
- Para esbeltez mayor, generalmente predominará la falla por flexión, sin que alcance a desarrollarse el mecanismo de resistencia al corte.

MUROS DE CORTE ACOPLADOS

RESISTENCIA

Investigaciones recientes en el diseño Sismo Resistente busca por el contrario limitar el daño, y por ello disipar energía, en determinados puntos pre-establecidos del edificio. De esta forma se puede obtener un ahorro en costo y por otro lado facilita la posible reparación del edificio sometido a un sismo severo. Por ello, en los últimos años se han buscado sistemas estructurales que admitan el daño sólo en puntos predeterminados de la estructura y un primer sistema con estas características son los llamados muros acoplados (Referencia R. Park - T. Paulay).

La resistencia de dos muros de corte acoplados, sujetos a esfuerzos de tipo sísmico, se alcanza cuando se forma un mecanismo de colapso. Se requiere dos articulaciones plásticas en cada viga de acoplamiento para determinar su habilidad de aceptar cortante adicional. También se necesita desarrollar una articulación plástica en cada uno de los muros de corte, normalmente en su base, para completar el mecanismo de colapso. La secuencia de formación de articulación para una carga dada depende de la resistencia relativa y de la rigidez de sus componentes.

El sistema de acoplamiento, que consiste en un conjunto de vigas cortas de acoplamiento, transmite esfuerzos cortantes de un muro a otro, lo que sujeta

a las vigas de acoplamiento a flexión y a cortante. Debido a la pequeña relación de claro/peralte de estas vigas, las deformaciones a cortante pueden volverse muy significativas.

Debido a que la rigidez de los muros es grande, la viga de acoplamiento es sensible a los movimientos relativos de sus apoyos empotrados. Por este motivo las deformaciones axiales de los muros acoplados, que son responsables de esos movimientos, pueden tener un efecto considerable en el comportamiento global. Las pequeñas relaciones de claro/peralte de los elementos y la consideración requerida de deformaciones axiales, significa que no se pueden aplicar fácilmente las técnicas manuales de análisis de marcos. En consecuencia, se ha popularizado otro método, que permite obtener la información requerida con relativa facilidad.

Un aspecto importante del diseño de estas vigas es que para una misma ductilidad global de la estructura generalmente tienen demandas de ductilidad mayores que las suministradas por las recomendaciones de pórticos dúctiles especiales.

Los elementos de acoplamiento al poner restricciones a la deformación angular del muro actuando en voladizo, rigidizan al sistema y modifican su comportamiento.

La deformación forzada impuesta por los muros en los elementos

horizontales de acoplamientos (vigas), genera en estos momentos de flexión y esfuerzos de corte, los momentos de flexión modifican el diagrama de momentos del muro, reduciéndolo.

El dimensionar y diseñar las vigas de acoplamiento, debe llevar a sistemas que formen rótulas plásticas primero en los extremos de las vigas y luego en la base de los muros.

En los muros acoplados, al igual que en los muros en voladizo, debe orientarse el diseño de manera de forzar la formación de rótulas plásticas solo en su base.

Sin lugar a dudas el punto crítico del diseño de los sistemas estructurales con muros, es la unión de dos muros mediante la viga de conexión, en las cuales se tiende a presentar una falla por tracción diagonal. Si hay suficiente refuerzo frente a este efecto, pero si todavía presenta insuficiente resistencia local, la falla resulta por deslizamiento vertical de los extremos de la viga de conexión, con resultados que anulan parcialmente la acción conjunta de los dos muros. Estudios experimentales muestran que el refuerzo a tracción tradicional combinado con armadura en la dirección diagonal de la viga de conexión, es la mejor solución al diseño de estas vigas. El refuerzo diagonal debe penetrar una longitud igual a una vez y media la mínima de desarrollo dentro del muro y debe ir rodeado por espirales de refuerzo de pequeño diámetro para dar más garantía, se debe

colocar siempre que el refuerzo cortante local en un elemento de luz L y altura h , exceda el valor de $0.1 * (L/h) * \sqrt{f'_c}$ (Ingeniería Sísmica-Alberto Sarria Molina).

En general, el refuerzo de los muros debe ser conservador, teniendo en cuenta no sólo los esfuerzos de corte que le llegan al muro, sino también su resistencia a flexión, la cual intrínsecamente representa altos esfuerzos cortantes que a veces puede no haber sido consideradas de manera explícita por el diseñador. Esta recomendación confiere la ductilidad deseable en los muros estructurales. Este concepto vuelve a afectar las cimentaciones, porque poco gana un muro con tener una buena resistencia si su cimentación no la puede suministrar.

Realizando un análisis para determinar los momentos a flexión y los esfuerzos cortantes y axiales generadas en una estructura de muro de cortante acoplado por vigas, de un análisis laminar u otro, se pueden combinar con acciones de gravedad. Ahora se puede considerar cada uno de los muros como un voladizo y se puede determinar su resistencia a flexión y cortante. Normalmente se deben examinar dos casos posiblemente críticos: uno cuando la carga lateral induce una fuerza axial de compresión en el muro y el otro cuando esta fuerza es de tensión. Este último, cuando se combina con compresión inducida por gravedad, a menudo produce una tensión neta en el muro, con el consecuente aumento

en la demanda de acero a flexión. En estos casos, se pueden utilizar en forma conveniente las curvas de interacción.

CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO DE MUROS DE CORTE

ACOPLADOS:

- Suponiendo muros idénticos, en el rango lineal previo al agrietamiento, ambos muros toman las mismas fuerzas y las distribuciones de momentos son iguales.
- Una vez ocurrido el primer agrietamiento en el muro (1) en tracción, disminuye la rigidez de este muro y se produce redistribución de fuerzas, aumentando los momentos en el muro comprimido y disminuyendo la tracción.

Tal cual las características descritas, apreciamos en la Fig. 24 una recreación de la Falla Frágil.

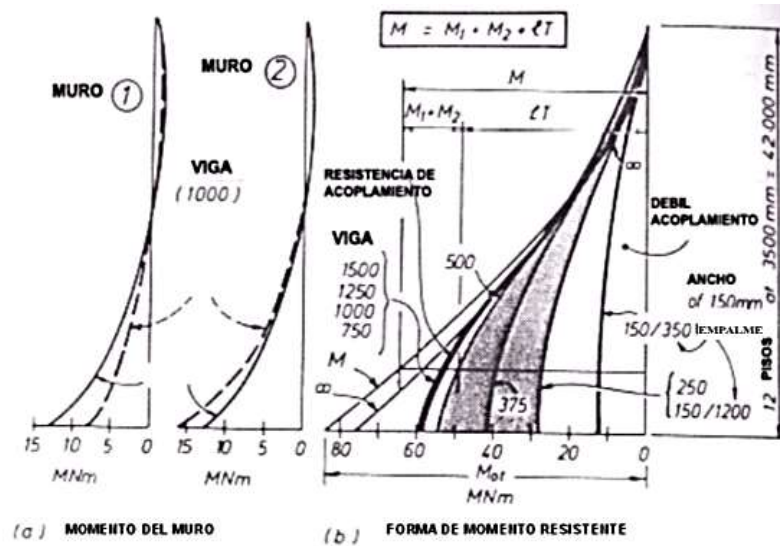


Fig. 24. Diagrama de Momentos.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

MUROS ACOPLADOS, GRADO DE ACOPLAMIENTO

- En el muro en voladizo, el momento de volteo total es resistido por el momento en la base del muro.
- La figura 25 muestra los diferentes mecanismos resistentes de un muro en voladizo y de dos muros acoplados con elementos de distinta capacidad.

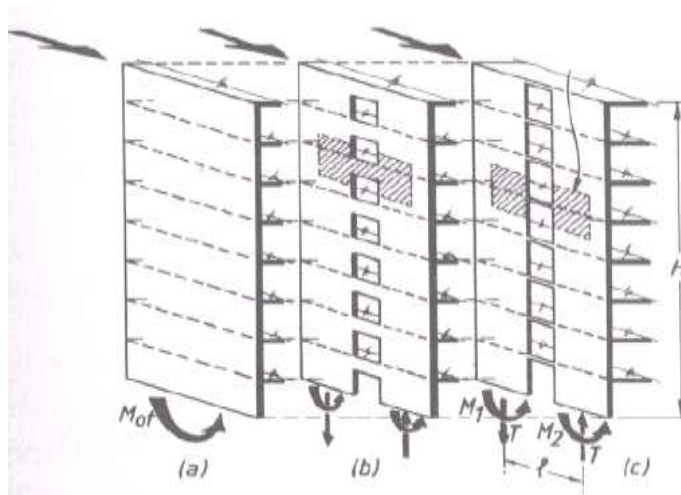


Fig. 25. Grado de Acoplamiento.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

- En los muros acoplados, el momento de volteo total es resistido por los momentos en las bases de los muros y por el par de fuerzas axiales en estos elementos:

$$M_{OT} = M_1 + M_2 + Tl \text{ ----- Ec. (18)}$$

La fuerza axial T corresponde a la suma de los cortes en las vigas de acoplamiento.

- T depende de la rigidez y resistencia de estos elementos.

- El grado de acoplamiento se puede medir en términos del valor relativo entre el valor del par Tl con respecto al momento de volteo total M_{ot} :

$$A = \frac{Tl}{M_{ot}} \text{ ----- Ec. (19)}$$

- Un grado de acoplamiento alto indica que el muro responde de forma similar a un muro en voladizo.
- Un grado de acoplamiento bajo, indica que ambos muros responden como voladizos por separado.

La Fig. 26 muestra la distribución típicas de las fuerzas de corte en los dinteles de muros acoplados.

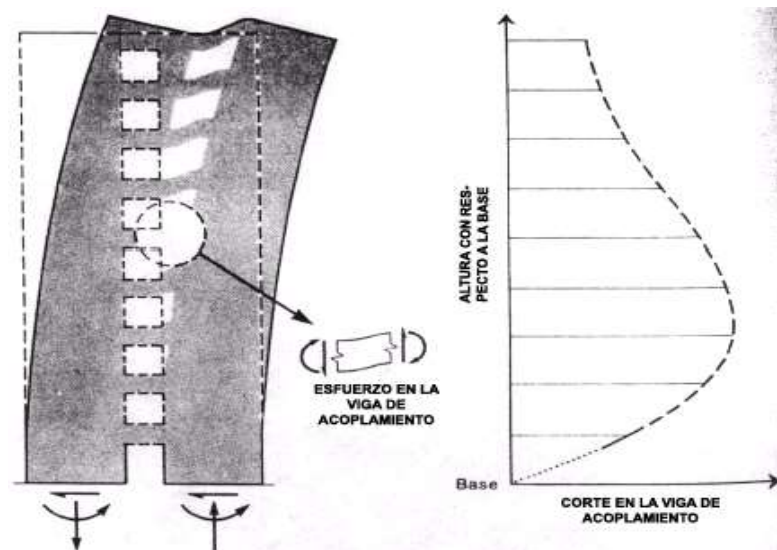


Fig. 26. Esfuerzo de corte en viga de acoplamiento.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

- El mecanismo de colapso de muros acoplados sometidos a movimientos sísmicos severos, se inicia con rótulas plásticas en los extremos de los dinteles y se completa con rótulas plásticas en las bases de los muros. Se considera que el resto de los muros en la altura permanecen elásticos.
- Se produce una redistribución adicional de momentos entre los muros a medida que la rigidez del muro traccionado disminuye y aumenta la del muro comprimido.
- Dinteles de acoplamiento deben diseñarse y detallarse para grandes demandas de ductilidad.

En la Fig. 27, vemos un mecanismo de desplazamiento en muros.

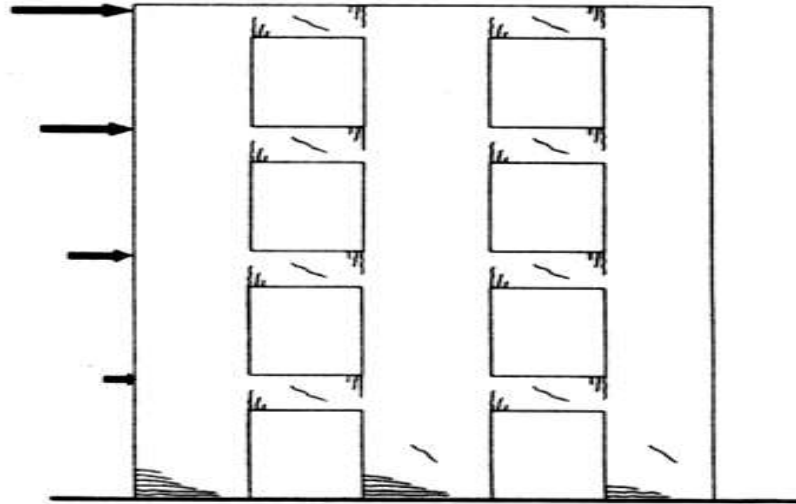


Fig. 27. Mecanismo de acoplamiento del muro.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

En la Fig. 28, vemos un mecanismo de desplazamiento en muros acoplados.

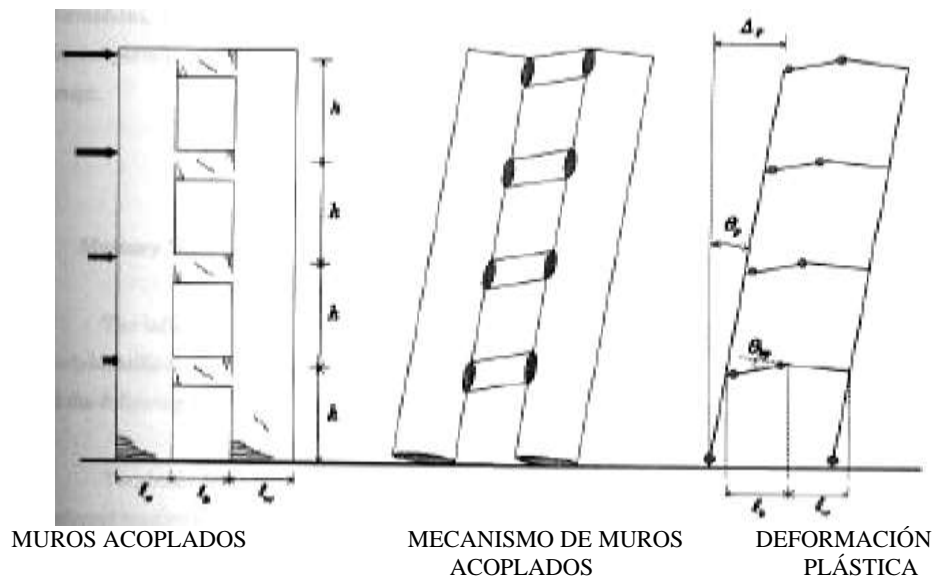


Fig. 28. Mecanismo plástico y distribución de desplazamiento para muros acoplados.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

En la Fig. 29 podemos observar un muro acoplado en comportamiento por cargas de servicio con respuesta dúctil.

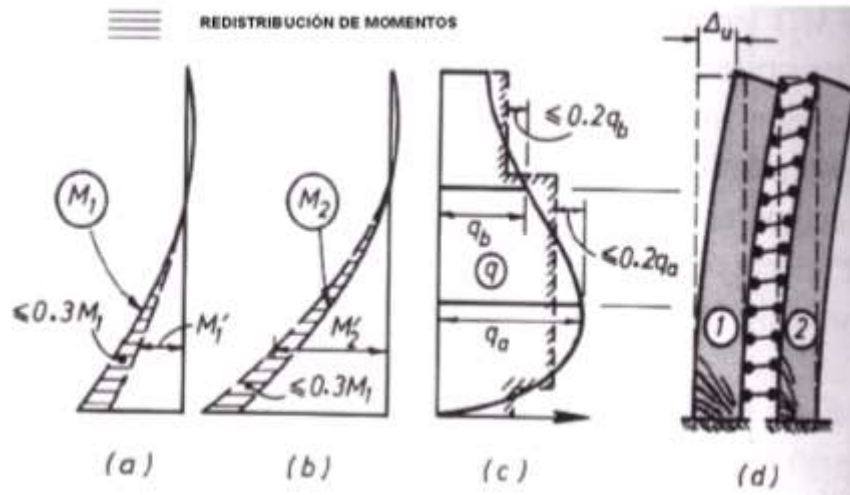


Fig. 29. Respuesta dúctil de un ejemplo de muro acoplado en servicio.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

En la Fig. 30 podemos observar la redistribución de la fuerza axial en corte para un muro acoplado en ensayos.

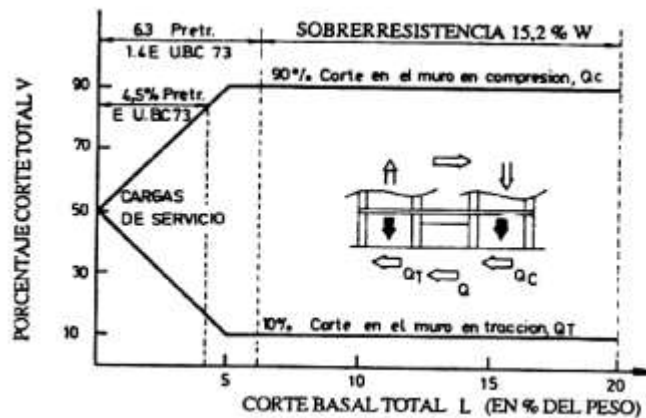


Fig. 30. Redistribución de corte en muros acoplados de acuerdo a mediciones experimentales.

Fuente: Blakeley y Park, (1973).

MODOS DE FALLA DE LOS MUROS DE CORTE ACOPLADOS

1.- FALLA POR FLEXIÓN DE LOS MUROS DE CORTE DEBIDO A LAS VIGAS DE CONEXIÓN

Ocurre en muros con vigas de acoplamiento poco peraltadas y refuerzo por flexión moderado.

Inicialmente, bajo la acción de la carga lateral, se formarán grietas de flexión en el muro a tracción.

Las vigas de los primeros niveles más esforzados, presentarán grietas de flexión cerca de las juntas de los muros, tal como apreciamos en la Fig. 31.

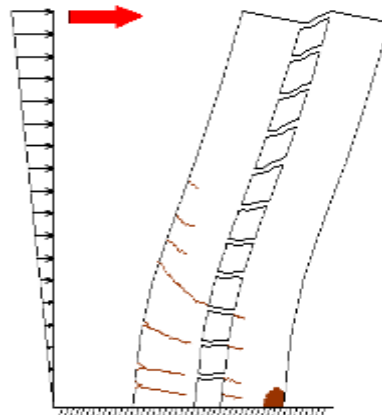


Fig. 31. Falla por flexión en los muros de corte debido a las vigas de conexión.

Fuente: Rivera, Piqué y Morales, (2002).

Al incrementar la carga, las grietas avanzaran profundamente en el muro, formándose más grietas a lo largo del muro.

Asimismo, las grietas de flexión se extenderán en las vigas de acoplamiento.

Si la carga continua incrementándose, la falla del muro ocurrirá por aplastamiento del concreto en la esquina más reforzada y la difusión de las grietas de flexión en la mayoría de las cargas, es como se indica en la figura.

2.- FALLA DE CORTE O RUPTURA DIAGONAL DE LAS VIGAS DE CONEXIÓN.

Se presenta en los muros de corte acoplados con vigas muy peraltadas y moderadamente reforzadas.

Inicialmente, se forman grietas de flexión en muros en tracción.

También se formarán grietas de flexión menores en las vigas, cerca de la conexión con los muros, tal cual la recreación en la Fig. 32.

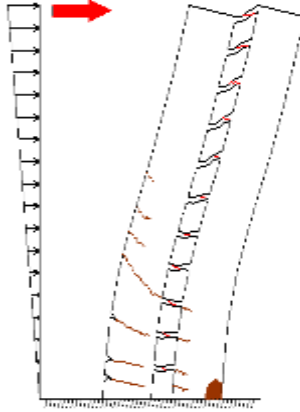


Fig. 32. Falla por Corte o ruptura Diagonal de las vigas de conexión.

Fuente: Rivera, Piqué y Morales, (2002).

Al incrementarse la carga, se producirán grietas de ruptura diagonal en las vigas cercanas a los niveles más esforzados. Mientras la carga aumenta, se incrementarán las grietas de flexión ya formadas en el muro.

Asimismo se acentuará la ruptura diagonal en otras vigas. Como en el caso anterior la falla del sistema ocurrirá con el aplastamiento de la esquina más esforzada del muro en compresión.

La falla por ruptura diagonal de la mayoría de las vigas ocurrirá simultáneamente con el aplastamiento del muro.

3.- FALLA POR ACCIÓN RÍGIDA DE LAS VIGAS DE CONEXIÓN

En este caso la acción rígida de acoplamiento es muy fuerte ocurriendo la

falla del sistema por aplastamiento del concreto en la esquina más esforzada del muro comprimido, con daño parcial o ninguno en las vigas de acoplamiento.

En este modo de falla se producirán gran cantidad de grietas a lo largo del muro en tracción.

En las vigas solo se desarrolla parcialmente la falla, ya sea por flexión o por corte, tal cual se muestra en la Fig. 33.

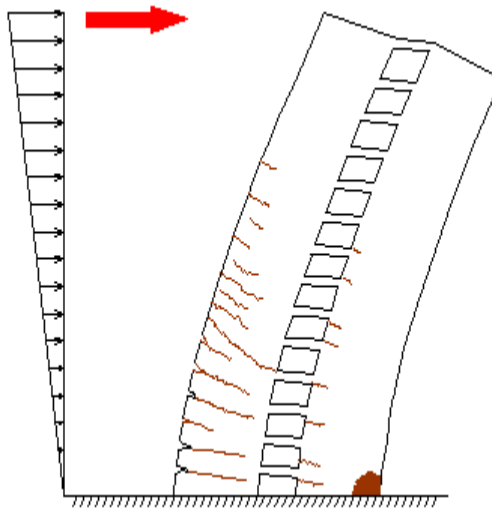


Fig. 33. Falla por Acción Rígida de las vigas de conexión.

Fuente: Rivera, Piqué y Morales, (2002).

La falla de la estructura será similar a la de una viga en voladizo sometida a carga lateral.

4.- FALLA POR ACCIÓN DEL REFUERZO EN LA VIGA DE CONEXIÓN

(Referencia Thomas Paulay y M.J.N. Priestley)

a.- Modo de Falla con refuerzo tradicional, en la Fig. 34.

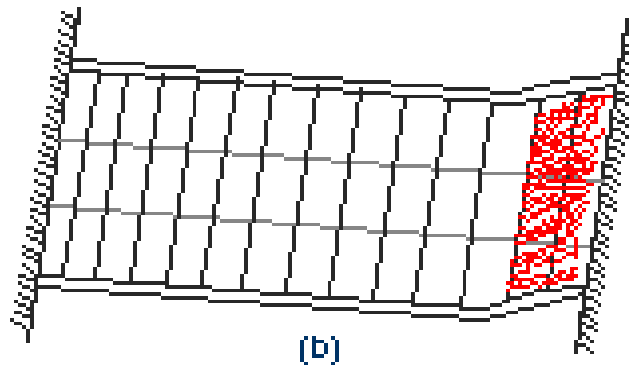


Fig. 34. Falla por Exceso de refuerzo transversal.

Fuente: Rivera, Piqué y Morales, (2002).

b.- Modo de falla por deslizamiento vertical cuando hay exceso de refuerzo transversal. En la Fig. 35.

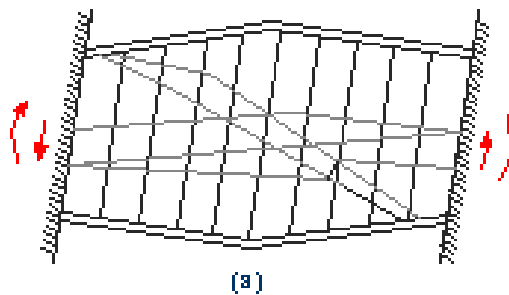


Fig. 35. Falla por refuerzo transversal tradicional.

Fuente: Rivera, Piqué y Morales, (2002).

c.- Modo de falla con mayor ductilidad al emplear refuerzo diagonal. En la Fig. 36.

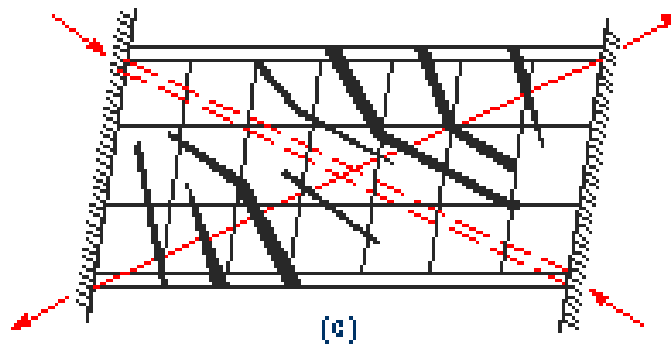


Fig. 36. Falla por ductilidad de la viga.

Fuente: Rivera, Piqué y Morales, (2002).

- Se recomienda reforzarias al corte con armadura diagonal. Representado en la Fig. 37.

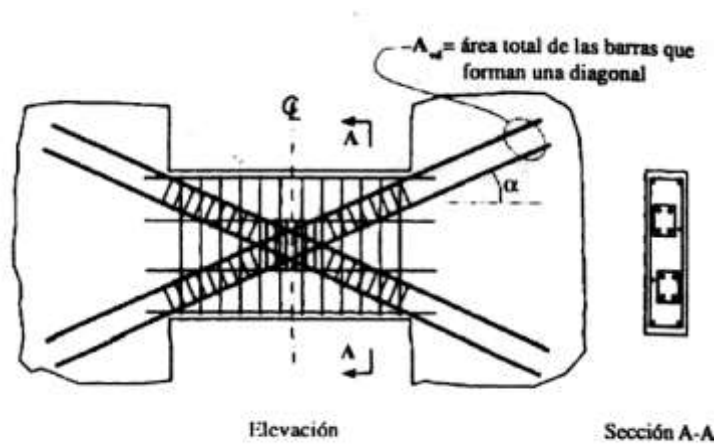


Fig. 37. Viga de acoplamiento con armadura orientada diagonalmente.

MUROS DE CORTE PERFORADOS

RESISTENCIA

Es imperativo que las aberturas interfieran lo menos posible con la capacidad de momentos y transmisión de cortante en la estructura. En la figura 38 se muestra un buen ejemplo de muro irracional de cortante.

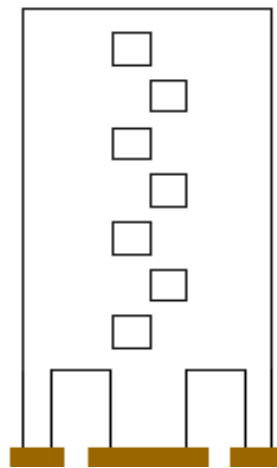


Fig. 38. Muro de corte perforado irracional.

Fuente: Rivera, Piqué y Morales, (2002).

El repentino cambio de una sección de muro a columnas reduce drásticamente la resistencia a flexión de la estructura de voladizo en la sección crítica ubicada en la base. La distribución escalonada de las aberturas reduce severamente el área de contacto entre los dos muros, donde se deberían transmitir los esfuerzos cortantes.

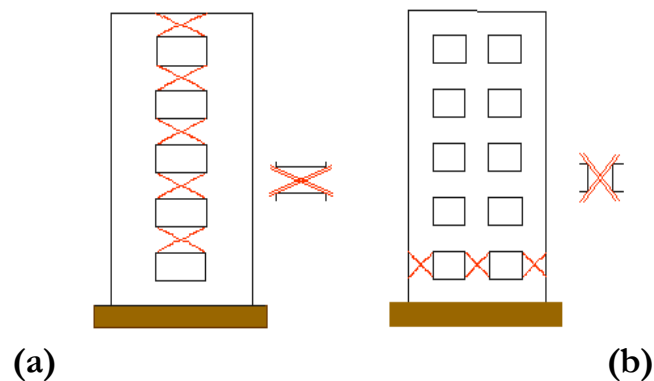
Con frecuencia, la falla de cortante ocurre en las vigas de conexión de un muro de corte. Aun cuando se mejora la capacidad de disipación de energía mediante la presencia de una gran cantidad de estribos, no puede esperarse una gran

ductilidad. Puede decirse lo mismo de la falla de corte que se presenta en las columnas del muro.

CONEXIONES

Cuando se aplica una carga horizontal a un marco de concreto reforzado, se sujeta una conexión viga a columna típica a momentos anti-simétricos, como se ilustra (Referencia Minoru Wakabayashi - Enrique Martínez). Se induce un esfuerzo cortante en el bloque de la junta, y se presentan grietas diagonales a un cierto nivel de carga. Después de presentarse el agrietamiento, el concreto del núcleo actúa como un puntal en compresión diagonal, como se muestra en la figura 39.b, y la carga aumenta aún más.

Finalmente el bloque de concreto se tritura si la resistencia a flexión de las columnas y vigas adyacentes son lo suficientemente grandes.



**Fig. 39. Falla por corte en muros con aberturas y refuerzo diagonal.
a) En las vigas de unión. b) En las columnas del muro.**

Fuente: Wakabayashi M. & Martinez E. (1988).

COMPORTAMIENTO

En el comportamiento histerético de dicha conexión de viga a columna se observan características similares a las de un miembro de concreto reforzado que falla por cortante: el cual tiene poca ductilidad, poca capacidad de disipación de energía, una severa degradación de la resistencia. Los momentos flectores y las fuerzas cortantes que actúan alrededor del bloque de la junta se pueden separar en fuerzas anti-simétricas debido a las cargas horizontales y a las fuerzas simétricas debido a las cargas verticales. El cortante en el bloque está relacionado con las fuerzas anti-simétricas. A la vista en la figura, la fuerza cortante que actúa en el borde superior del bloque se obtiene de la Bibliografía de Diseño de Estructura Sismo Resistente – Minoru Wakabayashi como sigue:

$$V = \frac{M_{b1} + M_{b2}}{j_b} - \frac{V_{c1} + V_{c2}}{2} \text{ ----- Ec. (20)}$$

Podemos apreciar una representación en la Figura 40.

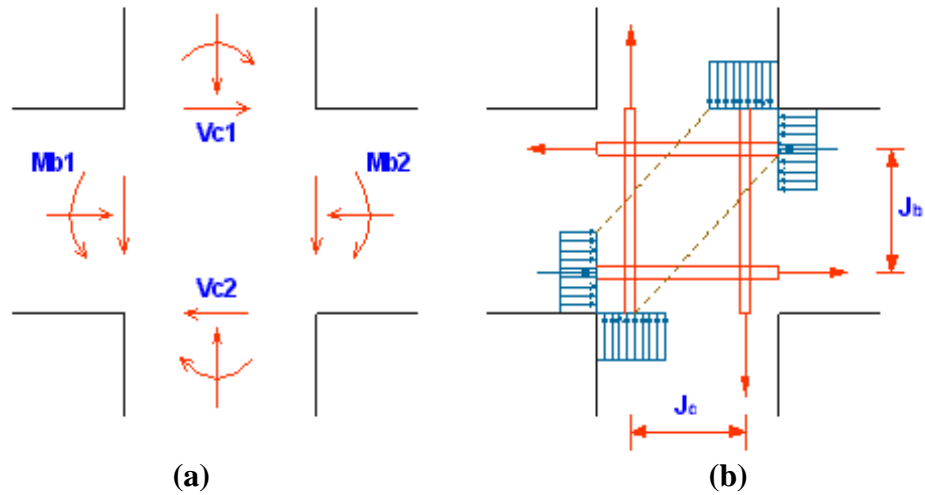


Fig. 40. Mecanismo resistente en un tablero de conexión. (a) Fuerzas. (b) Esfuerzos en el tablero.

Fuente: Wakabayashi M. & Martinez E. (1988).

Donde j_b = el brazo de la viga, M_{b1} y M_{b2} = Los momentos flectores en los extremos de la viga y V_{c1} y V_{c2} = las fuerzas cortantes en los extremos de la columna. Las formulas empíricas propuestas para la resistencia al cortante del bloque, tal cual en la Figura 41:

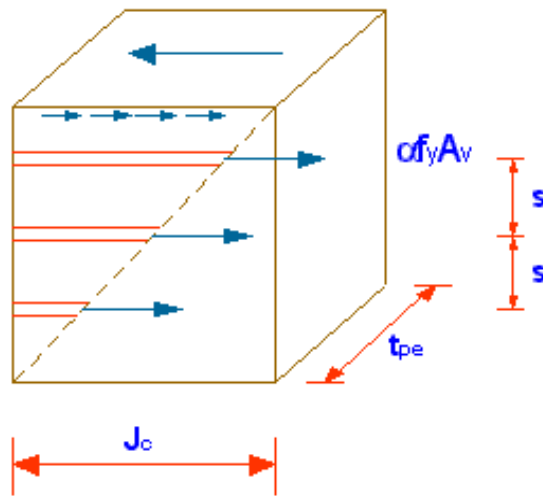


Fig. 41 Resistencia del tablero.

Fuente: Wakabayashi M. & Martinez E. (1988).

De donde (Diseño de Estructuras Sismo Resistentes - Minoru Wakabayashi):

$$V_p = v_c t_{pe} j_c + 0.5 \frac{f_y}{s} A_v j_c \quad \text{----- Ec. (21)}$$

$$V_c = \begin{cases} (0.78 - 0.016 f'_c) f'_c & \text{--- para --- } f'_c \leq 23.9, MPa \\ 9.3 & \text{----- } f'_c > 23.9, MPa \end{cases} \quad \text{----- Ec. (22)}$$

Donde j_c = brazo interno de la columna, t_{pe} = espesor efectivo del bloque

(que se toma igual al promedio de los anchos de la viga y de la columna) y A_v = el área de los estribos con una separación s . El segundo término de la ecuación implica que el esfuerzo en el estribo en el estado último es igual a la mitad del esfuerzo de fluencia del acero. Las ecuaciones mostradas arriba corresponden a una conexión viga a columna en forma de cruz. El valor de V_c para las conexiones en forma de T ó L es menor que el de la ecuación de V_c , puesto que se dispone de menos elementos para proporcionar las reacciones a la fuerza de compresión sustentada por el puntal de compresión diagonal.

El esfuerzo de adherencia que actúa alrededor de la varilla, resiste el deslizamiento. Si no es suficiente la resistencia de adherencia, tendrá lugar el deslizamiento y se reducirá el esfuerzo de compresión en la varilla, de esta manera, el esfuerzo de tensión algunas veces se desarrollará en el lado de compresión de la varilla.

La resistencia de la conexión de una viga a una columna también depende de los detalles de anclaje. Puesto que el refuerzo inferior en una viga esta sujeta a tensión bajo cargas sísmicas, se debe proporcionar suficiente longitud de anclaje al hacer la longitud l casi igual al peralte de la columna h . De otro modo, la resistencia a la flexión en el extremo de la viga se reduce para el caso del momento a flexión, provocando tensión en el refuerzo inferior. Si no se puede proporcionar suficiente longitud de anclaje debido a que el peralte h es muy pequeño, resulta efectivo el anclaje en una viga con tacón.

CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO DE MUROS

PERFORADOS

- La perforaciones ocasionan que los elementos horizontales, vigas, sean más fuertes que los elementos verticales (machones).
- Sistemas susceptibles de desarrollar un mecanismo de piso blando.
- Dadas sus condiciones de esbeltez, los machones poseen limitada capacidad de deformación y son susceptibles de fallar por corte. Tal cual se muestra en la Fig. 42.

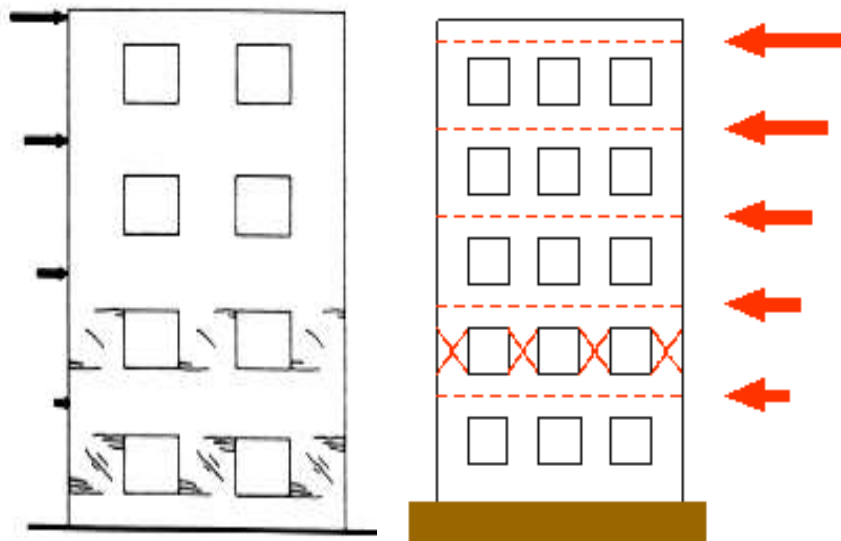


Fig. 42. Ejemplo de Muros Perforados.

Fuente: Park y Paulay, (1991).

Aún cuando los machones logren desarrollar falla por flexión, la demanda global se concentra en el piso, imponiendo grandes demandas de ductilidad a estos

elementos.

2.2.2. Formulación de Hipótesis.

2.2.2.1. Hipótesis General.

Hipótesis Alterna (Ha):

La Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados es funcional para muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

Hipótesis Nula (H0):

La Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados no es funcional para muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

2.2.2.2. Hipótesis Específicas.

- Al aplicar la Propuesta de Evaluación se establecerá si los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio son Admisibles o No
- Al aplicar la Propuesta de Evaluación se usarán y aprovecharán recursos matemáticos respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio
- Al aplicar la Propuesta de Evaluación se obtendrán Nomogramas con respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.
- Al aplicar la Propuesta de Evaluación se comprobará su efectividad con respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

2.2.2.3. Variables.

Variable Dependiente.

Como muestra a estudiar, se tiene dos edificaciones en diferentes zonas del Perú. Nos servirán como materia de estudio para Propuesta de Evaluación de muros de corte mediante los Desplazamientos Esperados y la Norma E 0.30-2012.2.

Variable Independiente.

En este estudio se presenta una propuesta de Análisis Sismoresistente de una edificación mediante el Modelo de Desplazamientos Esperados de Wallace, 1992, el cual nos permite obtener el parámetro de la Distorsión de la Edificación; esta a su vez debe ser verificada mediante la Norma E0.30-2014 para concluir son es admisible o no los muros de corte diseñados.

2.2.2.4. Definición Conceptual de Variables.

Variable Dependiente.

Tenemos a dos Edificaciones a evaluar, una en Lima y otra en Junín.

EDIFICIO MULTIFAMILIAR J.G.

DATOS GENERALES

- La edificación es una vivienda multifamiliar, de 8 pisos, cada departamento consta de 3 dormitorios, 1 Patio, 1 cocina, 4 baños, Sala-Comedor, Terraza.
- Ubicación: Calle José Gálvez N° 611, distrito Miraflores, Lima-Perú.

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

- La vivienda multifamiliar está constituida:
- Un módulo la cual es una estructura monolítica.
- La estructura está conformada por muros estructurales o placas y pórticos de Concreto, además de un sistema de techos de losas aligeradas en una dirección y en algunas zonas de techo está compuesta por losas macizas.
- La estructura está constituida por una platea de cimentación (210 kg/cm²).
- La capacidad portante del terreno es de 5.0 Kg/cm².
- Se observa que el estudio de suelo indica cemento tipo V a los elemento en contacto con el suelo.

ESTRUCTURACIÓN

SISTEMA ESTRUCTURAL USADO

Los muros estructurales o placas en conjunto con los pórticos conforman el sistema sismorresistente de la edificación, absorbiendo las fuerzas cortantes y momentos flectores que se originen, lo anterior se ha

comprobado en la etapa de análisis; y además debido a su gran rigidez se encargan de limitar los desplazamientos horizontales en la estructura.

CONCEPCIONES ESTRUCTURALES SISMORESISTENTE

Es importante mencionar las condiciones de regularidad que se encuentran en los criterios de estructuración, ya que son de suma importancia para poder considerar regular o irregular una estructura. Son las siguientes:

- En planta tiene entrantes o salientes cuya dimensión no excede el 20% de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección que se considera de la entrante o saliente.
- En cada nivel tiene un sistema de techo o piso rígido resistente. No tiene aberturas en su sistema de techo o piso cuya dimensión exceda de 50% de la dimensión en planta medida paralelamente a la dimensión que se considere de la abertura.
- Se ha seleccionado adecuadamente los materiales de construcción.
- El peso del superior nivel no es mayor que el del piso inmediato inferior.
- Ningún piso tiene un área delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que la del piso inmediato inferior ni menor que 70% de esta.
- Se ha colocado resistencia adecuada para cada elemento estructural.

- Presenta continuidad en elevación.

DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS

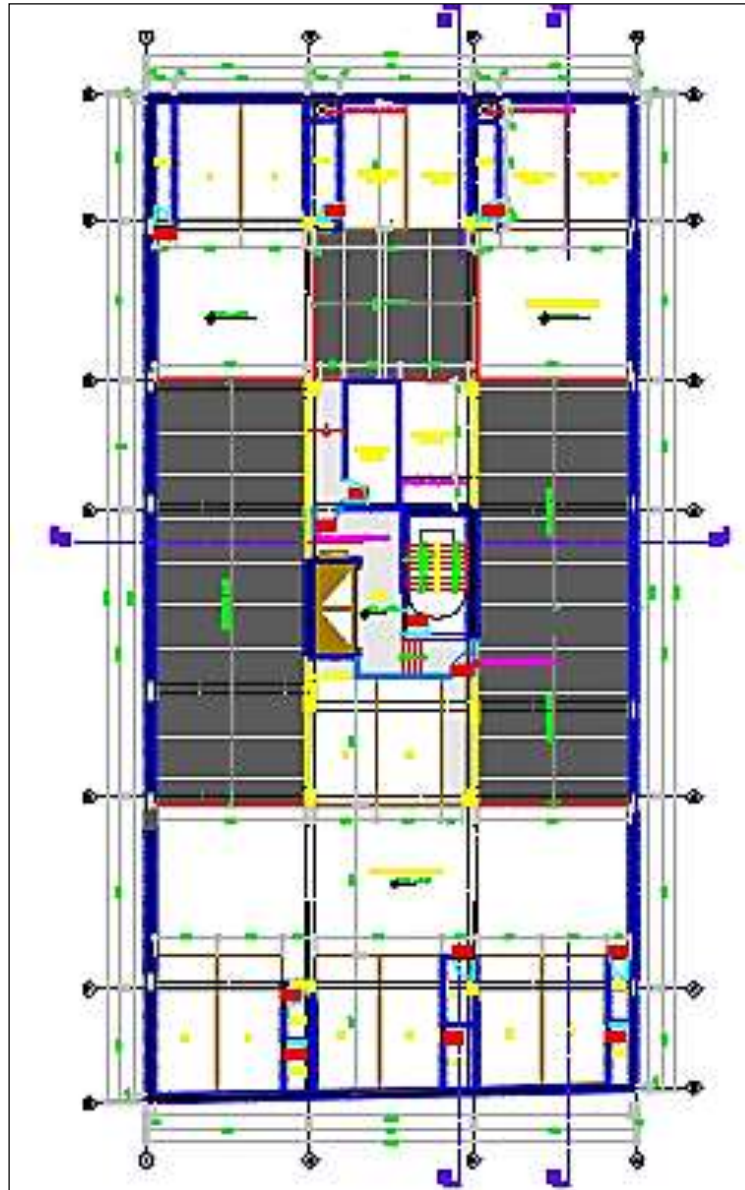
Espesor de los muros de corte : 15, 25 y 30 cm

Altura de la losa maciza para
Evitar deflexiones inmediatas : $L/30 = 2.2.1/30 = 0.13\text{m}$
Tomamos $h = 14\text{ cm}$.
($f'c = 280\text{ Kg/cm}^2$)

Altura de la platea de cimentación : 10 cm

ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y ELEVACIÓN Y CORTES

Tenemos la Fig. 43 para presentar la Planta del Primer Piso.



**Fig. 43. Planta Primer Piso.
Fuente: Elaboración Propia.**

Tenemos la Fig. 44 para presentar la Planta Típica.

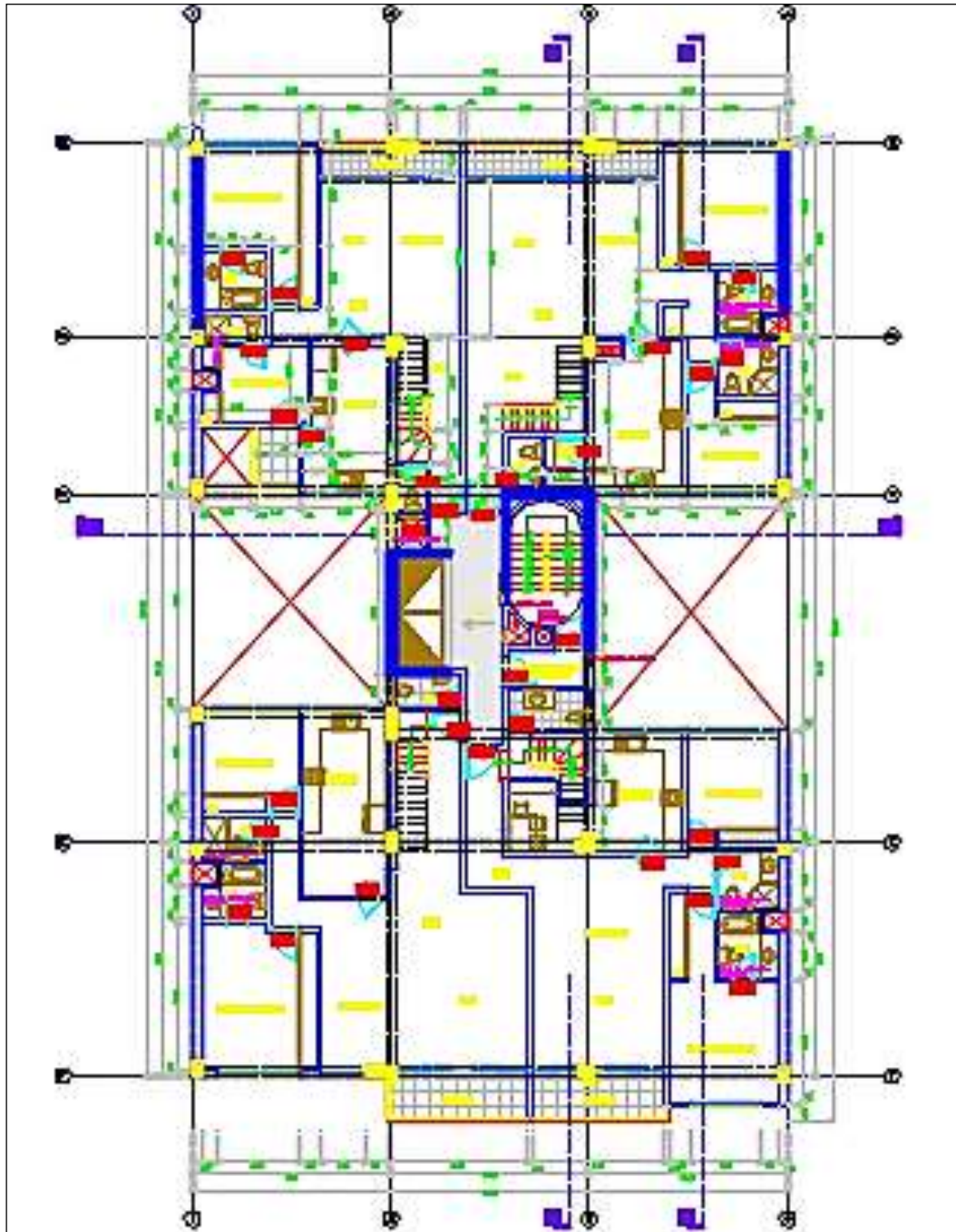


Fig N° 44. Planta Típica.
Fuente: Elaboración Propia.

Tenemos la Fig. 45 para presentar la Planta del Último Piso.

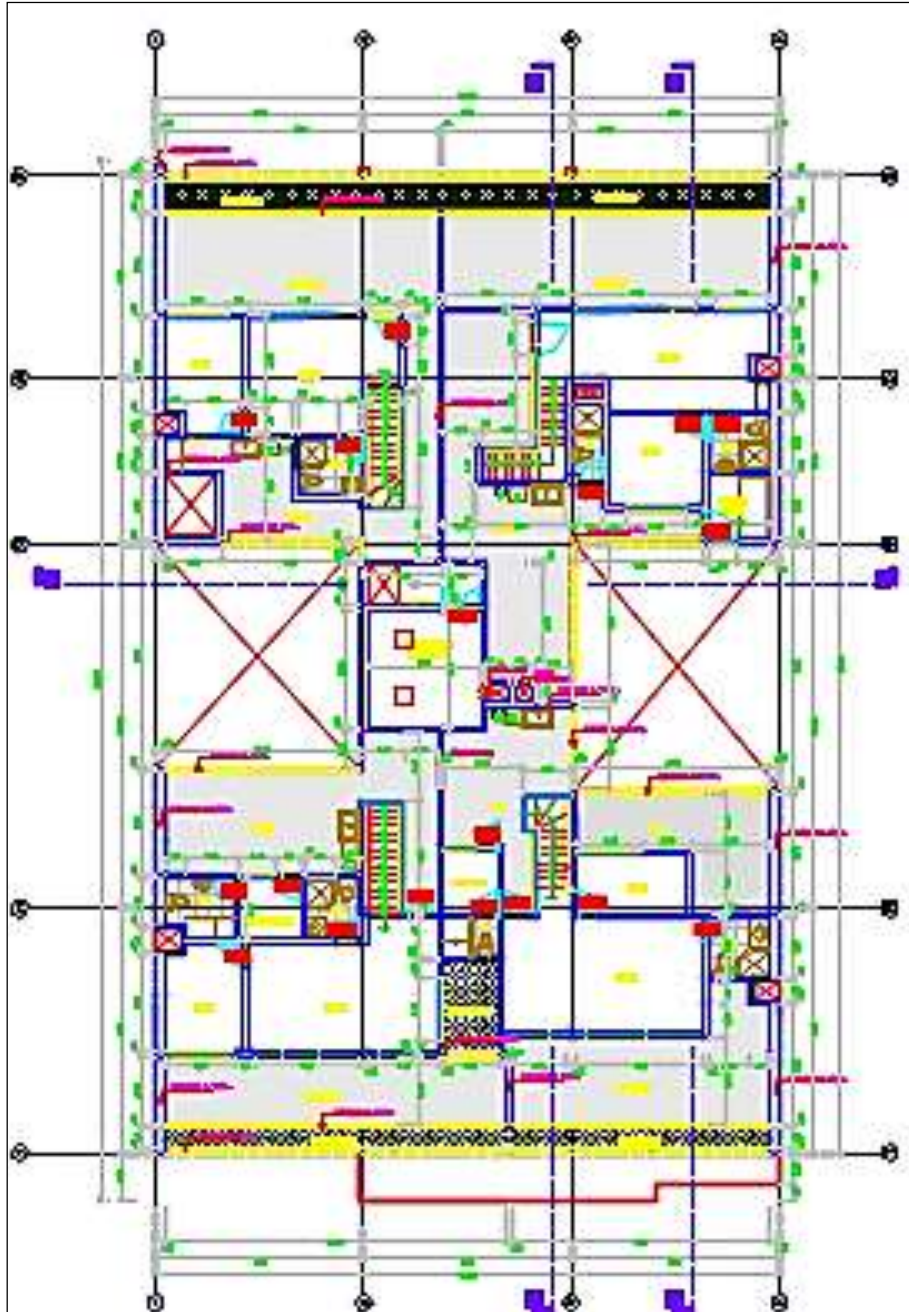


Fig. 45. Planta Último Nivel
Fuente: Elaboración Propia.

ESQUEMA EN PLANTA CON LOS ELEMENTOS QUE RESISTEN A CARGAS VERTICALES Y A CARGAS LATERALES.

Tenemos la Fig. 46 para presentar la Estructuración de la Planta del Primer Piso.

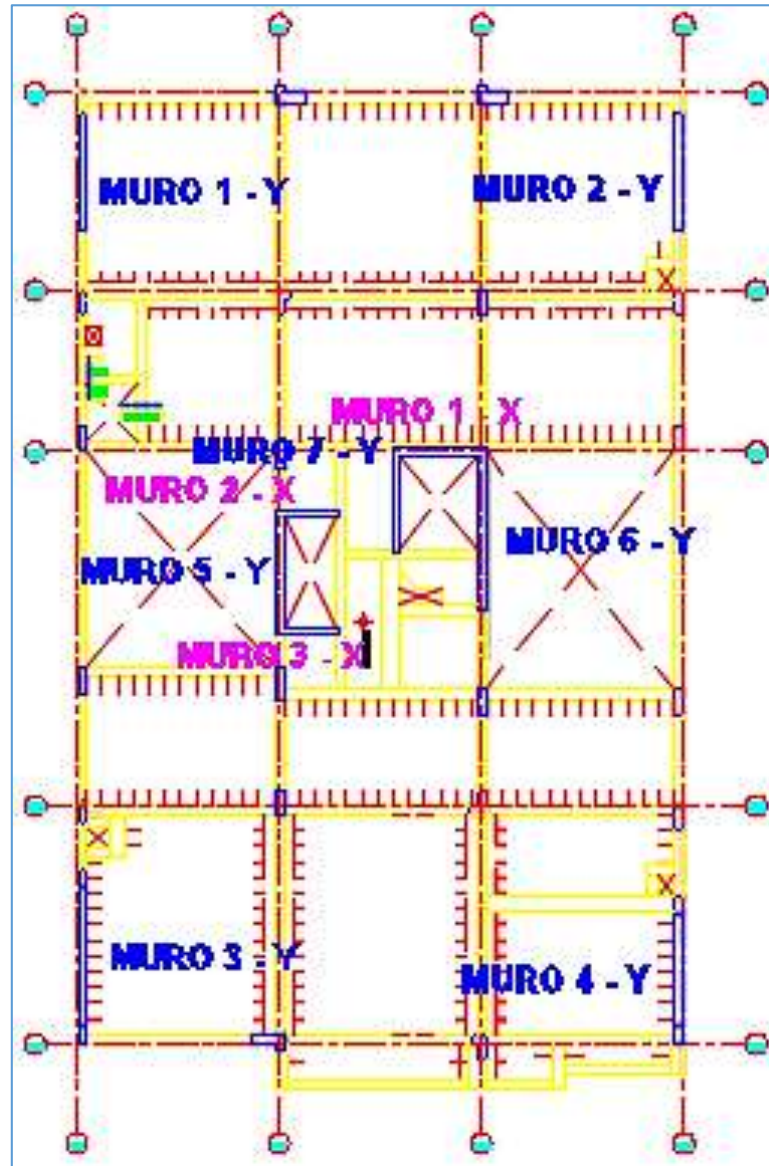


Fig. 46. Ubicación de los elementos resistentes – 1er Nivel.

Fuente: Elaboración Propia.

Tenemos la Fig. 47 para presentar la Estructuración de la Planta Típica.

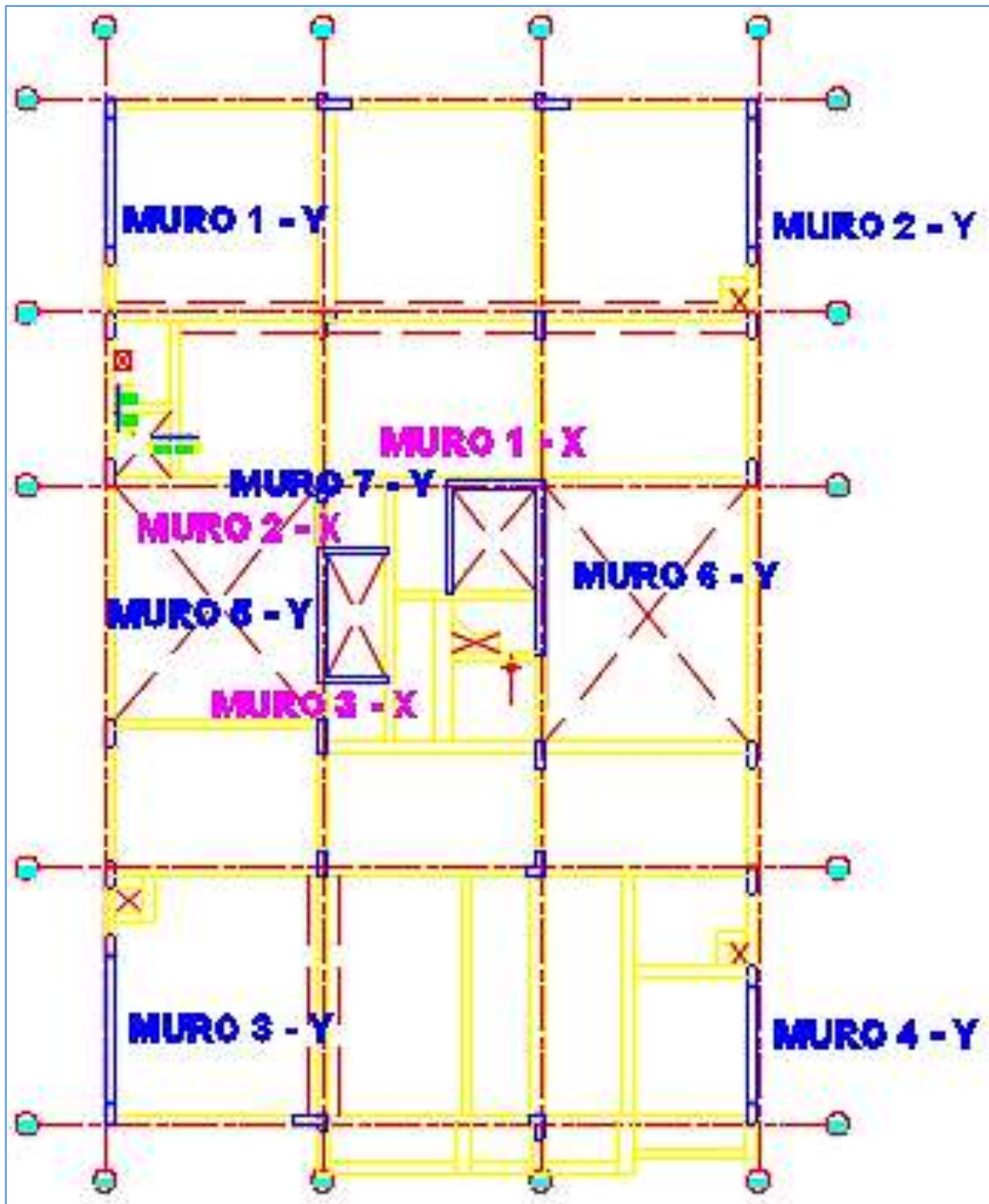


Fig. 47. Ubicación de los elementos resistentes – Planta Típica

Fuente: Elaboración Propia

Tenemos la Fig. 48 para presentar la Estructuración de la Planta del Último Nivel.

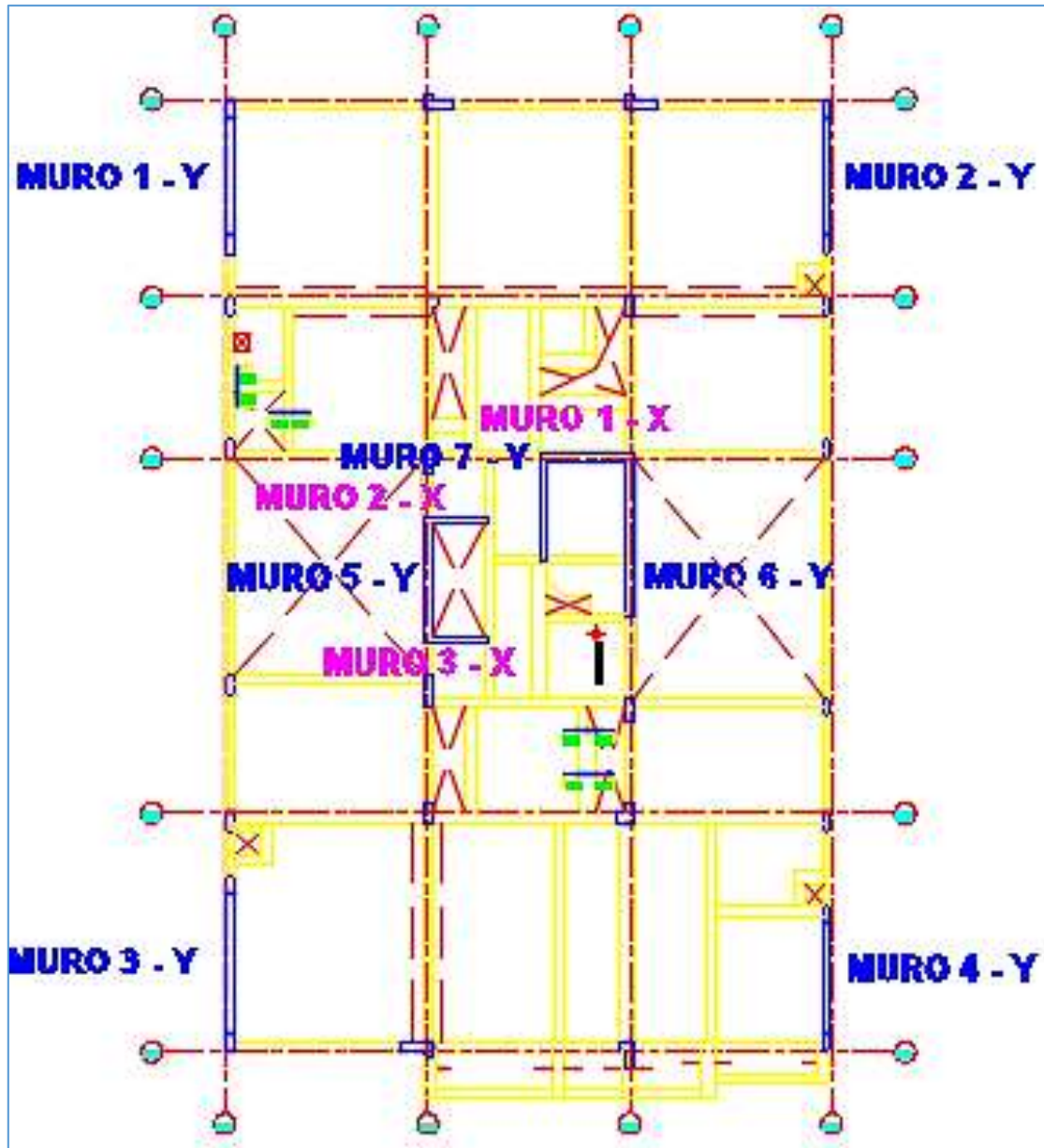


Fig. 48. Ubicación de los elementos resistentes –Último Nivel

Fuente: Elaboración Propia

MODELACIÓN

Modelando la estructura en el Programa de computo **Etabs 2013**, en la Fig. 49.

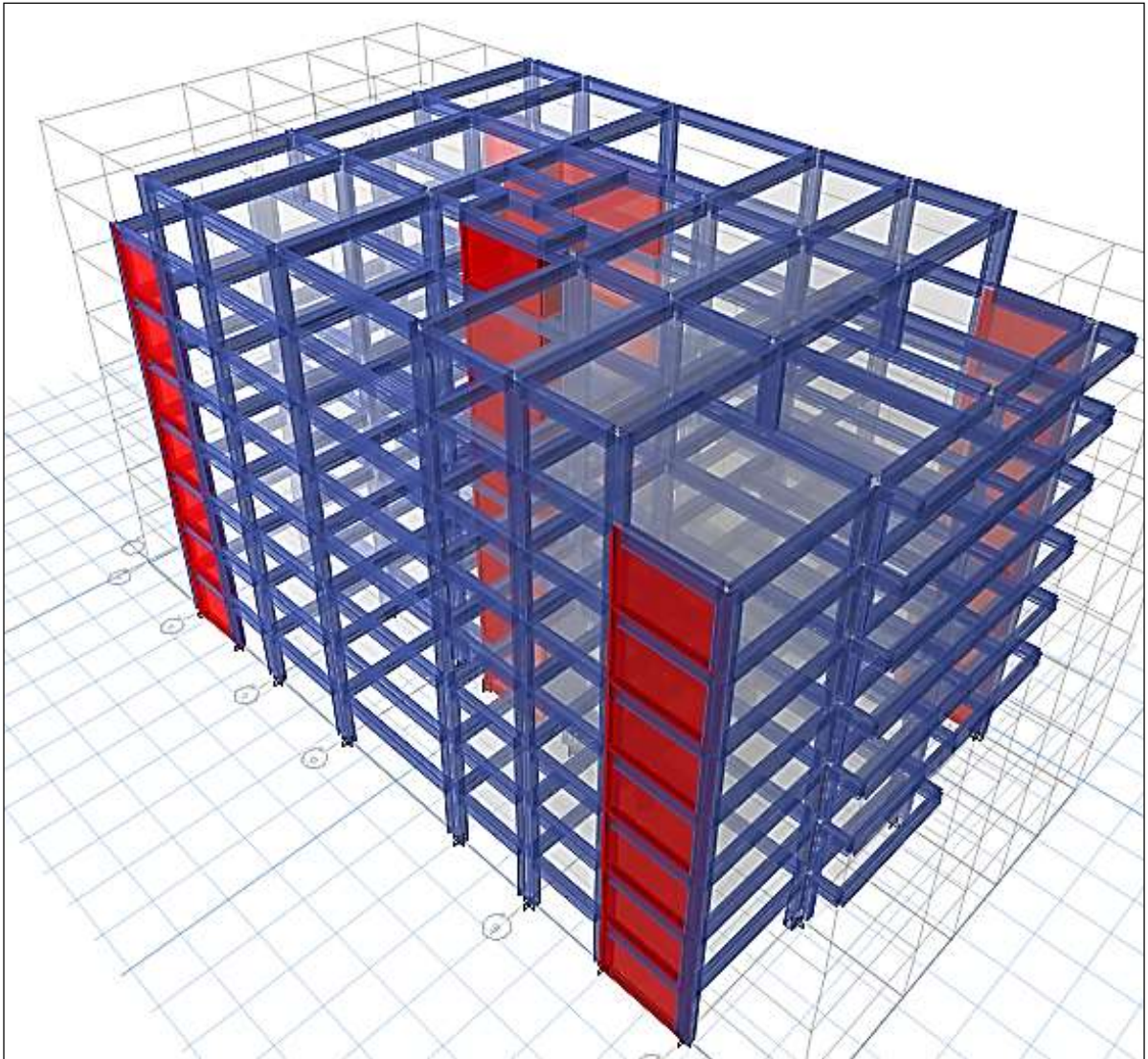


Fig. 49. Edificio modelado en 3D
Fuente: Elaboración Propia

EDIFICIO MULTIFAMILIAR HUANCAYO

DATOS GENERALES

- La edificación es una edificación multifamiliar de 9 pisos más azotea.
- Ubicación: jr. Los Rosales N° 251, distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín.

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

- La edificación multifamiliar está constituida:
- Un módulo la cual es una estructura monolítica.
- La estructura está conformada por muros estructurales o placas y pórticos de Concreto, además de un sistema de techos de losas aligeradas en una dirección y en algunas zonas de techo está compuesta por losas macizas.
- La capacidad portante del terreno es de 1.80 Kg/cm².
- Se observa que el estudio de suelo indica cemento portland tipo II a los elemento en contacto con el suelo.

ESTRUCTURACIÓN

SISTEMA ESTRUCTURAL USADO

Los muros estructurales o placas en conjunto con los pórticos conforman el sistema sismorresistente de la edificación, absorbiendo las fuerzas cortantes y momentos flectores que se originen, lo anterior se ha comprobado en la etapa de análisis; y además debido a su gran rigidez se encargan de limitar los desplazamientos horizontales en la estructura.

CONCEPCIONES ESTRUCTURALES SISMORESISTENTE

Es importante mencionar las condiciones de regularidad que se encuentran en los criterios de estructuración, ya que son de suma importancia para poder considerar regular o irregular una estructura. Son las siguientes:

- En planta tiene entrantes o salientes cuya dimensión no excede el 20% de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección que se considera de la entrante o saliente.
- En cada nivel tiene un sistema de techo o piso rígido resistente. No tiene aberturas en su sistema de techo o piso cuya dimensión exceda de 50% de la dimensión en planta medida paralelamente a la dimensión que se considere de la abertura.
- Se ha seleccionado adecuadamente los materiales de construcción.
- El peso del superior nivel no es mayor que el del piso inmediato inferior.
- Ningún piso tiene un área delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que la del piso inmediato inferior ni menor que 70% de esta.
- Se ha colocado resistencia adecuada para cada elemento estructural.
- Presenta continuidad en elevación.

DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS

Espesor de los muros de corte : 15 y 20 cm

Altura de la losa maciza para

Evitar deflexiones inmediatas

$$: L/30 = 2.2.1/30 = 0.13\text{m}$$

Tomamos $h = 14 \text{ cm}$.

($f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$)

ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y ELEVACIÓN Y CORTES

Tenemos la Fig. 50 para presentar la Planta del Primer Piso.

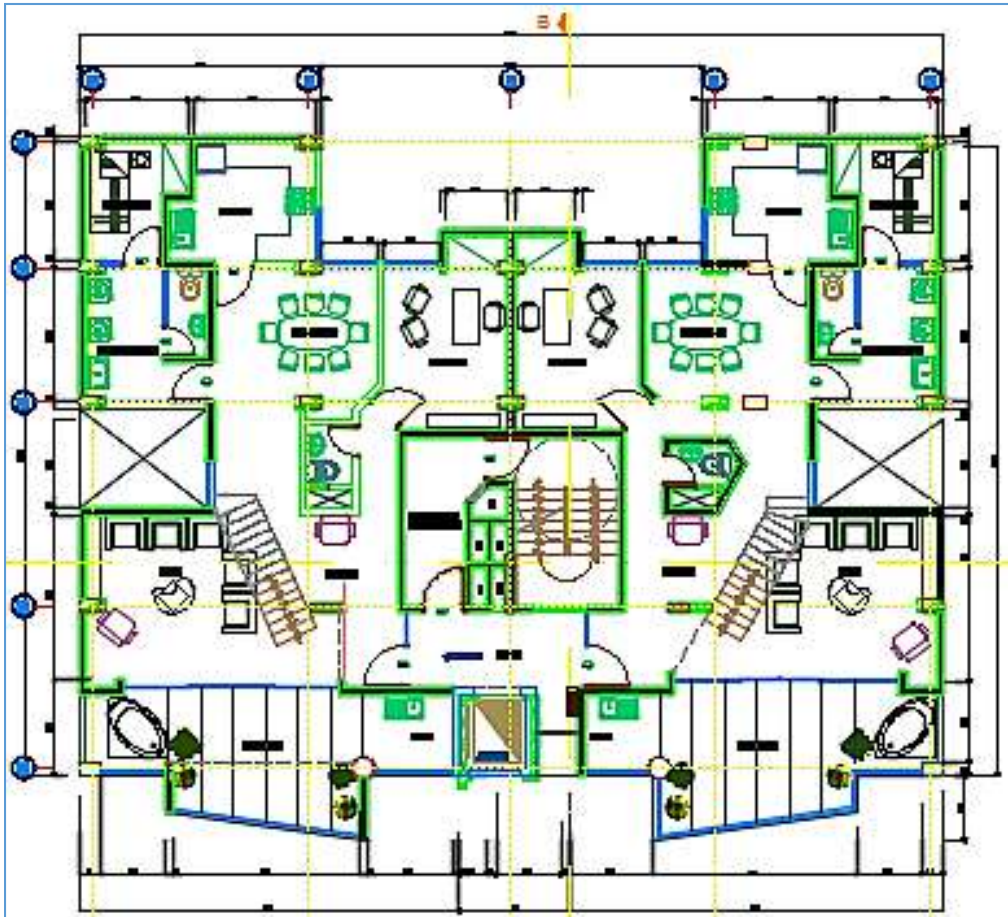


Fig. 50. Planta Primer Piso

Fuente: Elaboración Propia

Tenemos la Fig. 51 para presentar la Planta Típica.

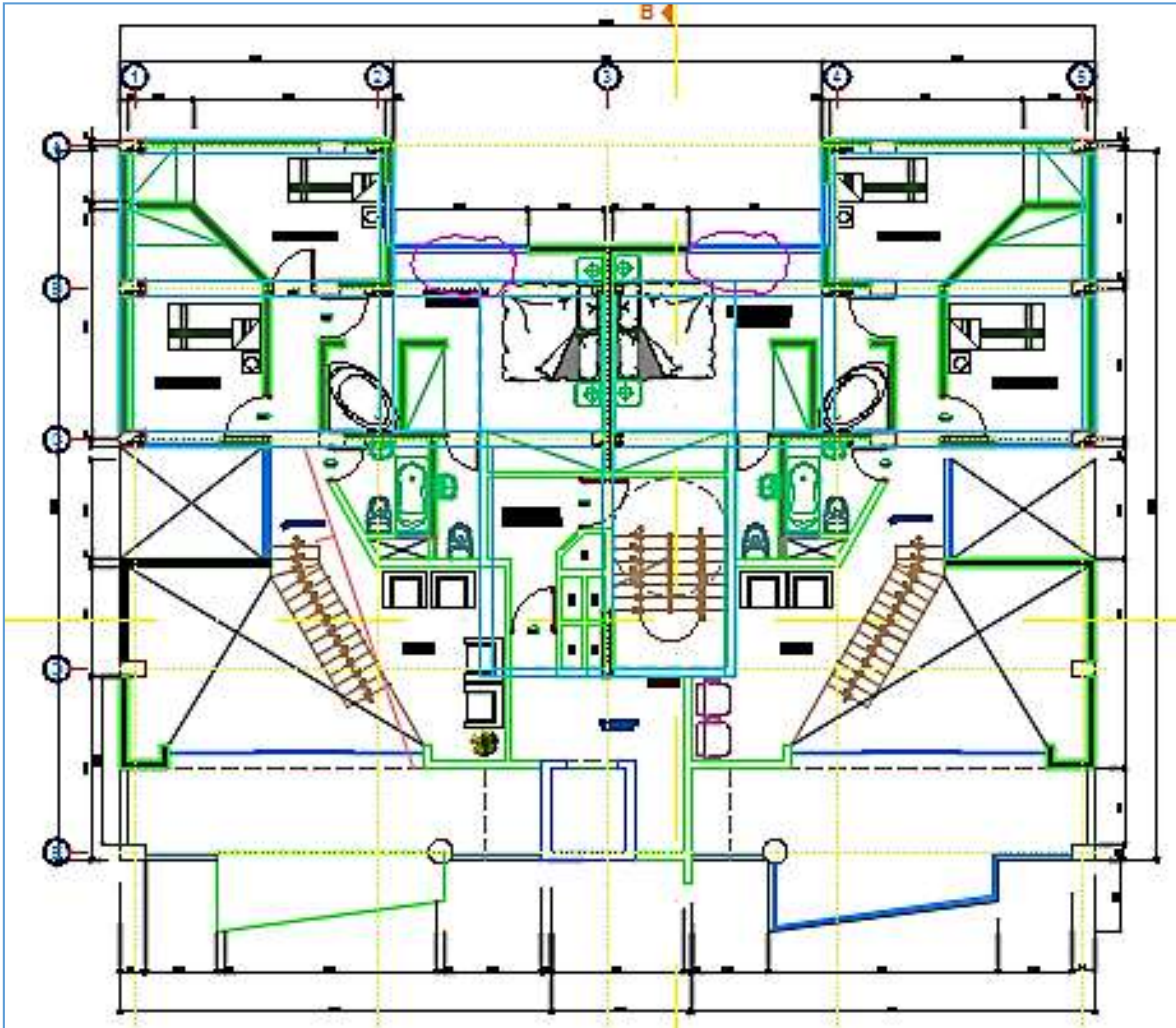


Fig. 51. Planta Típica
Fuente: Elaboración Propia

Tenemos la Fig. 52 para presentar la Planta del Último Piso.

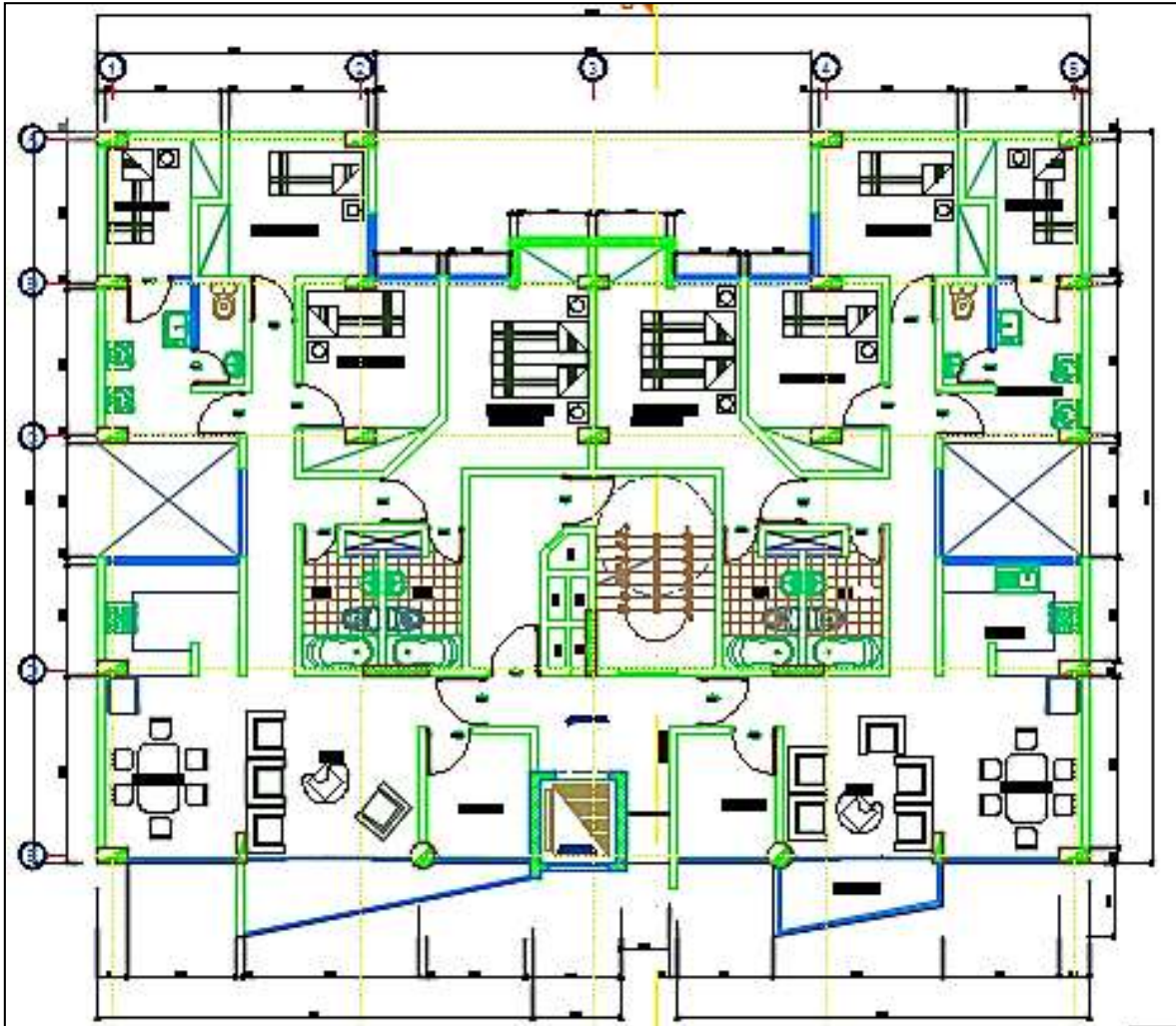


Fig. 52. Planta Último Nivel
Fuente: Elaboración Propia

Tenemos la Fig. 53 para presentar la Elevación.

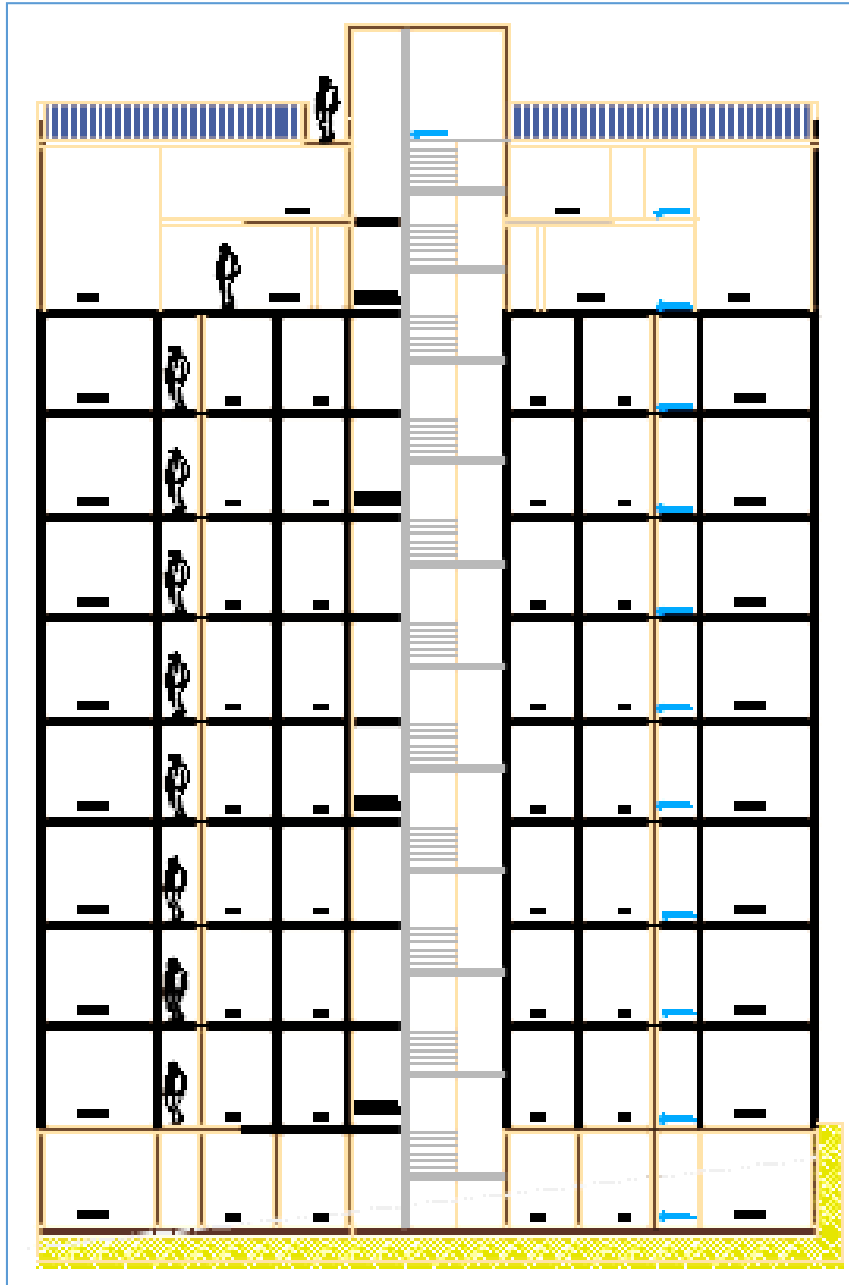


Fig. 53. Elevación

Fuente: Elaboración Propia

Tenemos la Fig. 54 para presentar la Fachada Principal.

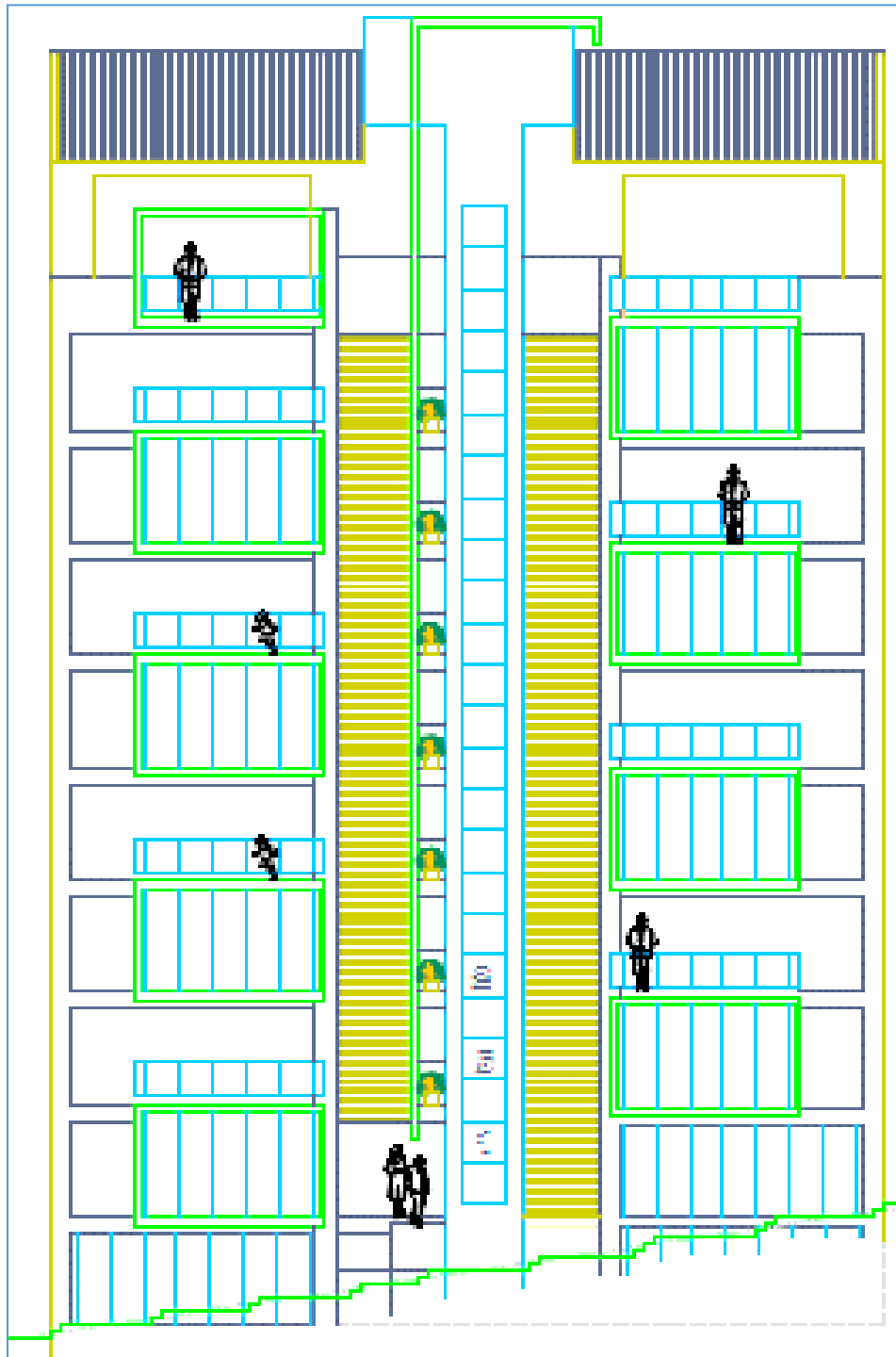


Fig. 54. Fachada Principal
Fuente: Elaboración Propia

ESQUEMA EN PLANTA CON LOS ELEMENTOS QUE RESISTEN A CARGAS VERTICALES Y A CARGAS LATERALES.

Tenemos la Fig. 55 para presentar la Estructuración de la Planta del Primer Piso.

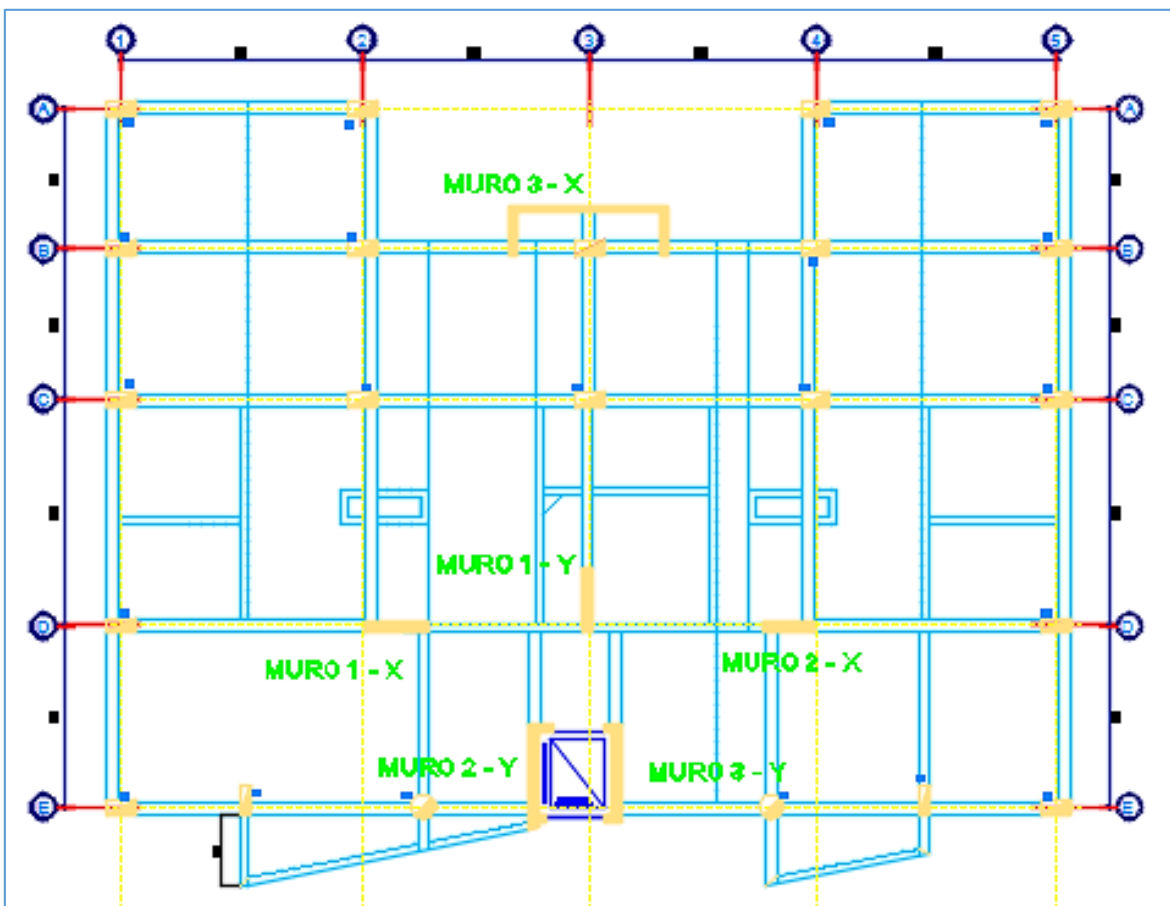


Fig. 55. Ubicación de los elementos resistentes – 1er Nivel

Fuente: Elaboración Propia

Tenemos la Fig. 56 para presentar la Estructuración de la Planta Típica.

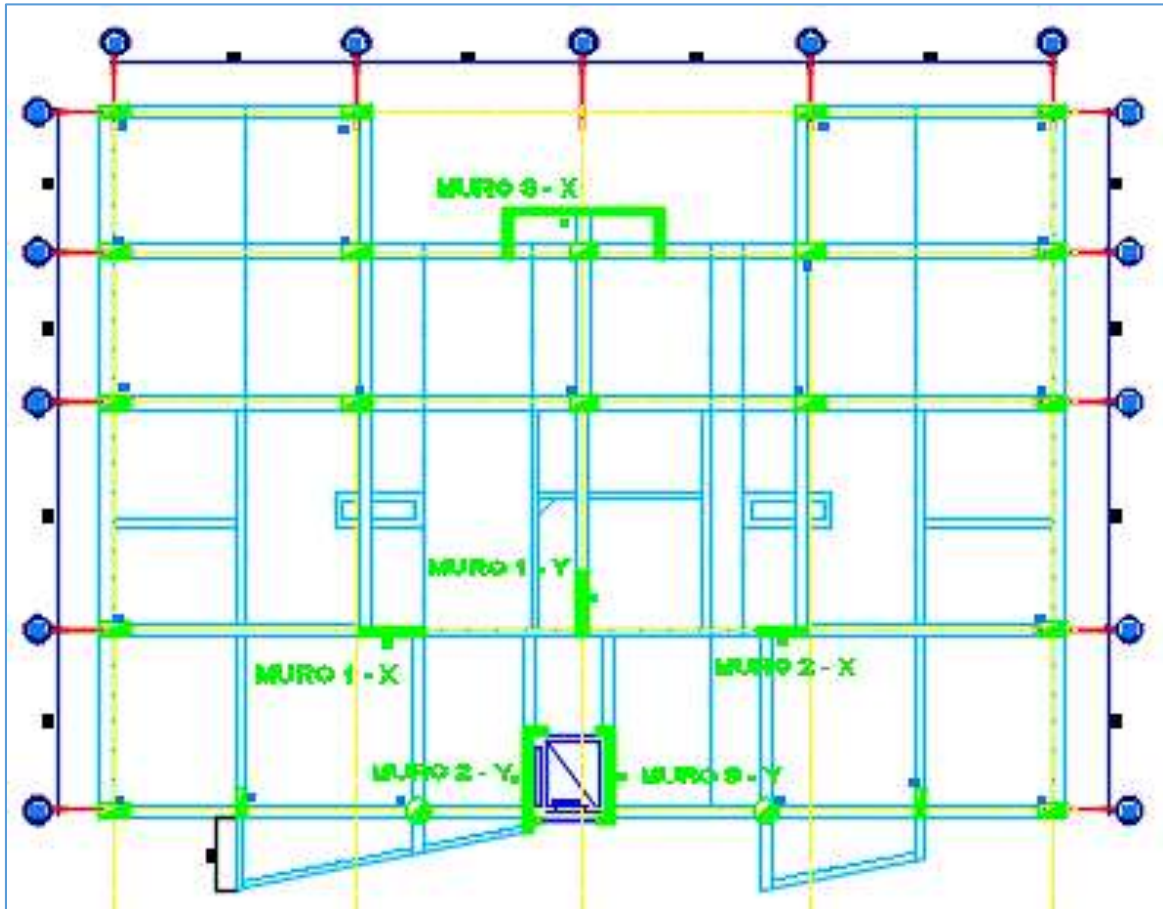


Fig. 56. Ubicación de los elementos resistentes – Planta Típica

Fuente: Elaboración Propia

Tenemos la Fig. 57 para presentar la Estructuración de la Planta del Último Nivel.

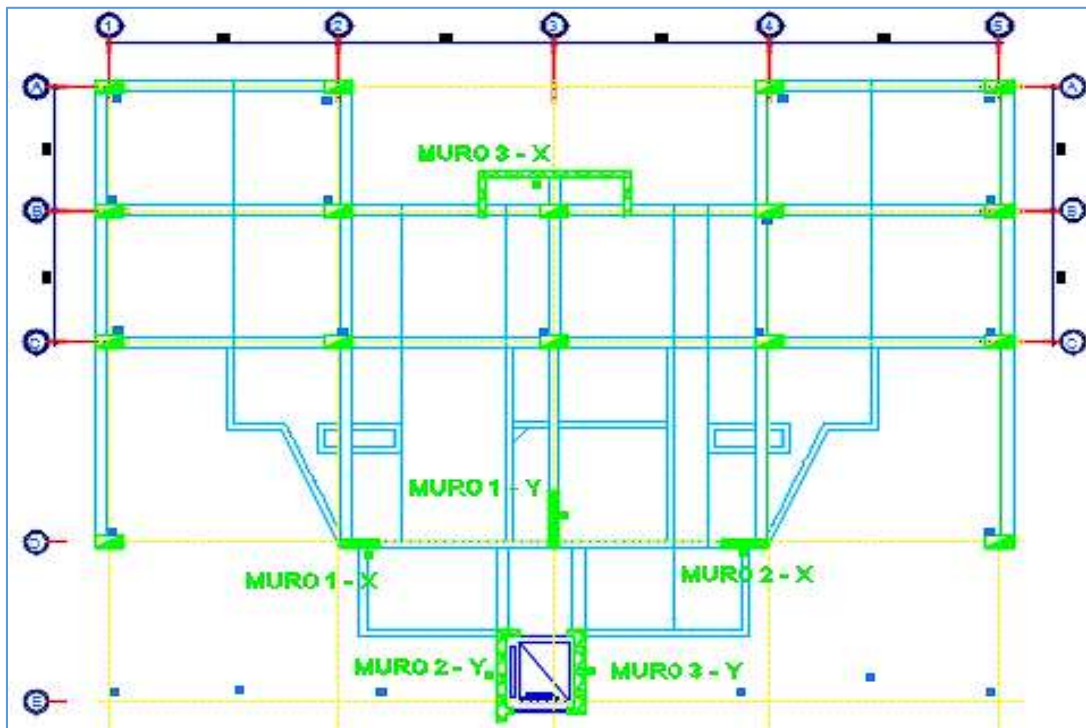


Fig. 57. Ubicación de los elementos resistentes –Último Nivel

Fuente: Elaboración Propia

MODELACIÓN

Modelando la estructura en el Programa de computo **Etabs 2013**, en la Fig. 58.

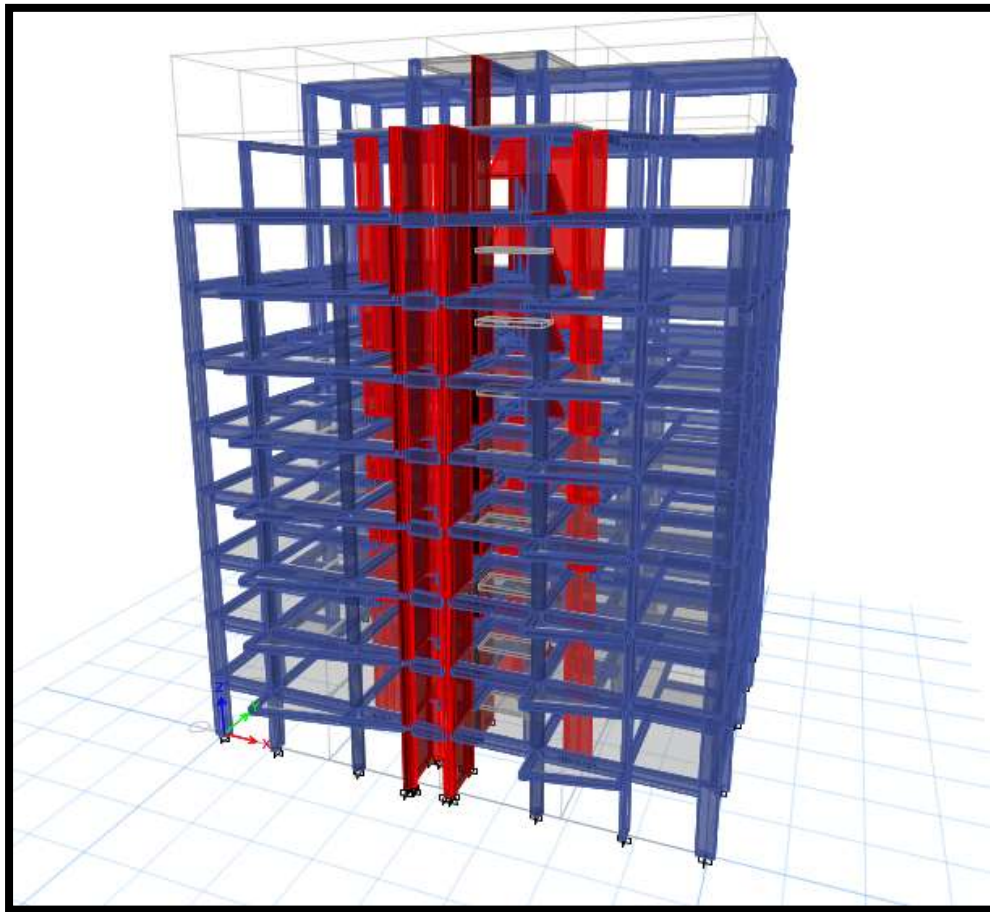


Fig. 58. Edificio modelado en 3D

Fuente: Elaboración Propia

Variable Independiente.

DESPLAZAMIENTO BASADO EN EL ESPECTRO DE RESPUESTA

El desplazamiento del techo para un edificio es computado usando fácilmente disponibles programas estructurales elásticos (los resultados pueden necesitar ser modificados para análisis de edificios de periodos pequeños).

Aunque las fuerzas de diseño son basadas en uso de simples valores de rigidez de la sección bruta, menores valores de la rigidez deberían usarse para determinar el desplazamiento del techo.

Ello puede ser preparado reduciendo el momento de inercia o el módulo de elasticidad para cualquier elemento en los pisos inferiores, un valor de 40 – 50 % de la rigidez de la sección bruta de un muro, o el uso de secciones de rigidez establecidas.

Un mayor porcentaje de rigidez de la sección bruta es apropiado para pisos superiores, donde grandes cargas laterales inducen agrietamientos no anticipados. Los valores de la rigidez para vigas y columnas también deberían reducirse en adelante, basados en los anticipados niveles de agrietamiento. Un análisis elástico del espectro de respuesta es usado bajo un espectro equivalente ($R_w = 1$) el cual es usado para determinar la respuesta elástica máxima de desplazamiento.

A continuación, un esquema de Distribución de Esfuerzos en un muro de corte, por Wallace J., en el Gráfico 6.

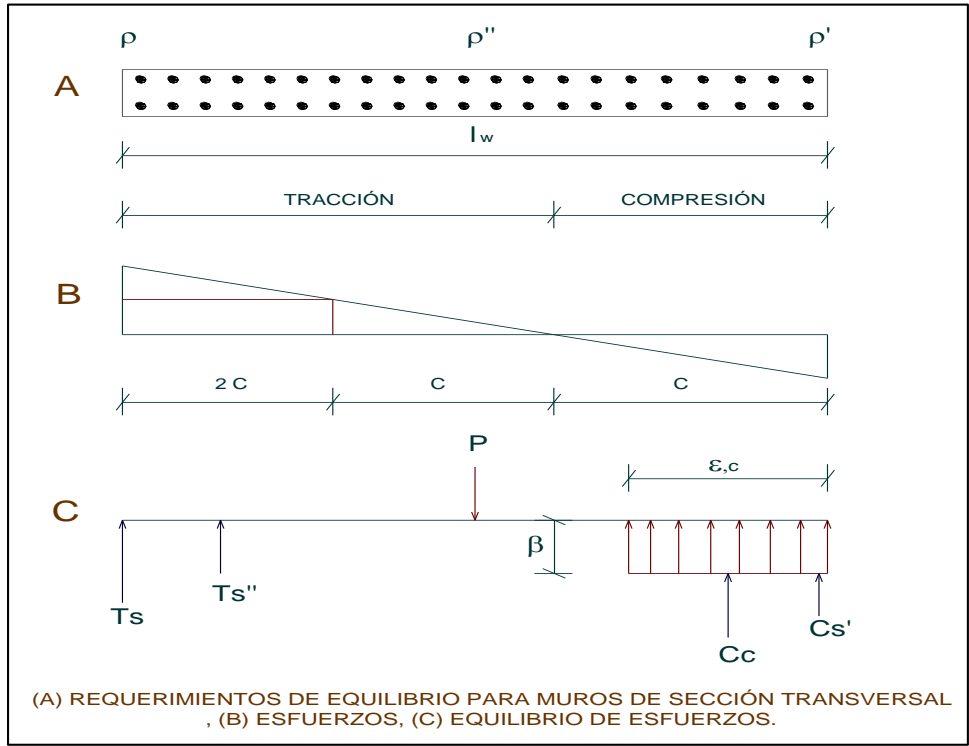


Gráfico 6. Distribución de Esfuerzos en un muro de corte
Fuente: Wallace J. (1995).

Para edificios de periodo pequeño, donde los desplazamientos máximos inelásticos se esperan excedan los desplazamientos máximos elásticos, el desplazamiento elástico debería ser amplificado.

Una propuesta de análisis generalmente debería resultar en un diseño más conservador. Para el esfuerzo a corte de edificios con muros, la siguiente expresión sirve para aproximar la distorsión de cada elemento estructural, sugerido por Wallace:

$$\frac{\delta_u}{h_w} = 1.5 * \frac{S_d}{h_w} \dots\dots\dots (Ec.23)$$

- Dentro del Análisis Dinámico se tiene el parámetro de Pseudo Aceleración (S_a), el cual tiene relación con los Pseudo Desplazamientos Relativos (S_d) y el Peso Sísmico (w). A su vez, el parámetro de Pseudo Desplazamientos Relativos está en función al Período Natural de los Suelos respecto a una Respuesta Sísmica (T) y unas constantes 1.5, es un factor usado debido a la diferencia de altura efectiva de un sistema de un grado de libertad (SDOF), y la altura del edificio representado en el modelo (SDOF).

$$S_a = w^2 S_d \Rightarrow w^2 = \frac{4 * \pi^2}{T^2} \dots\dots\dots (Ec.24)$$

- Por otro lado, el Espectro de de Pseudo Aceleraciones, involucra a los llamados Parámetros de Sitio o Condiciones Locales, los cuales son características triviales que se dan según la zona donde se establecerá la edificación a estudiar.

Para adquirir dichos valores se usa la **Norma E 0.30-2014.2**. Ver Anexo 02, Anexo 03, Anexo 04, Anexo 05, Anexo 06, Anexo 07, Anexo 08, Anexo 09, Anexo 10 y Anexo 11.

$$S_a = \frac{ZUSC}{R_w} * g \dots\dots\dots (Ec.25)$$

- Reemplazamos Ec. (2) en Ec. (3) y obtenemos una expresión despejando el Espectro de Pseudo Desplazamientos Relativos en función de los Parámetros de Sitio, el Período Fundamental y la Gravedad.

$$S_d = \frac{ZUSC}{R_w} * \frac{T^2}{4 * \pi^2} * g \dots \dots \dots (Ec.26)$$

- El Período Fundamental será reemplazado por el Período Natural Usando Rigideces con secciones Agrietadas para edificios con Muros de Corte. Este período es planteado por Wallace y Moehle (1992).

$$T = 8.8 * \frac{h_w}{l_w} * n * \sqrt{\frac{w * h_s}{g * E_c * \rho}} \dots \dots \dots (Ec.27)$$

- Teniendo al Factor de Amplificación Sísmica, resumiremos la expresión hacia algo más genérico, antes de ingresar al análisis de este parámetro. Según los casos que nos menciona el **Artículo 2.5** de la **Norma E 0.30 - 2014**, tendremos un resumen de expresión similar (Ver Anexo N°08):

$$C = 2.5 (N) \dots \dots \dots (Ec. 28)$$

- Reemplazando y Resolviendo Ec. (4), Ec. (5), Ec. (6), en Ec. (1), obtendremos una expresión genérica de la distorsión aplicando la propuesta de **Wallace & Moehle (1992)**.

$$\frac{\delta u}{h_w} = 1.5 * \frac{\left(\frac{Z * U * S * 2.5 * N}{R_w} \right) * \left(\frac{8.8 * \frac{h_w}{l_w} * n * \sqrt{\frac{w * h_s}{g * E_c * \rho}}}{4 * \pi^2} \right)^2 * g}{h_w} \dots (Ec. 29)$$

- Resolviendo la Ec. (7), obtendremos la siguiente expresión:

$$\frac{\delta u}{h_w} = cte * \left(\frac{h_w^2}{l_w^2} \right) * \left(\frac{1}{\rho} \right)$$

..... (Ec. 30)

- Teniendo la Ec (8), vemos la forma de Ecuación Parabólica, la que nos permitirá realizar Nomogramas para poder obtener el Porcentaje de Distorsión, con respecto a la relación entre Área del elemento estructural y el Área en Planta:

$$y = A * \left(\frac{1}{X}\right)^N$$

Comentarios:

- (a) En lo presentado, podemos ver la combinación de una parte del desarrollo de un Análisis Dinámico de Diseño Sismoresistente más la intervención de la propuesta de Wallace & Moehle. Dicho desarrollo es aplicado para cualquier tipo de Elemento Estructural y de diferente Material, tal como se ve en la intervención del parámetro de la densidad, “ ρ ”.
- (b) A diferencia de un Análisis Dinámico Sismoresistente, la propuesta presentada genera la distorsión mediante el desarrollo mostrado y mediante Nomogramas, donde los parámetros finales para obtener dicha distorsión son: El Área de Sección del Elemento Estructural y el Área en planta.

Los datos obtenidos referentes a la Distorsión de los Elementos Estructurales, deberán de ser comparados con los valores de los Desplazamientos Laterales, según la **Norma E-0.30 Diseño Sismoresistente (2014), Artículo 5.2**, la cual nos muestra los valores permisibles según el tipo de material del que está compuesto cada Elemento Estructural estudiado.

2.2.2.5. Operacionalización de Variables.

Tabla 1. Operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLES	INDICADORES	INDICES	MEDICION	INSTRUMENTOS
<p>Variable Independiente</p> <p>Modelo de Desplazamientos Esperados</p>	<p>Distorsión de Muros de Concreto Armado (Wallace 1995)</p>	<p>Distorsión de cada Elemento Estructural (Wallace 1994)</p> <p>* Factor SDOF: 1.50 * Factor de Zona: Z * Factor de Uso: U * Factor de Amplificación Sísmica: C * Factor de Amplificación de Suelo: S [] * Factor de Irregularidad: Rw 1 []</p>	<p>[] [] [] [] [] []</p>	<p>Laboratorio</p>
<p>Variable Dependiente</p> <p>Edificación</p>		<p>* Gravedad: $g = 9.81$ * Peso Sísmico/Piso: w * Altura Entrepiso: hs * Longitud de Muro: lw * Altura de Muro: hw * Módulo Elasticidad Concreto: Ec * Área Muro: Am * Área Total en Planta del Piso: Ap * Densidad del Concreto: ρ * Número de Pisos: n * Constante de Periodo Wallace & Mohele: 8.8 * Período -----: TL * Período -----: Tp []</p>	<p>[m/s²] [kg/m²] [m] [m] [m] [kg/m²] [m²] [m²] [%] [] [] [] []</p>	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la Investigación.

Experimental - Puesto que para concluir nuestros objetivos hemos obtenido parámetros de nuestra muestra para ser procesados en el desarrollo del Análisis Dinámico Sismorresistente, junto a la Propuesta de Wallace y Moehle. Proceso del cual, mediante Nomogramas, obtenemos el parámetro de la Distorsión, el cual será comparado con el descrito en el Artículo 5.2 de la Norma E-0.30, 2014; identificando si nuestra muestra o Edificación es Admisible o No.

Longitudinal – Se debe obtener más de un parámetro o dato para poder concluir un resultado, el cual posteriormente debe hacer frente a nuestros objetivos en el presente estudio.

Retrospectivo – El desarrollo de la investigación recurre a data recolectada de dos edificaciones para el posterior análisis de nuestra propuesta. En nuestro caso son data ya diseñada y evaluaremos si es adecuada para cada edificación.

3.2. Tipo de Investigación.

Cuantitativo – Para el estudio presentado, se emplearán cuadros, parámetros y resultados de medición, donde cada uno representa una característica en el estudio, tales son como los Parámetros de Sitio, el Período Fundamental (Wallace & Moehle), etc.

- Explicativo – Teniendo en cuenta la presencia de Wallace & Moehle, su investigación sobre Muros de Corte y nuestra Propuesta de Desplazamientos Esperados, intervendremos el Análisis Dinámico Sismoresistente para la Edificación a estudiar y explicaremos el resultado de la Distorsión, según la comparación de nuestro resultado con el de la Norma E 0.30 – 2012.
- Descriptivo – En el proceso de Análisis de Muros de Corte con nuestra Propuesta de Desplazamientos Esperados, describiremos los llamados Factores de Sitio, los cuales influyen en la obtención del parámetro de la Distorsión. Así mismo describiremos si los Muros de Corte de cada edificación son admisibles o no.

3.3. Población y Muestra.

El estudio de la presente Tesis interviene una Edificación, el cual tendrá un uso para Viviendas y está ubicado en el Distrito de Miraflores – Lima:

- Población: Edificaciones para Vivienda.
- Muestra: “J.G.” – Lima, Lima, Miraflores.
“Edificación Multifamiliar” - Junin, Huancayo, El Tambo.

3.4. Técnica de Recolección de Datos.

3.4.1. Descripción de los Instrumentos

La tesis desarrollada se basa en un proyecto hecho en la realidad, el cual

ya tiene establecidos y verificados los parámetros que necesitaremos para desarrollar nuestra Propuesta de Análisis. Es por ello que la recolección de datos está hecha.

Los Instrumentos a emplear para nuestro desarrollo será el ETABS, Software que nos permitirá un modelamiento Dinámico Sismoresistente de nuestra muestra para poder comparar resultados con los que nos arrojará la Propuesta de Wallace & Moehle y la Norma E-0.30, 2012.2.

A todo ello lo denominaremos como Laboratorio.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e Interpretación de los Resultados.

EDIFICIO MULTIFAMILIAR J.G.

ANÁLISIS PROPUESTO

El modelo de análisis a desarrollar nos permitirá determinar los esfuerzos de corte máximos de cada elemento estructural, los requerimientos a corte, como también la densidad mínima de muros de corte en cada dirección, el cual se basa en los desplazamientos esperados usando el espectro de pseudo aceleraciones.

ANALIZANDO LA ESTRUCTURA

DATOS

Factor de Zona (Z): 0.45 g

Debido a la zona, en este caso Lima muestra una alta sismicidad (de acuerdo a la norma ZONA 4)

Parámetro de Suelo (S) : 1.0

(T_p) : 0.40

$$(T_L) : 2.5$$

Debido a que el suelo es Conglomerado. Considerado como una Grava Arenosa muy densa.

$$\text{Factor de Uso} \quad (U) : 1.0$$

Debido a que la estructura es de categoría C, es decir es una edificación destinada para vivienda.

$$\text{Resistencia del Concreto} \quad (f'_c) : 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Módulo de elasticidad del Concreto} \quad (E_c) &: 15000 \cdot (280)^{1/2} \\ &= 250998 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Factor de Reducción de Fuerza} \quad (R_w) : 1$$

Debido a que la resistencia sísmica de la estructura está dada por muros de corte sin ductilidad.

$$\text{Aceleración de la Gravedad} \quad (g) : 981 \text{ cm/s}^2$$

$$\text{Peso Sísmico} \quad (w) : 0.52968 \text{ kg/cm}^2$$

Tenemos las ecuaciones (01); (02) y (03), respectivamente para la distorsión:

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{(1.5)(S_d)}{(h_w)}$$

$$S_a = \omega^2(S_d) \rightarrow \omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

$$S_d = \left(\frac{Z_{USC}}{R_w} \right) \left(\frac{T^2}{4\pi^2} \right) g$$

Empleando el periodo Fundamental para muros de corte en la Ecuación (5) (Wallace, Moehle):

$$T = 8.8 \left(\frac{h_w}{l_2} \right) (n) \left(\sqrt{\frac{w(h_s)}{g(E_c)\rho}} \right)$$

Donde:

- h_s : h_w/n
- n : Número de pisos en la edificación.
- E_c : Módulo de Elasticidad del Concreto, según el artículo 8.5.2 del RNE E.060 – 2009.
- w : Peso sísmico, según el artículo 2.2.3 del RNE E.030 – 2014, entre el área de la planta.

- ρ : Densidad de muros según la dirección indicada.

El factor de Amplificación según el artículo 2.5 del RNE E.030 – 2014:

$$S1 \rightarrow T_L = 2.50, T_p = 0.40; T = h_n / C_T \rightarrow T = 22.80 / 60 \rightarrow 0.38 \text{ s}$$

Como $T < T_p$ entonces:

$$C = 2.50$$

Reemplazando en la ecuación de la distorsión:

$$\frac{\delta_u}{h_w} = 1.50 \times \frac{\left(\frac{ZUSC}{R_w} \right) \left(8.8 \cdot \frac{h_w}{l_w} \cdot n \sqrt{\frac{w \cdot h_s}{g \cdot E_c \cdot \rho}} \right)^2}{(h_w)}$$

Simplificando se obtiene:

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{(1.50)(Z)(U)(C)(S)(8.8^2)(h_w^2)(n)(w)}{(R)(4)\pi^2(l_w^2)(E_c)(\rho)}$$

Reemplazando los valores de Z, U, C, S, n, w y R, se obtiene:

$$\frac{\delta_u}{h_w} = 0.00000698544 \frac{(n)(h_w^2)}{(l_w^2)(\rho)}$$

EDIFICIO MULTIFAMILIAR HUANCAYO

ANÁLISIS PROPUESTO

El modelo de análisis a desarrollar nos permitirá determinar los esfuerzos de corte máximos de cada elemento estructural, los requerimientos a corte, como también la densidad mínima de muros de corte en cada dirección, el cual se basa en los desplazamientos esperados usando el espectro de pseudo aceleraciones.

ANALIZANDO LA ESTRUCTURA

DATOS

Factor de Zona (Z): 0.35 g

Debido a la zona, este queda ubicado en el Tambo, Huancayo (Zona 3).

Parámetro de Suelo (S) : 1.20

(T_p) : 1.00

(T_L) : 1.60

Debido a que el suelo es Conglomerado. Considerado como una Grava Arenosa muy densa.

Factor de Uso (U) : 1.0

Debido a que la estructura es de categoría C, es decir es una edificación destinada para vivienda.

Resistencia del Concreto (f'c) : 280 kg/cm²

Módulo de elasticidad del Concreto (Ec) : 15000*(280)^{1/2}
= 250998 kg/cm²

Factor de Reducción de Fuerza (Rw) : 1

Debido a que la resistencia sísmica de la estructura está dada por muros de corte sin ductilidad.

Aceleración de la Gravedad (g) : 981 cm/s²

Peso Sísmico (w) : 0.413 kg/cm²

Tenemos las ecuaciones (01); (02) y (03), respectivamente para la distorsión:

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{(1.5)(S_d)}{(h_w)}$$

$$S_a = \omega^2(S_d) \rightarrow \omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

$$S_d = \left(\frac{ZUSC}{R_w} \right) \left(\frac{T^2}{4\pi^2} \right) g$$

Empleando el periodo Fundamental para muros de corte en la Ecuación (5) (Wallace, Moehle):

$$T = 8.8 \left(\frac{h_w}{l_2} \right) (n) \left(\sqrt{\frac{w(h_s)}{g(E_c)\rho}} \right)$$

Donde:

- h_s : h_w/n
- n : Número de pisos en la edificación.
- E_c : Módulo de Elasticidad del Concreto, según el artículo 8.5.2 del RNE E.060 – 2009.
- w : Peso sísmico, según el artículo 2.2.3 del RNE E.030 – 2014, entre el área de la planta.
- ρ : Densidad de muros según la dirección indicada.

El factor de Amplificación según el artículo 2.5 del RNE E.030 –

2014:

$$S1 \rightarrow T_L = 1.60, T_p = 1.00; T = h_n / C_T \rightarrow T = 21.15 / 45 \rightarrow 0.47 \text{ s}$$

Como $T < T_p$ entonces:

$$C = 2.50$$

Reemplazando en la ecuación de la distorsión:

$$\frac{\delta_u}{h_w} = 1.50 \times \frac{\left(\frac{ZUSC}{R_w} \right) \left(8.8 \cdot \frac{h_w}{l_w} \cdot n \sqrt{\frac{w \cdot h_s}{g \cdot E_c \cdot \rho}} \right)^2}{(h_w)}$$

Simplificando se obtiene:

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{(1.50)(Z)(U)(C)(S)(8.8^2)(h_w^2)(n)(w)}{(R)(4)\pi^2(l_w^2)(E_c)(\rho)}$$

Reemplazando los valores de Z, U, C, S, n, w y R, se obtiene:

$$\frac{\delta_u}{h_w} = 0.00001384741 \frac{(n)(h_w^2)}{(l_w^2)(\rho)}$$

4.2. Resultados de la Investigación.

EDIFICIO MULTIFAMILIAR J.G.

Determinando la densidad de muros de la estructura en cada dirección, según Tabla.2 y Tabla.3, respectivamente:

Tabla 2. Densidad Muros en el eje X

Muros	Espesor	Longitud	Área
Muro 1	0.20 m	1.95 m	0.39 m ²
Muro 2	0.20 m	1.95 m	0.39 m ²
Muro 3	0.30 m	2.725 m	0.82 m ²
$\Sigma A_{mx} =$			1.60 m²
$\rho_x = \Sigma a_{mx}/A_t =$			0.32%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. Densidad Muros en el eje Y

Muros	Espesor	Longitud	Área
Muro 1	0.30 m	3.15 m	0.95 m ²
Muro 2	0.30 m	3.80 m	1.14 m ²
Muro 3	0.30 m	3.150 m	0.95 m ²
Muro 4	0.30 m	3.80 m	1.14 m ²
Muro 5	0.30 m	3.80 m	1.14 m ²
Muro 6	0.30 m	5.20 m	1.56 m ²
Muro 7	0.15 m	3.38 m	0.51 m ²
$\Sigma A_{my} =$			7.38 m²
$\rho_y = \Sigma A_{my}/A_t =$			1.46%

Fuente: Elaboración Propia

Determinando la distorsión de cada elemento estructural, según Tabla. 4 y Tabla. 5, respectivamente:

Tabla 4. Distorsión en Muros - Eje X

Datos de los muros								
Piso	Muro	lw	(lw)(piso)	Espesor	Altura	Área de muro	$\rho = \text{Amuro} / \text{Apiso}$	$\delta u / hw$
1	1	1.95 m	1.95 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.019390
	2	1.95 m	1.95 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.019390
	3	2.73 m	2.725 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.004737
2	1	1.95 m	3.9 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.009695
	2	1.95 m	3.9 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.009695
	3	2.73 m	5.45 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.002368
3	1	1.95 m	5.85 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.006463
	2	1.95 m	5.85 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.006463
	3	2.73 m	8.175 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.001579
4	1	1.95 m	7.8 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.004847
	2	1.95 m	7.8 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.004847
	3	2.73 m	10.9 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.001184
5	1	1.95 m	9.75 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.003878
	2	1.95 m	9.75 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.003878
	3	2.73 m	13.625 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.000947
6	1	1.95 m	11.7 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.012926
	2	1.95 m	11.7 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.012926
	3	2.73 m	16.35 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.003158
7	1	1.95 m	13.65 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.002770
	2	1.95 m	13.65 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.002770
	3	2.73 m	19.075 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.000677
8	1	1.95 m	15.6 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.002424
	2	1.95 m	15.6 m	0.20 m	2.85 m	0.39 m ²	0.0008	0.002424
	3	2.73 m	21.8 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.000592

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5. Distorsión en Muros - Eje Y

Datos de los muros								
Piso	Muro	lw	(lw)(piso)	Espesor	Altura	Área de muro	$\rho = \text{Amuro}/\text{Apiso}$	$\delta u/hw$
1	1	3.15 m	3.15 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.003067
	2	3.80 m	3.8 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.001747
	3	3.15 m	3.15 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.003067
	4	3.80 m	3.8 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.001747
	5	3.80 m	3.8 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.001747
	6	5.20 m	5.2 m	0.30 m	2.85 m	1.56 m ²	0.0031	0.000682
	7	3.38 m	3.378 m	0.15 m	2.85 m	0.51 m ²	0.0010	0.004973
2	1	3.15 m	6.3 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.001533
	2	3.8 m	7.6 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000873
	3	3.15 m	6.3 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.001533
	4	3.8 m	7.6 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000873
	5	3.8 m	7.6 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000873
	6	5.2 m	10.4 m	0.30 m	2.85 m	1.56 m ²	0.0031	0.000341
	7	3.38 m	6.756 m	0.15 m	2.85 m	0.51 m ²	0.0010	0.002487
3	1	3.15 m	9.45 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.001022
	2	3.80 m	11.4 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000582
	3	3.15 m	9.45 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.001022
	4	3.80 m	11.4 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000582
	5	3.80 m	11.4 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000582
	6	5.20 m	15.6 m	0.30 m	2.85 m	1.56 m ²	0.0031	0.000227
	7	3.38 m	10.134 m	0.15 m	2.85 m	0.51 m ²	0.0010	0.001658
4	1	3.15 m	12.6 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.000767
	2	3.8 m	15.2 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000437
	3	3.15 m	12.6 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.000767
	4	3.8 m	15.2 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000437
	5	3.8 m	15.2 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000437
	6	5.2 m	20.8 m	0.30 m	2.85 m	1.56 m ²	0.0031	0.000170
	7	3.38 m	13.512 m	0.15 m	2.85 m	0.51 m ²	0.0010	0.001243
5	1	3.15 m	15.75 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.000613
	2	3.80 m	19 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000349
	3	3.15 m	15.75 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.000613
	4	3.80 m	19 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000349
	5	3.80 m	19 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000349
	6	5.20 m	26 m	0.30 m	2.85 m	1.56 m ²	0.0031	0.000136
	7	3.38 m	16.89 m	0.15 m	2.85 m	0.51 m ²	0.0010	0.000995
6	1	3.15 m	18.9 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.002044
	2	3.8 m	22.8 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.001165
	3	3.15 m	18.9 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.002044
	4	3.8 m	22.8 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.001165
	5	3.8 m	22.8 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.001165
	6	5.2 m	31.2 m	0.30 m	2.85 m	1.56 m ²	0.0031	0.000454
	7	3.38 m	20.268 m	0.15 m	2.85 m	0.51 m ²	0.0010	0.003315
7	1	3.15 m	22.05 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.000438
	2	3.80 m	26.6 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000250
	3	3.15 m	22.05 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.000438
	4	3.80 m	26.6 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000250
	5	3.80 m	26.6 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000250
	6	5.20 m	36.4 m	0.30 m	2.85 m	1.56 m ²	0.0031	0.000097
	7	3.38 m	23.646 m	0.15 m	2.85 m	0.51 m ²	0.0010	0.000710
8	1	3.15 m	25.2 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.000383
	2	3.8 m	30.4 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000218
	3	3.15 m	25.2 m	0.30 m	2.85 m	0.95 m ²	0.0019	0.000383
	4	3.8 m	30.4 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000218
	5	3.8 m	30.4 m	0.30 m	2.85 m	1.14 m ²	0.0022	0.000218
	6	5.2 m	41.6 m	0.30 m	2.85 m	1.56 m ²	0.0031	0.000085
	7	3.38 m	27.024 m	0.15 m	2.85 m	0.51 m ²	0.0010	0.000622

Fuente: Elaboración Propia

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 1, según Gráfico.7.

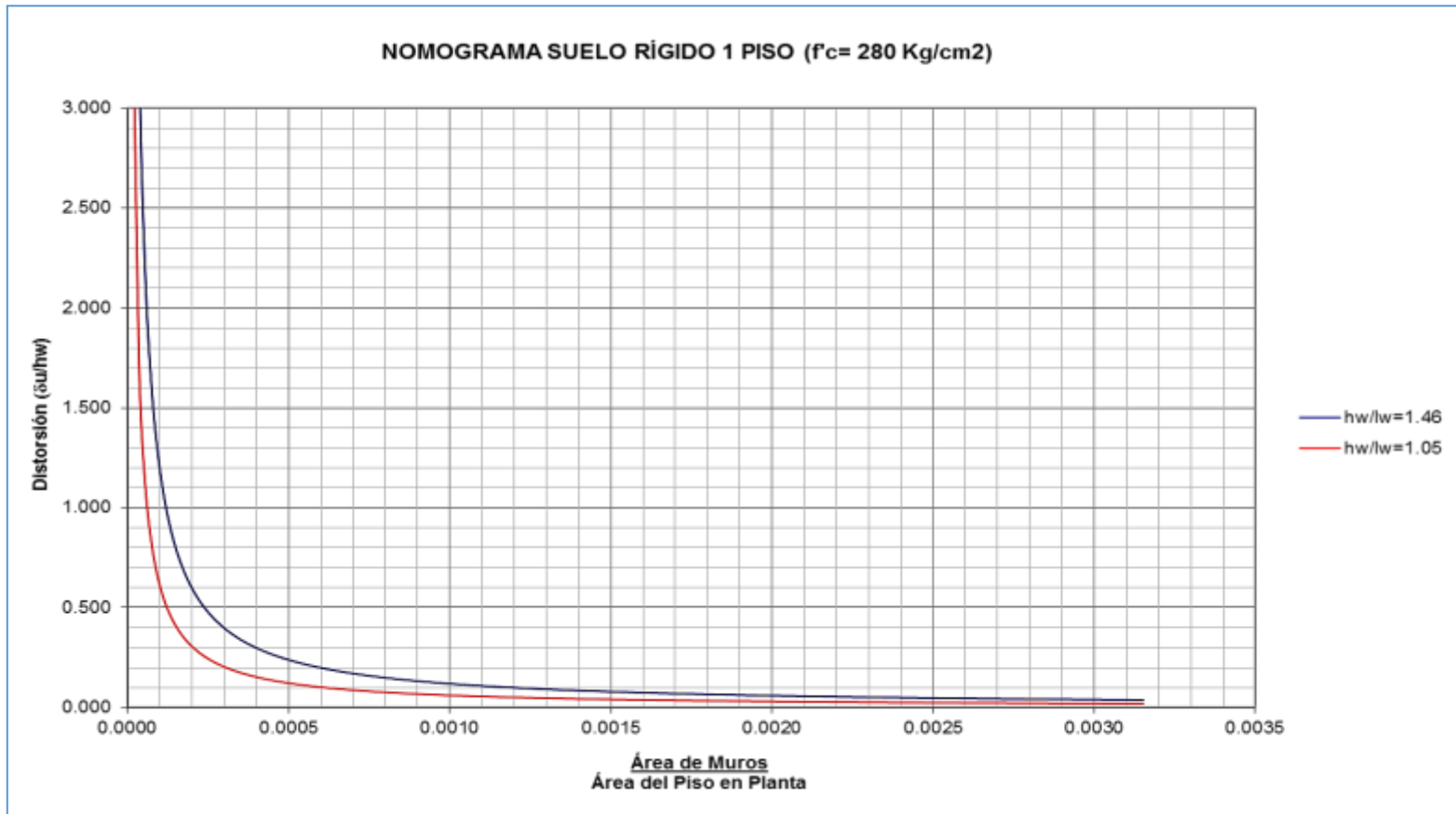


Gráfico 7. Nomograma – Eje X – Piso 1 ($f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 2, según Gráfico.8.

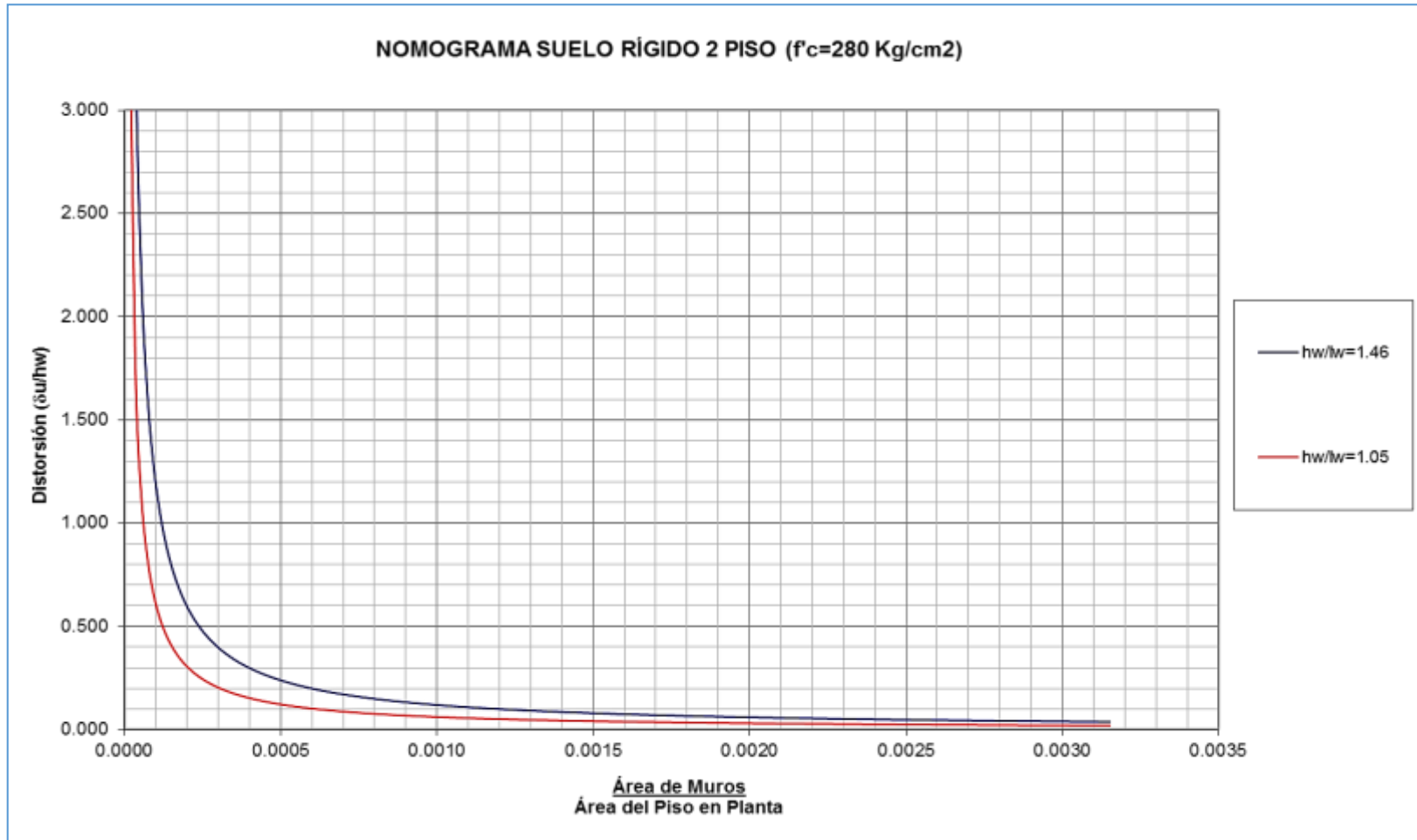


Gráfico 8. Nomograma – Eje X – Piso 2 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 3, según Gráfico.9.

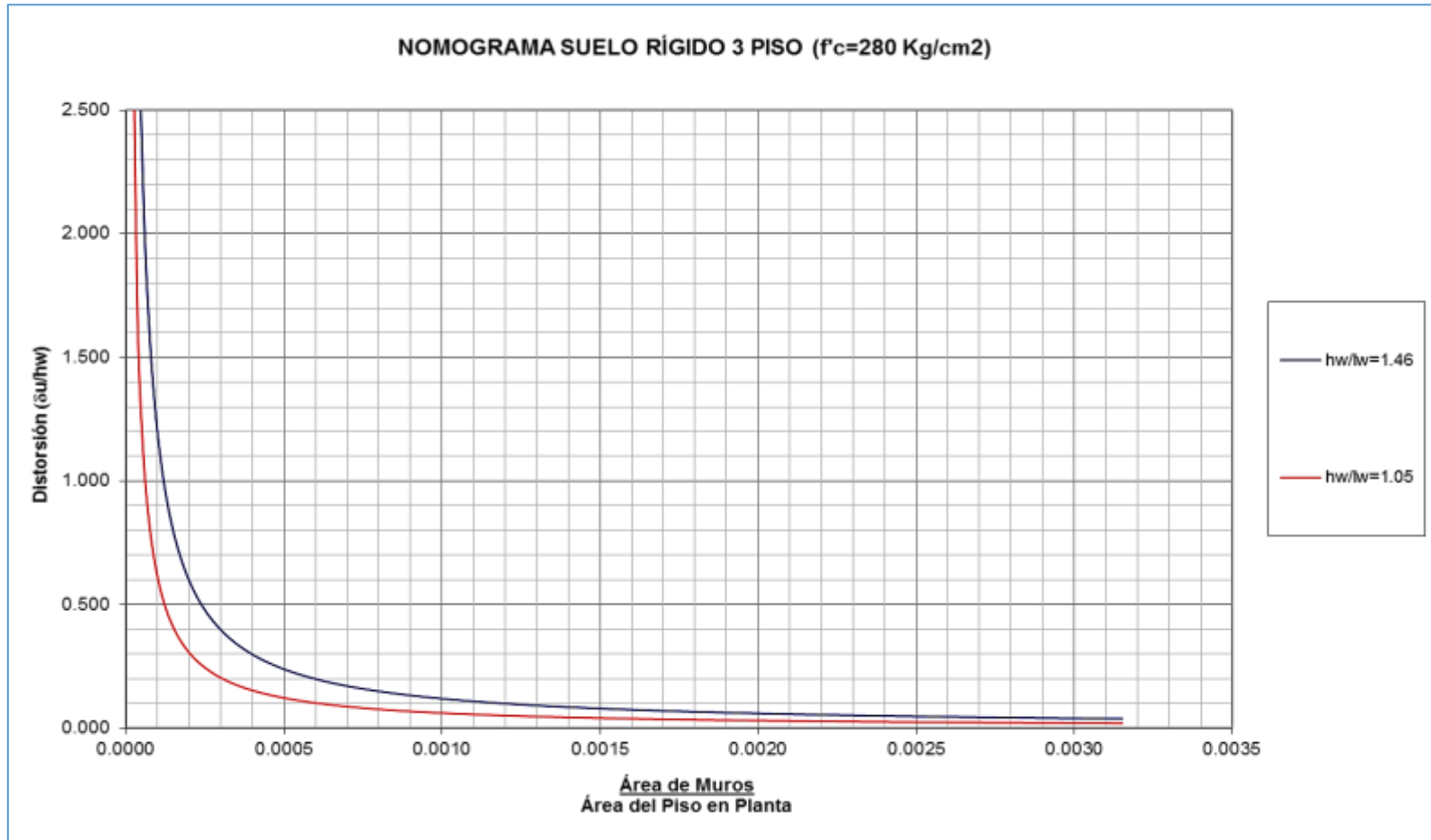


Gráfico 9. Nomograma – Eje X – Piso 3 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 4, según Gráfico.10.

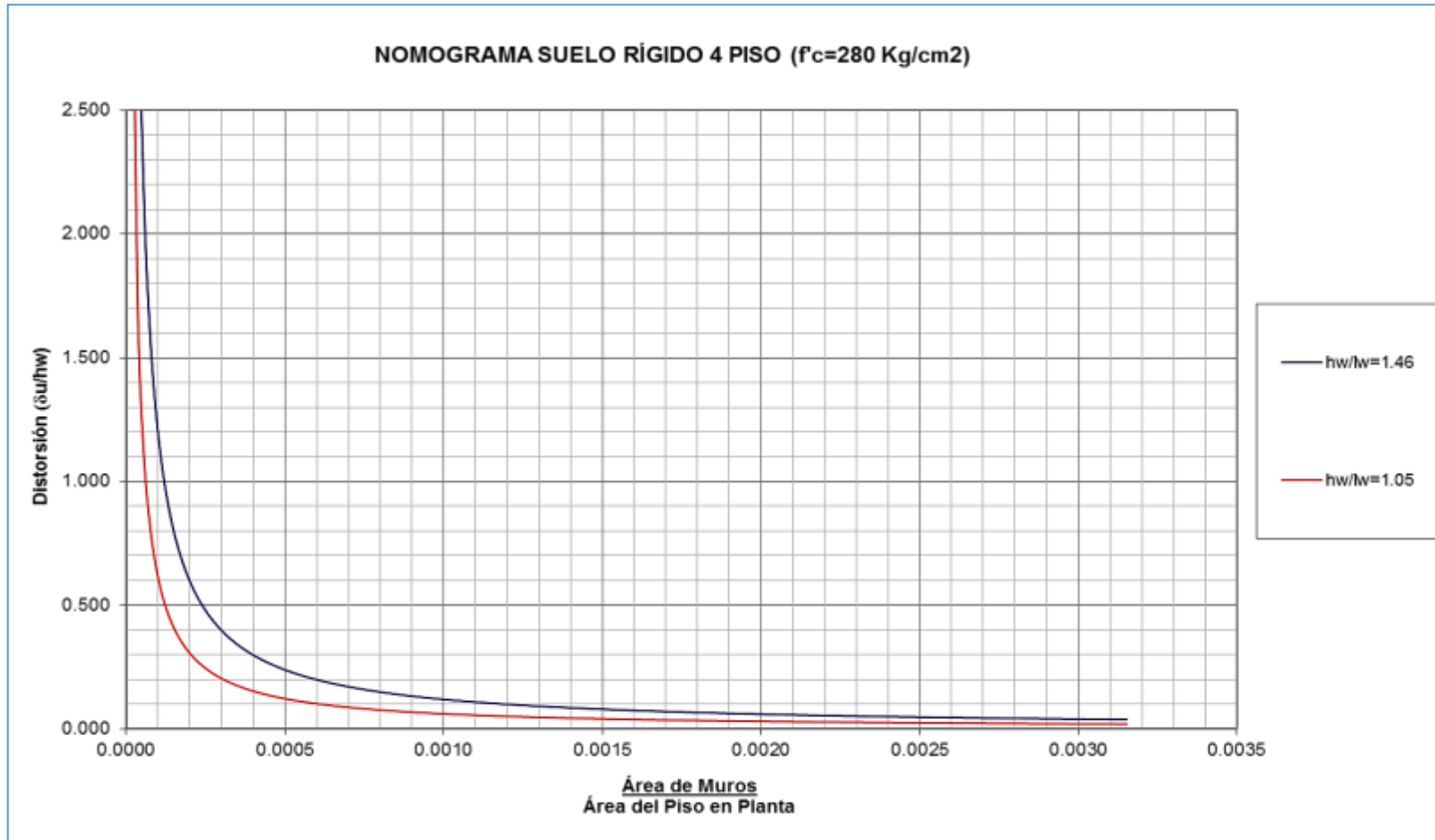


Gráfico 10. Nomograma – Eje X – Piso 4 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 1, según Gráfico.11.

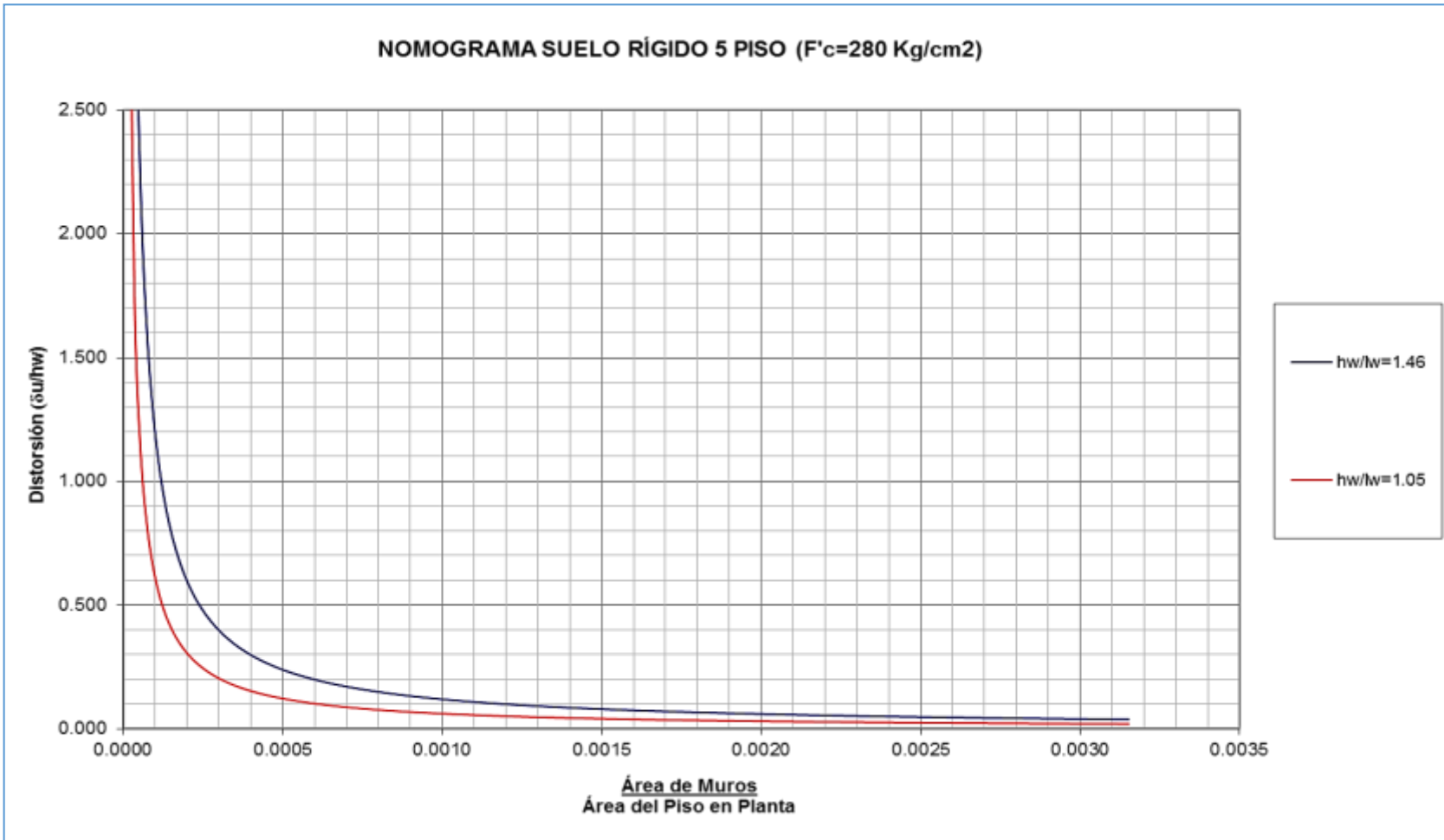


Gráfico 11. Nomograma – Eje X – Piso 5 ($f'c=280$ Kg/cm²)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 6, según Gráfico.12.

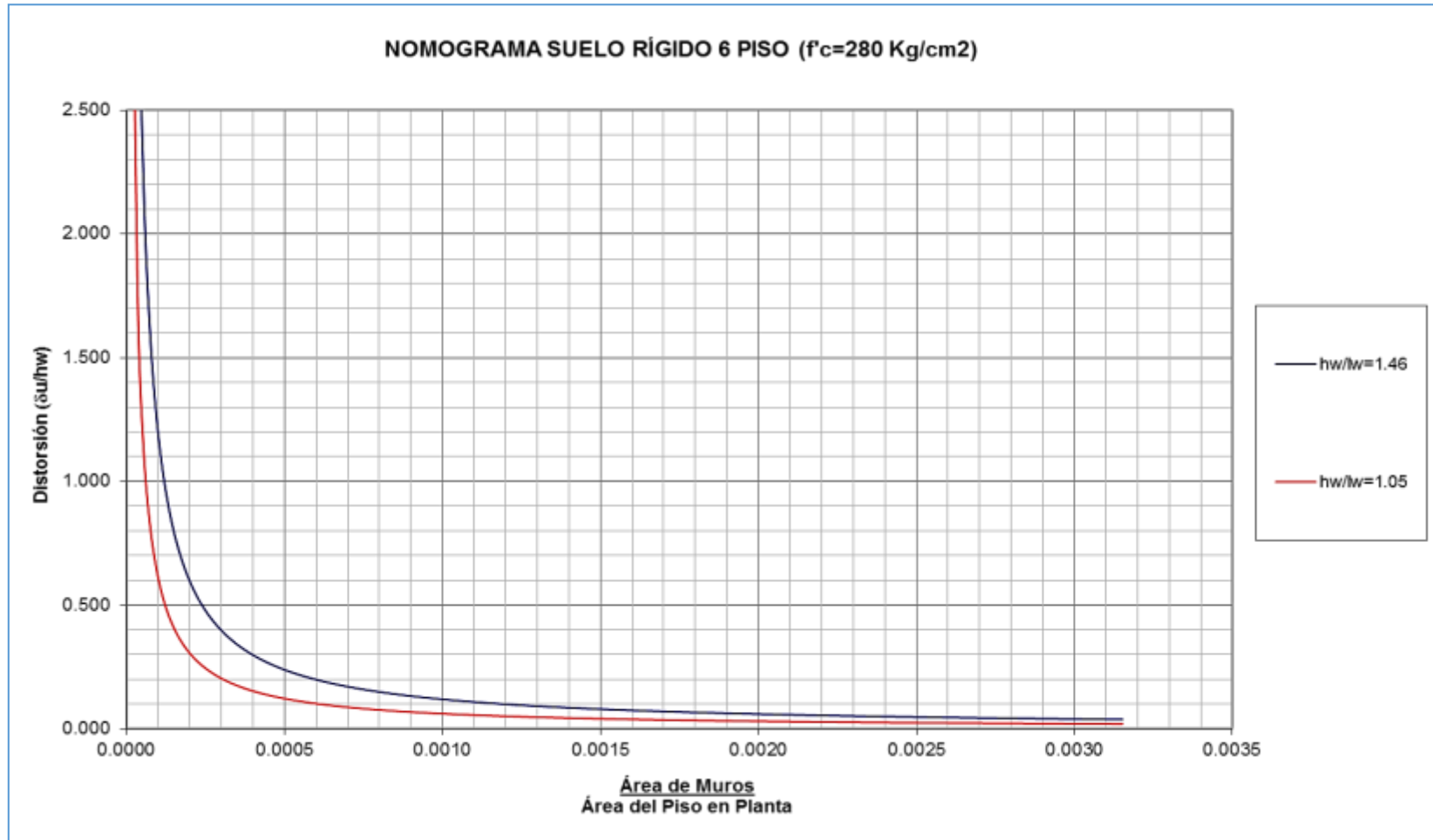


Gráfico 12. Nomograma – Eje X – Piso 6 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 7, según Gráfico.13.

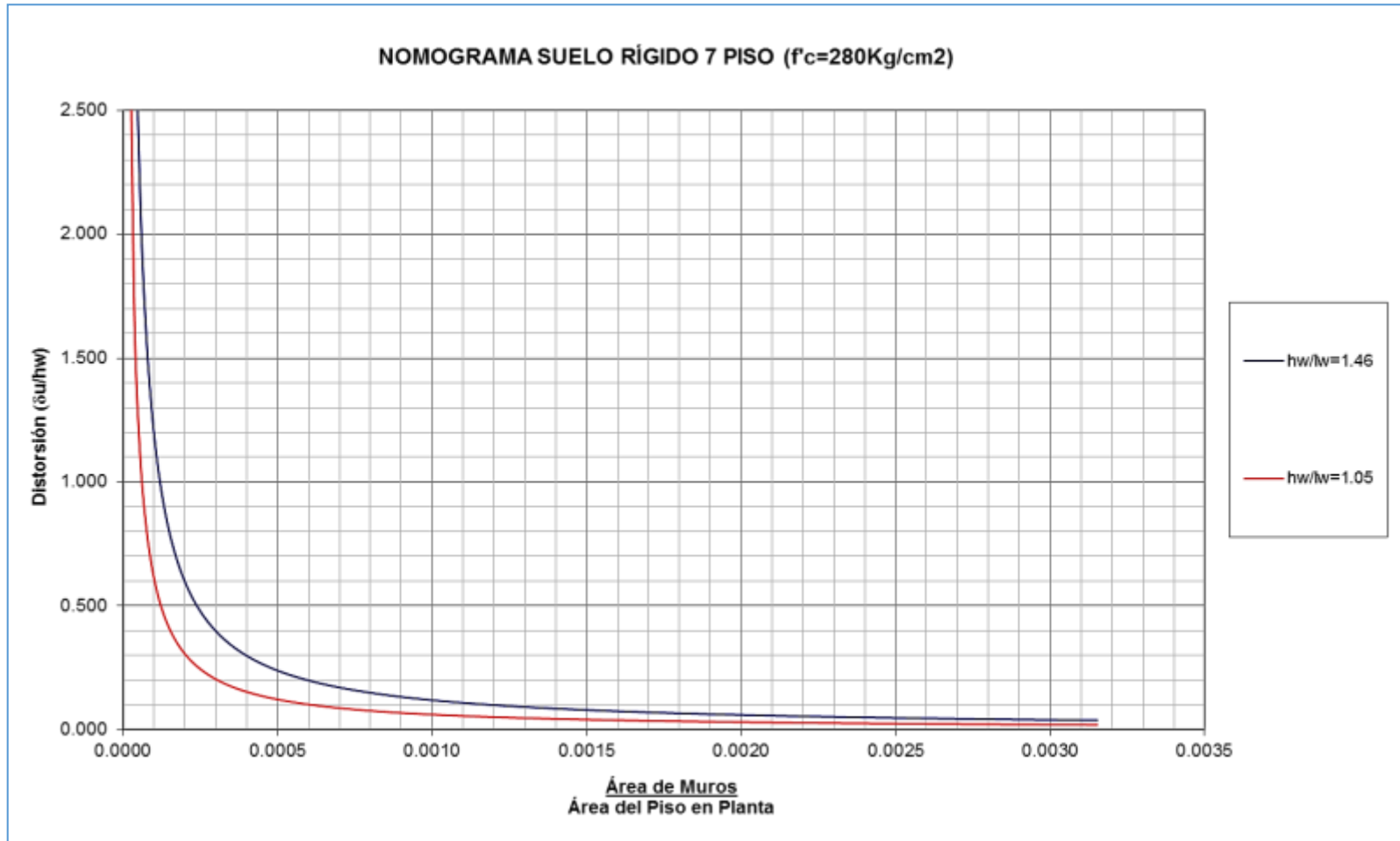


Gráfico 13. Nomograma – Eje X – Piso 7 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 8, según Gráfico.14.

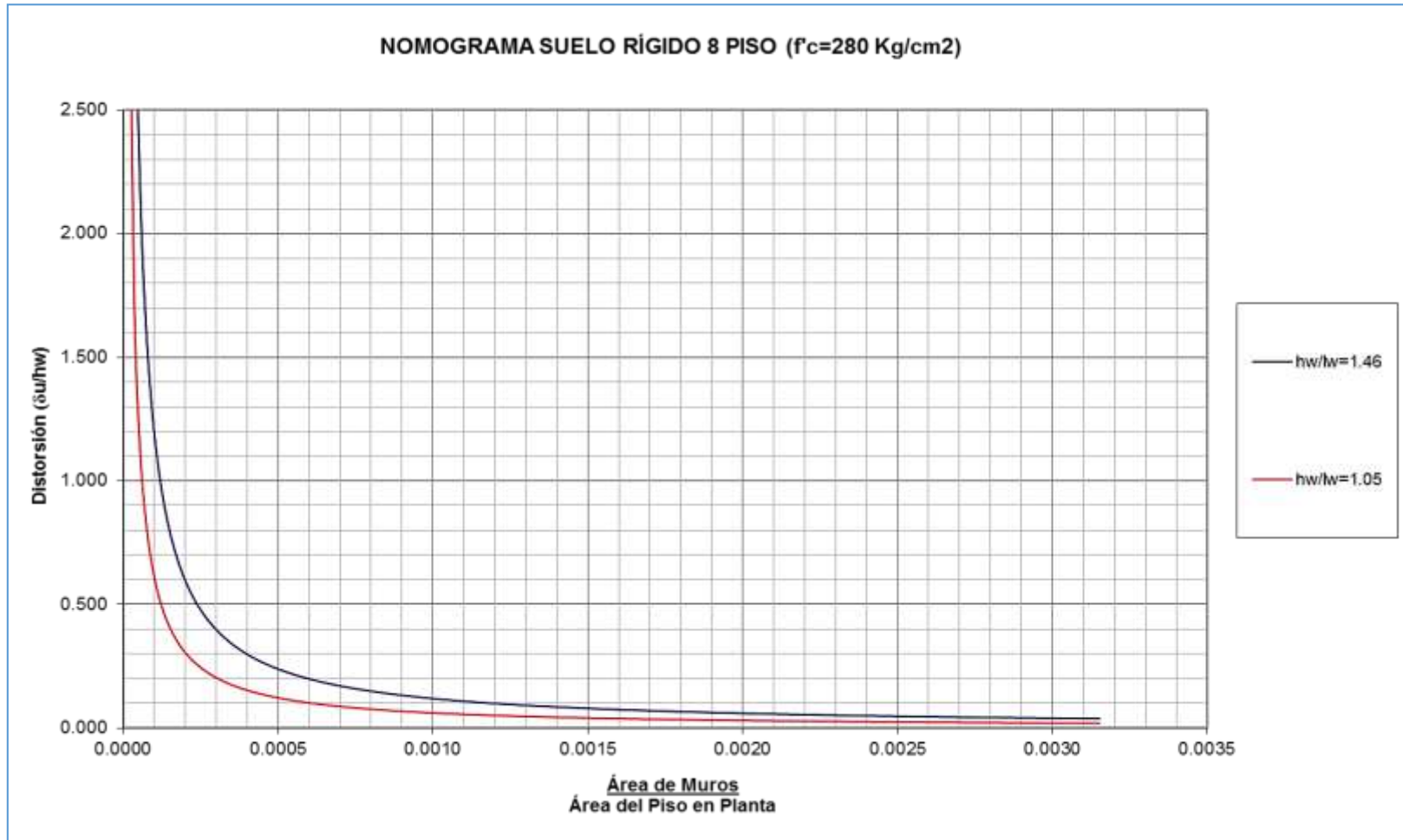


Gráfico 14. Nomograma – Eje X – Piso 8 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 1, según Gráfico.15.

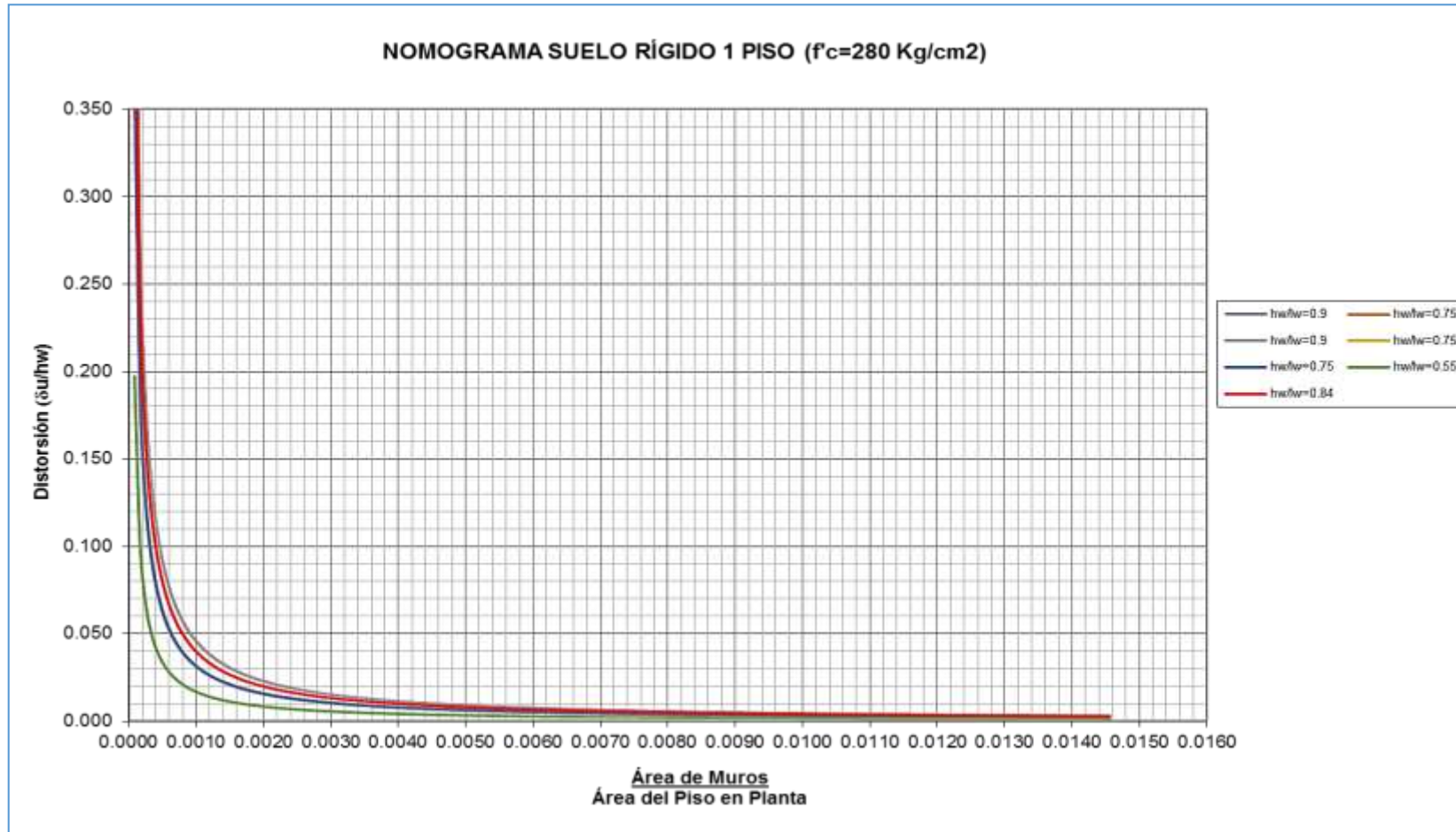


Gráfico 15. Nomograma – Eje Y – Piso 1 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 2, según Gráfico.16.

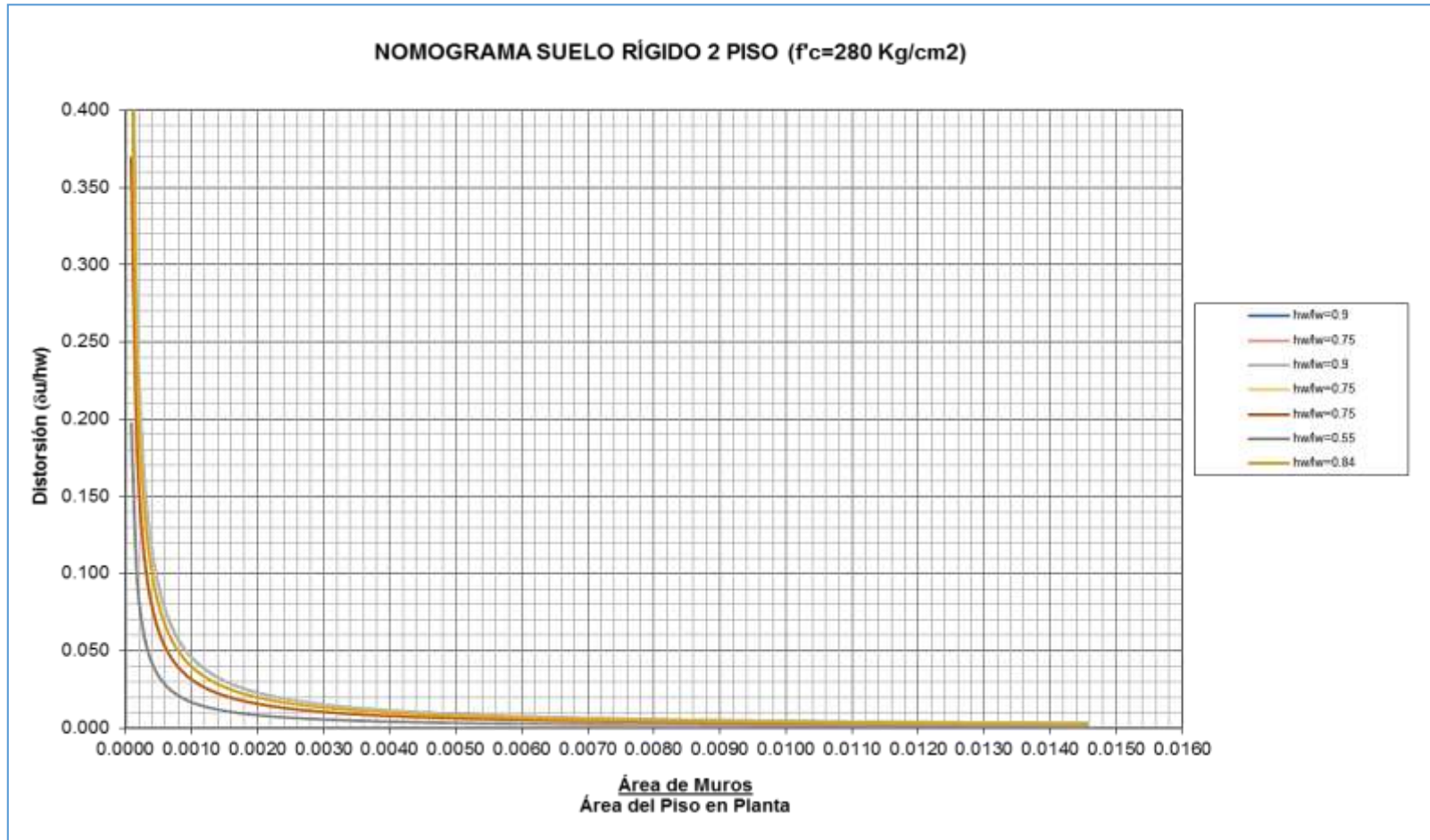


Gráfico 16. Nomograma – Eje Y – Piso 2 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 3, según Gráfico.17.

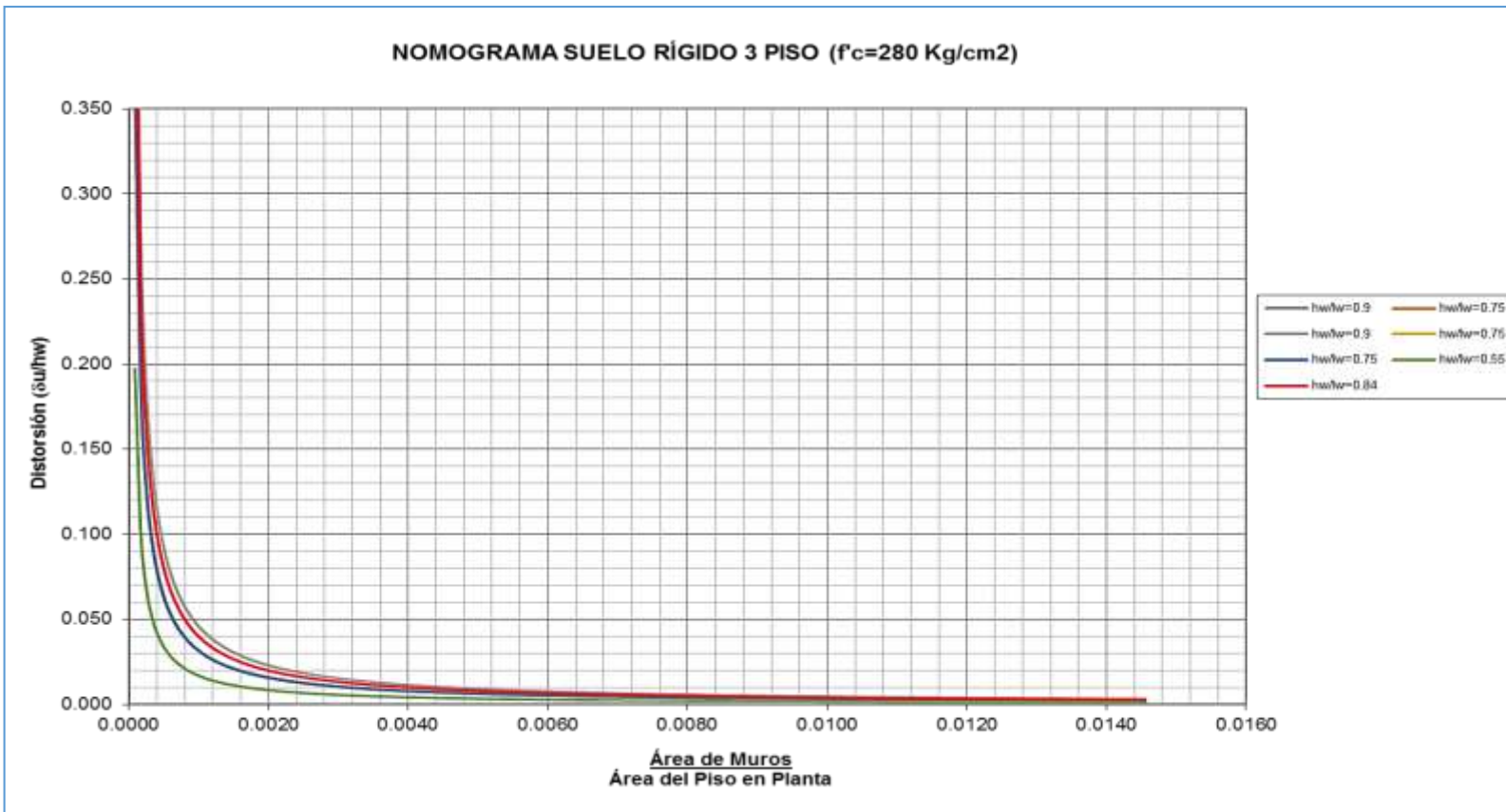


Gráfico 17. Nomograma – Eje Y – Piso 3 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 4, según Gráfico.18

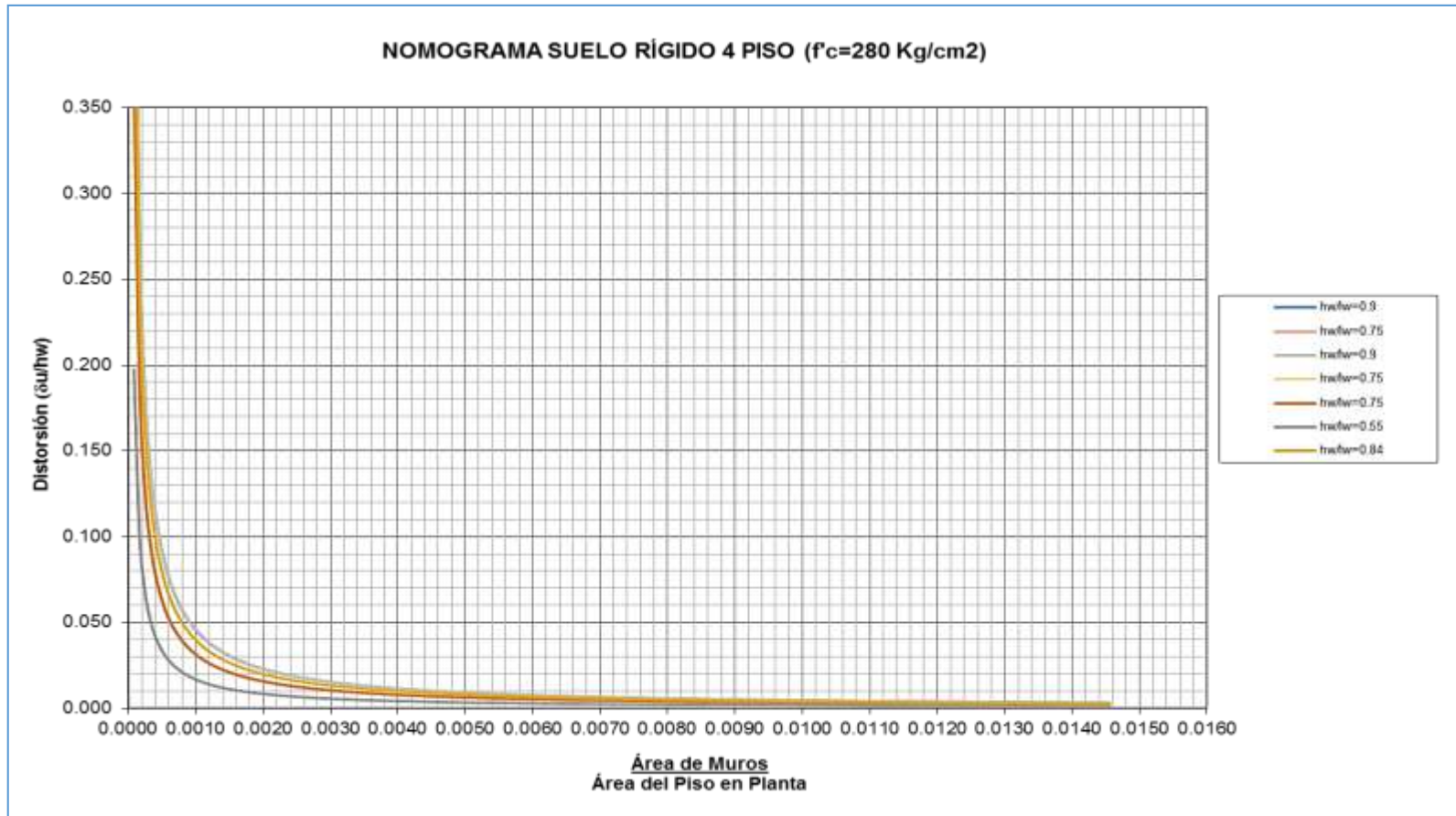


Gráfico 18. Nomograma – Eje Y – Piso 4 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 5, según Gráfico.19.

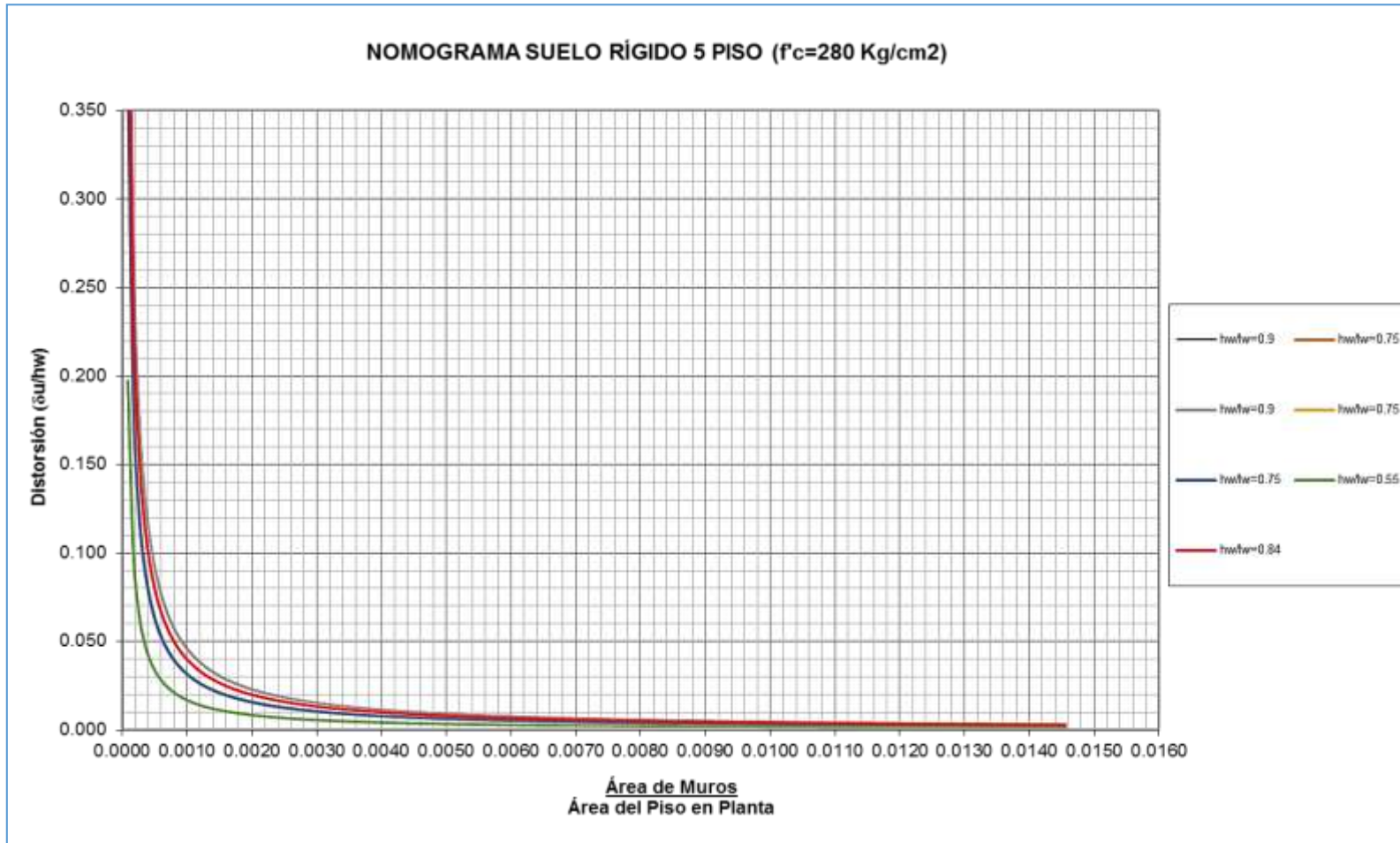


Gráfico 19. Nomograma – Eje Y – Piso 5 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 6, según Gráfico.20.

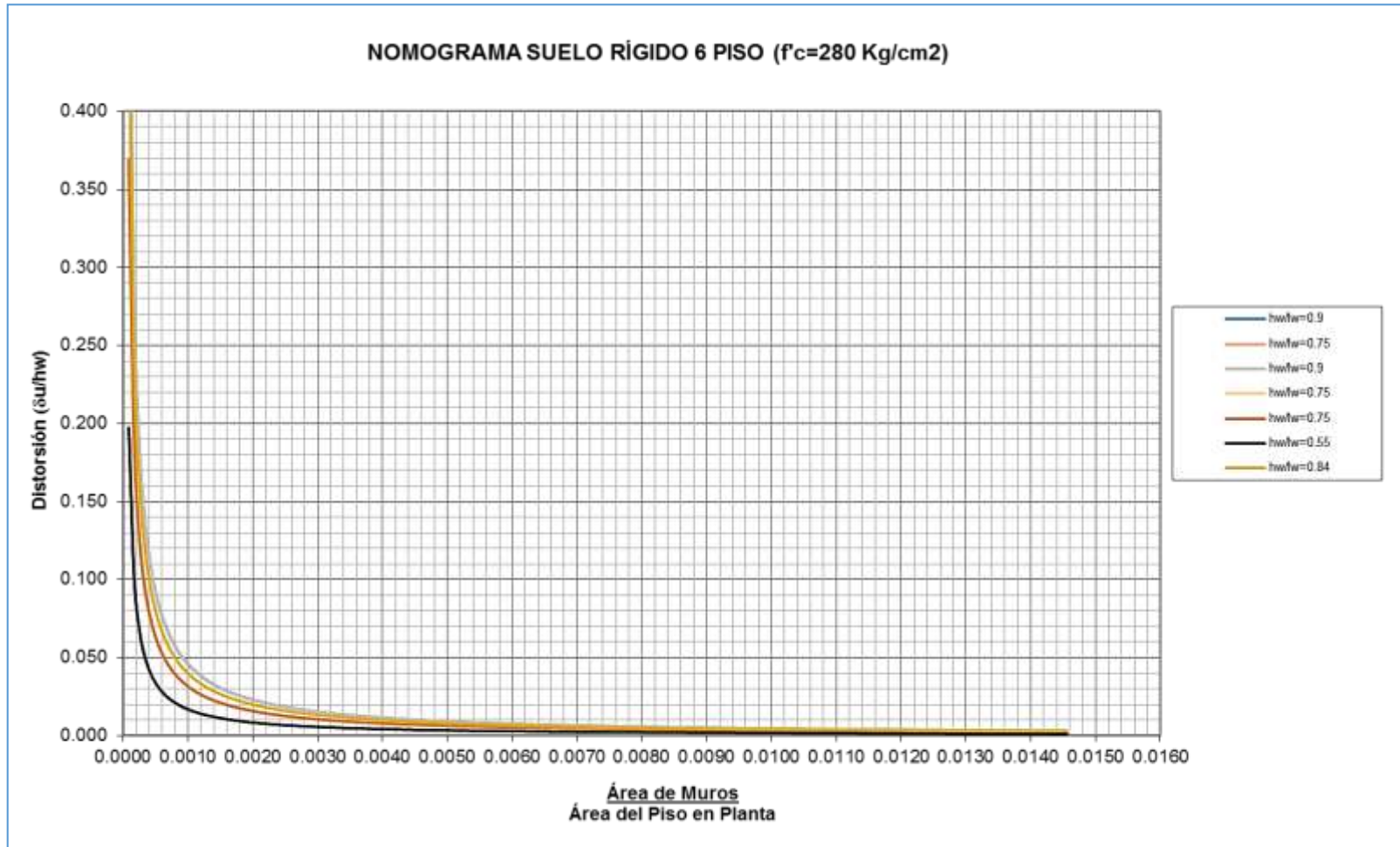


Gráfico 20. Nomograma – Eje Y – Piso 6 ($f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 7, según Gráfico.21.

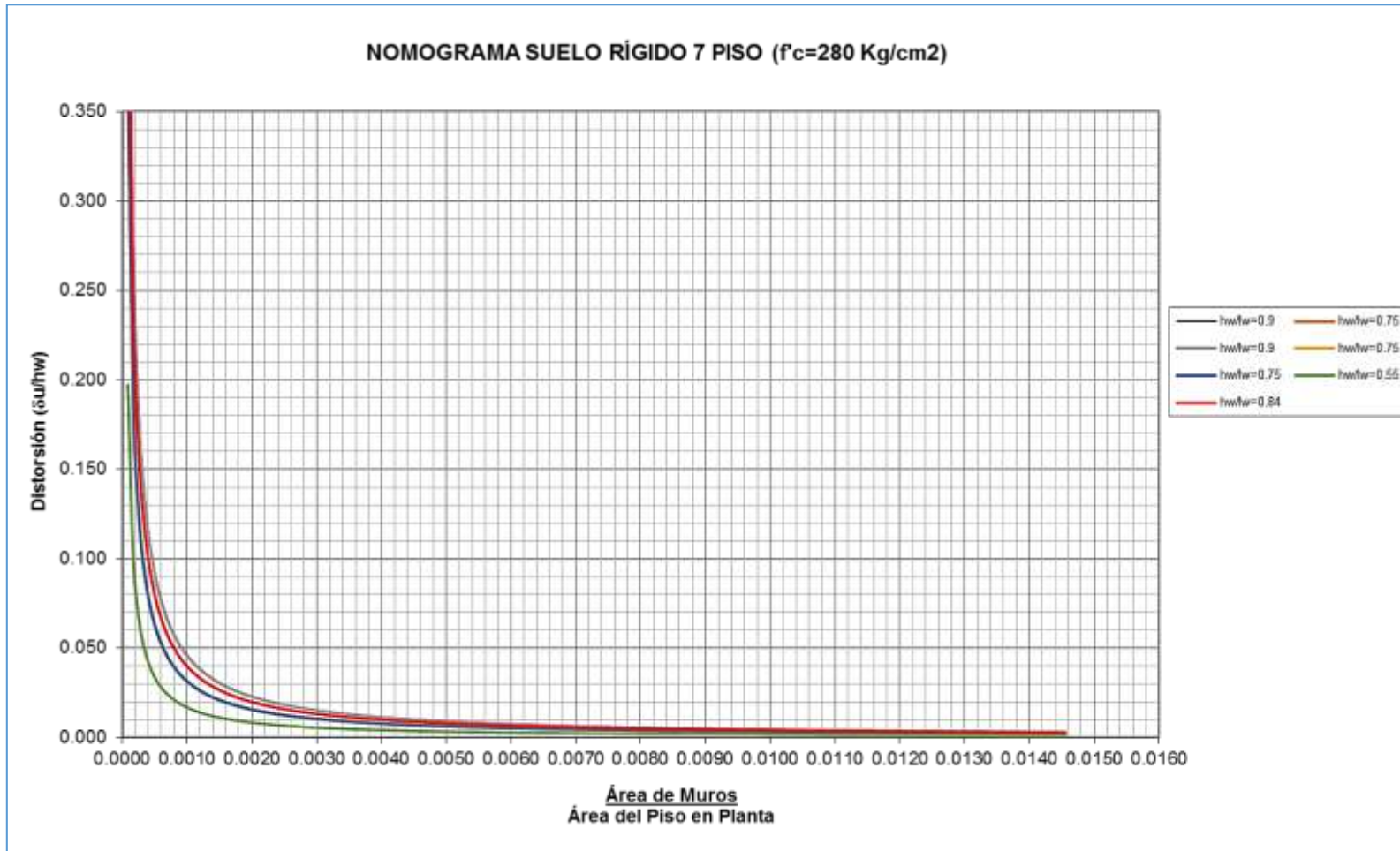


Gráfico 21. Nomograma – Eje Y – Piso 7 ($f_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 8, según Gráfico.22.

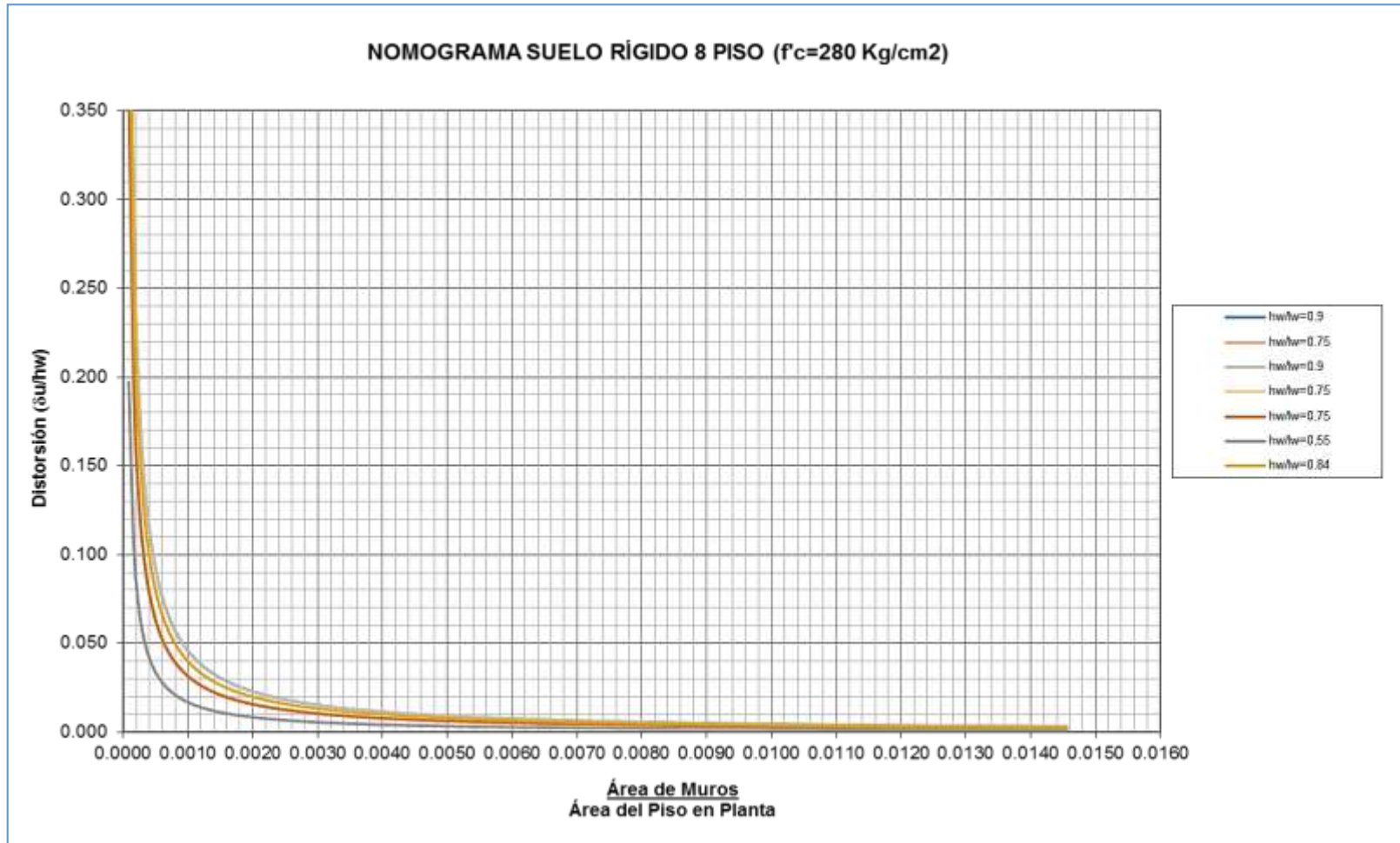


Gráfico 22. Nomograma – Eje Y – Piso 8 ($f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia

EDIFICIO MULTIFAMILIAR HUANCAYO

Determinando la densidad de muros de la estructura en cada dirección, según Tabla.6 y Tabla.7, respectivamente::

Tabla 6. Densidad de Muros - Eje X

Muros	Espesor	Longitud	Área
1	0.15 m	3.30 m	0.50 m ²
2	0.20 m	1.35 m	0.27 m ²
3	0.20 m	1.025 m	0.21 m ²
$\Sigma A_{mx} =$			0.97 m²
$\rho_x = \Sigma a_{mx}/A_t =$			0.24%

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 7. Densidad de Muros - Eje Y

Muros	Espesor	Longitud	Área
1	0.20 m	1.35 m	0.27 m ²
2	0.20 m	2.15 m	0.43 m ²
3	0.20 m	2.00 m	0.40 m ²
$\Sigma A_{my} =$			1.10 m²
$\rho_y = \Sigma A_{my}/A_t =$			0.28%

Fuente. Elaboración Propia

Determinando la distorsión de cada elemento estructural, según Tabla. 8 y Tabla. 9, respectivamente:

Tabla 8. Distorsión en Muros - Eje X

Datos de los muros								
Piso	Muro	lw	(lw)(piso)	Espesor	Altura	Área de muro	$\rho = \text{Amuro}/\text{Apiso}$	$\delta u/hw$
1	1	3.3 m	3.3 m	0.15 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0012	0.002084
	2	1.35 m	1.35 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.022830
	3	1.03 m	1.025 m	0.20 m	2.35 m	0.21 m ²	0.0005	0.052160
2	1	3.3 m	6.6 m	0.15 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0012	0.001042
	2	1.35 m	2.7 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.011415
	3	1.03 m	2.05 m	0.20 m	2.35 m	0.21 m ²	0.0005	0.026080
3	1	3.3 m	9.9 m	0.15 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0012	0.000695
	2	1.35 m	4.05 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.007610
	3	1.03 m	3.075 m	0.20 m	2.35 m	0.21 m ²	0.0005	0.017387
4	1	3.3 m	13.2 m	0.15 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0012	0.000521
	2	1.35 m	5.4 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.005707
	3	1.03 m	4.1 m	0.20 m	2.35 m	0.21 m ²	0.0005	0.013040
5	1	3.3 m	16.5 m	0.15 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0012	0.000417
	2	1.35 m	6.75 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.004566
	3	1.03 m	5.125 m	0.20 m	2.35 m	0.21 m ²	0.0005	0.010432
6	1	3.3 m	19.8 m	0.15 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0012	0.000347
	2	1.35 m	8.1 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.003805
	3	1.03 m	6.15 m	0.20 m	2.35 m	0.21 m ²	0.0005	0.008693
7	1	3.3 m	23.1 m	0.15 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0012	0.000298
	2	1.35 m	9.45 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.003261
	3	1.03 m	7.175 m	0.20 m	2.35 m	0.21 m ²	0.0005	0.007451
8	1	3.3 m	26.4 m	0.15 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0012	0.000261
	2	1.35 m	10.8 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.002854
	3	1.03 m	8.2 m	0.20 m	2.35 m	0.21 m ²	0.0005	0.006520
9	1	3.3 m	23.1 m	0.15 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0012	0.000383
	2	1.35 m	9.45 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.004193
	3	1.03 m	7.175 m	0.20 m	2.35 m	0.21 m ²	0.0005	0.009580

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 9. Distorsión en Muros - Eje Y

Datos de los muros								
Piso	Muro	lw	(lw)(piso)	Espesor	Altura	Área de muro	$\rho = \text{Amuro}/\text{Apiso}$	$\delta u/hw$
1	1	1.35 m	1.35 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.022830
	2	2.15 m	2.15 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.005652
	3	2.00 m	2 m	0.20 m	2.35 m	0.40 m ²	0.0010	0.007021
2	1	1.35 m	2.7 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.011415
	2	2.15 m	4.3 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.002826
	3	2 m	4 m	0.20 m	2.35 m	0.40 m ²	0.0010	0.003511
3	1	1.35 m	4.05 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.007610
	2	2.15 m	6.45 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.001884
	3	2.00 m	6 m	0.20 m	2.35 m	0.40 m ²	0.0010	0.002340
4	1	1.35 m	5.4 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.005707
	2	2.15 m	8.6 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.001413
	3	2 m	8 m	0.20 m	2.35 m	0.40 m ²	0.0010	0.001755
5	1	1.35 m	6.75 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.004566
	2	2.15 m	10.75 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.001130
	3	2.00 m	10 m	0.20 m	2.35 m	0.40 m ²	0.0010	0.001404
6	1	1.35 m	8.1 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.015220
	2	2.15 m	12.9 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.003768
	3	2 m	12 m	0.20 m	2.35 m	0.40 m ²	0.0010	0.004681
7	1	1.35 m	9.45 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.003261
	2	2.15 m	15.05 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.000807
	3	2.00 m	14 m	0.20 m	2.35 m	0.40 m ²	0.0010	0.001003
8	1	1.35 m	10.8 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.002854
	2	2.15 m	17.2 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.000706
	3	2 m	16 m	0.20 m	2.35 m	0.40 m ²	0.0010	0.000878
9	1	1.35 m	9.45 m	0.20 m	2.35 m	0.27 m ²	0.0007	0.004193
	2	2.15 m	15.05 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.001038
	3	2.00 m	14 m	0.20 m	2.35 m	0.40 m ²	0.0010	0.001290

Fuente. Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 1, según Gráfico.23.

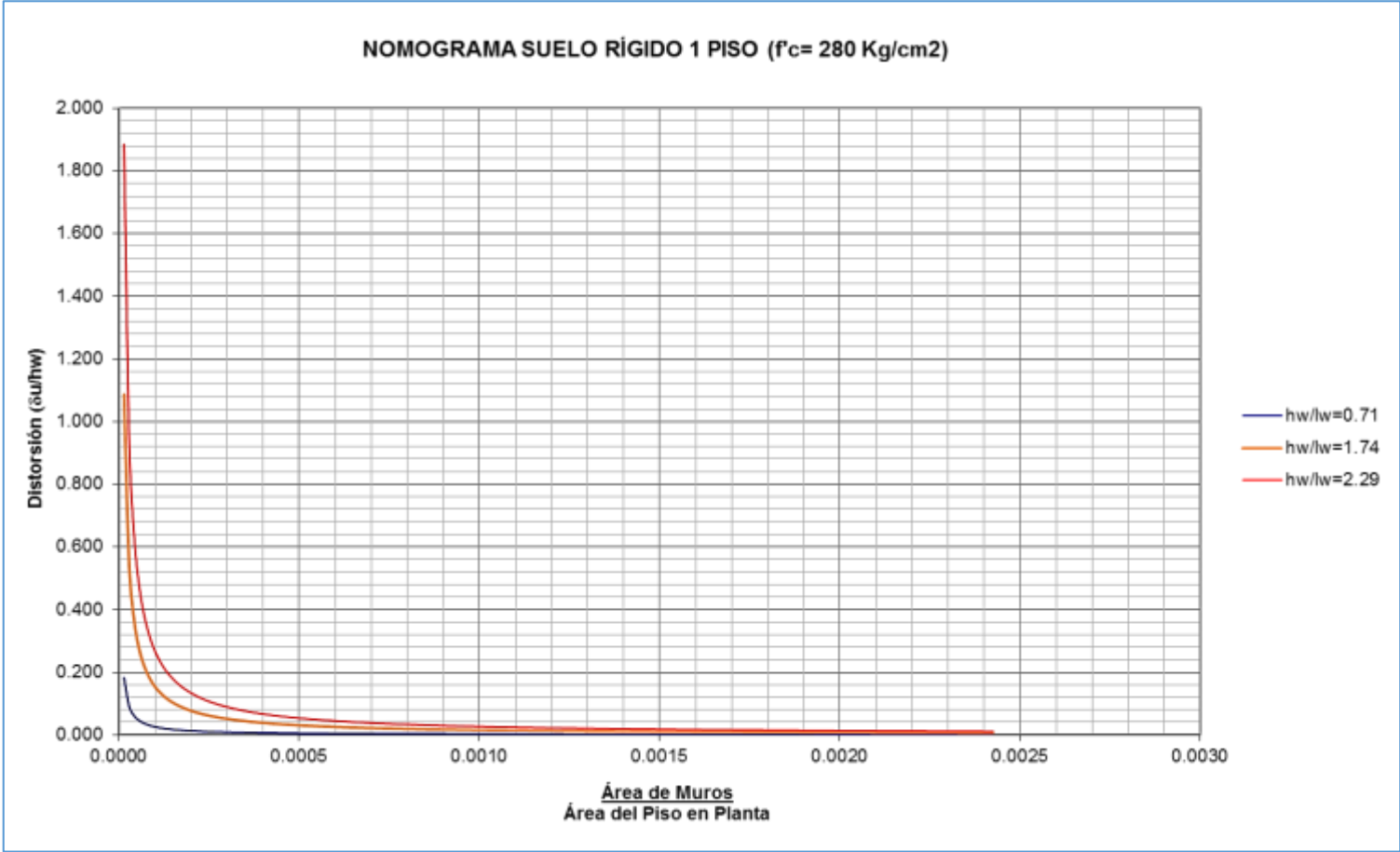


Gráfico 23. Nomograma – Eje X – Piso 1 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 2, según Gráfico.24.

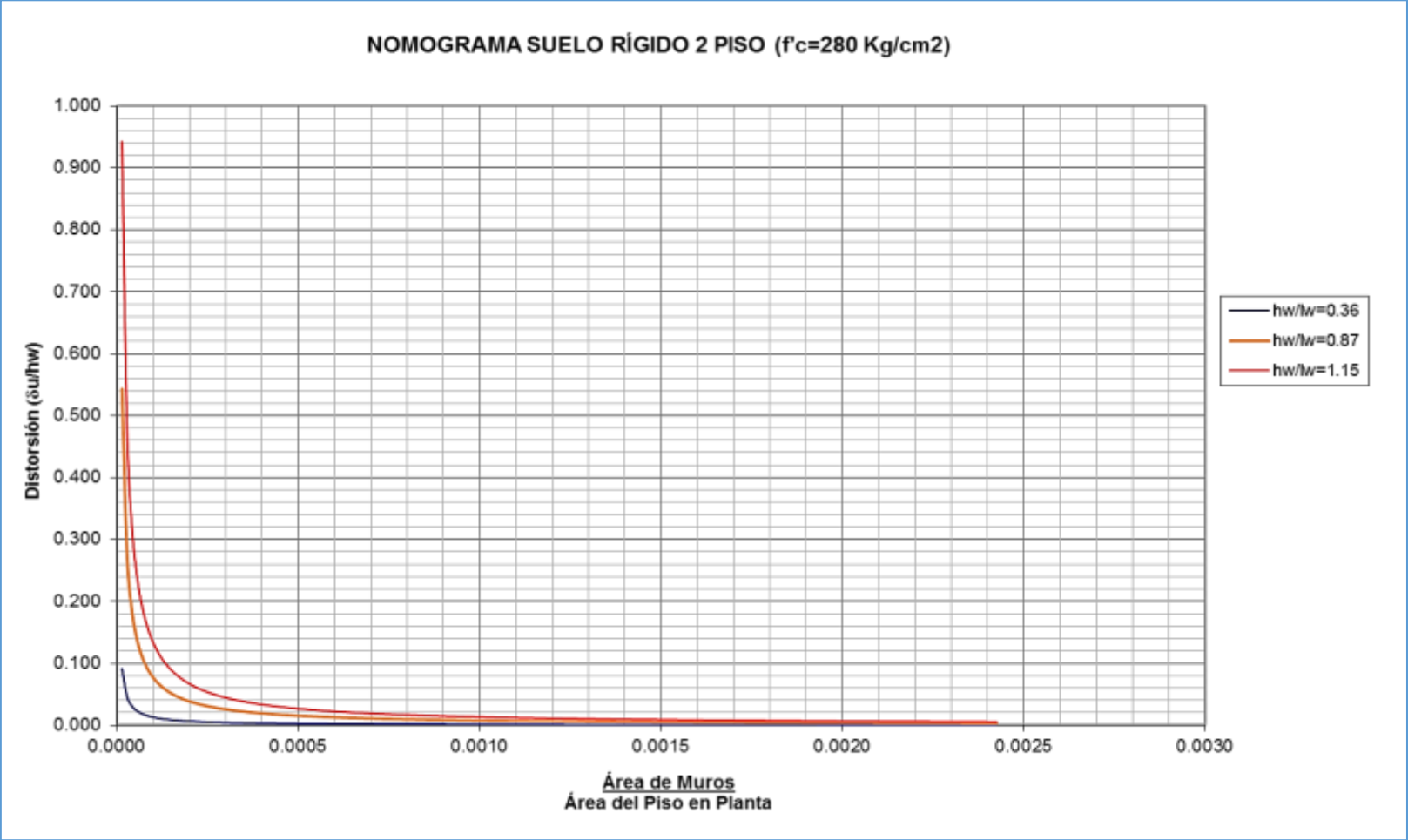


Gráfico 24. Nomograma – Eje X – Piso 2 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 3, según Gráfico.25.

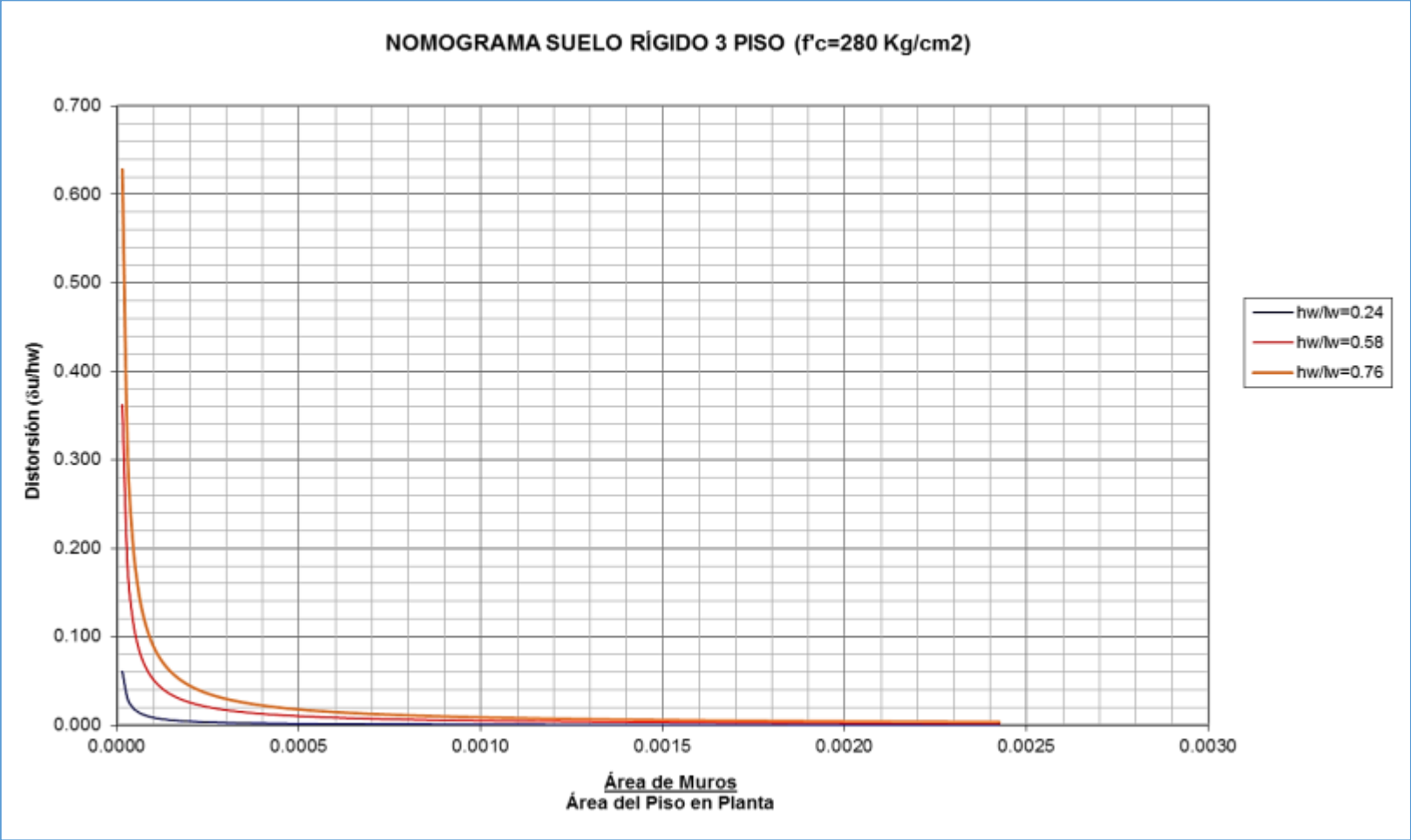


Gráfico 25. Nomograma – Eje X – Piso 3 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 4, según Gráfico.26.

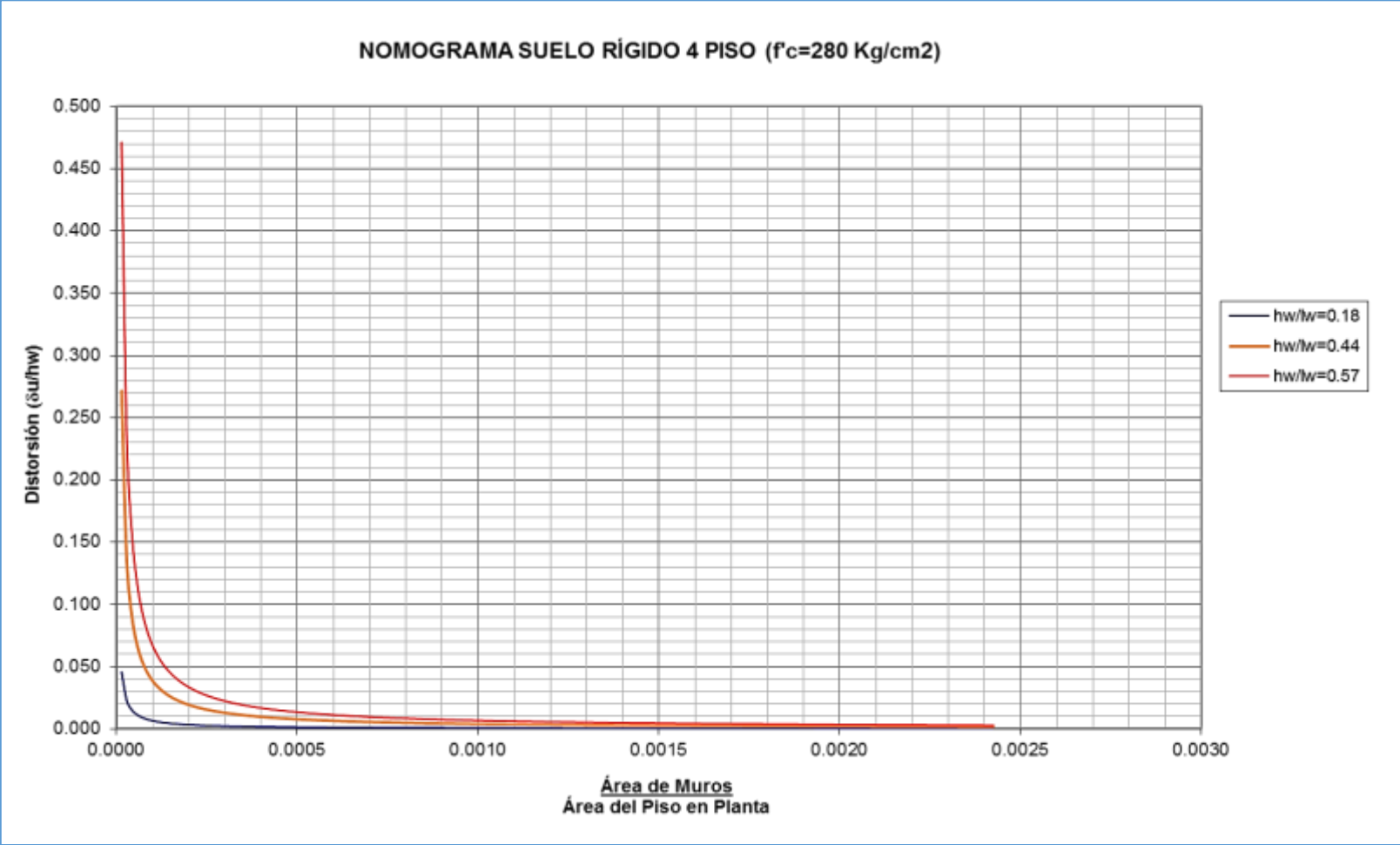


Gráfico 26. Nomograma – Eje X – Piso 4 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 5, según Gráfico.27.

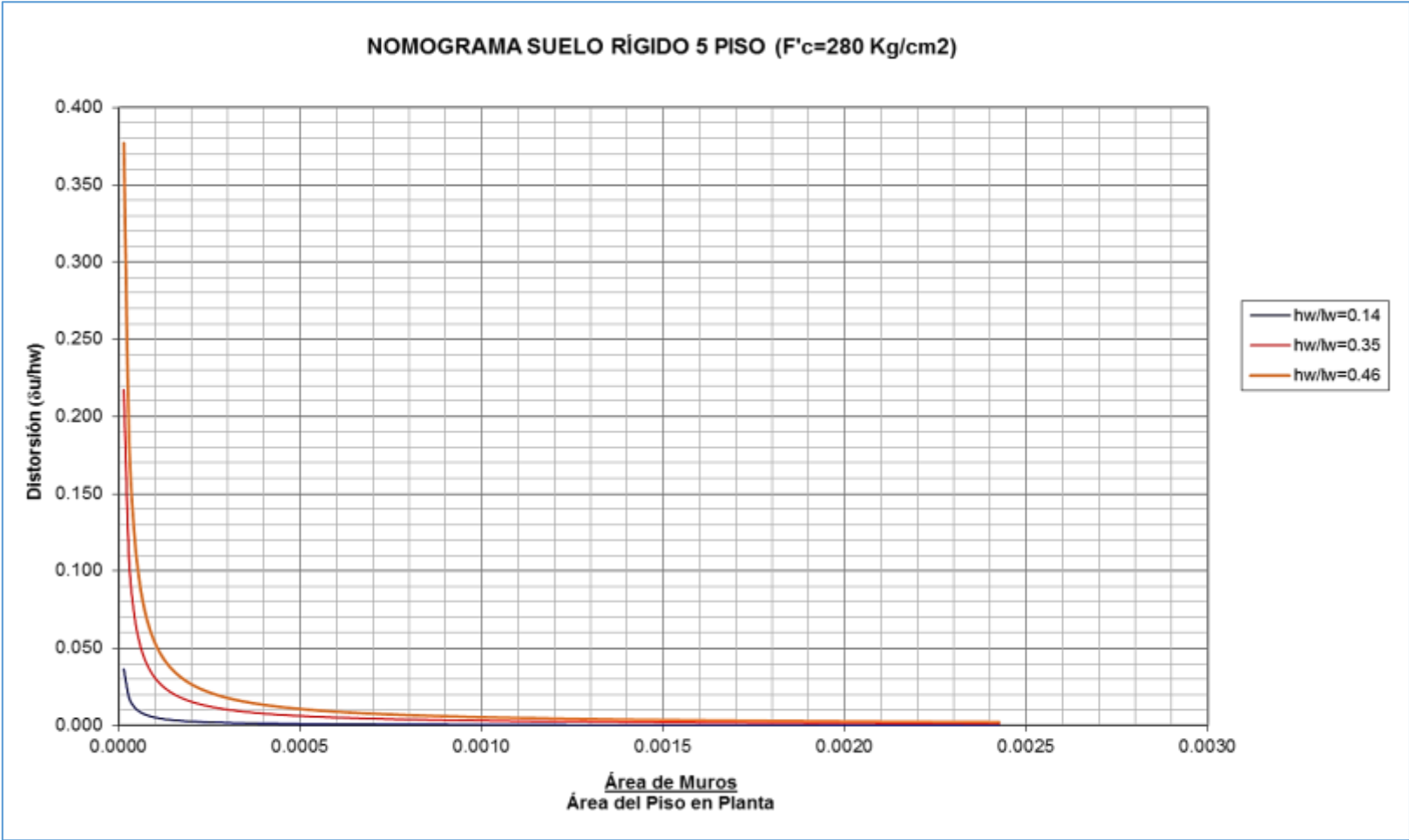


Gráfico 27. Nomograma – Eje X – Piso 5 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 6, según Gráfico.28.

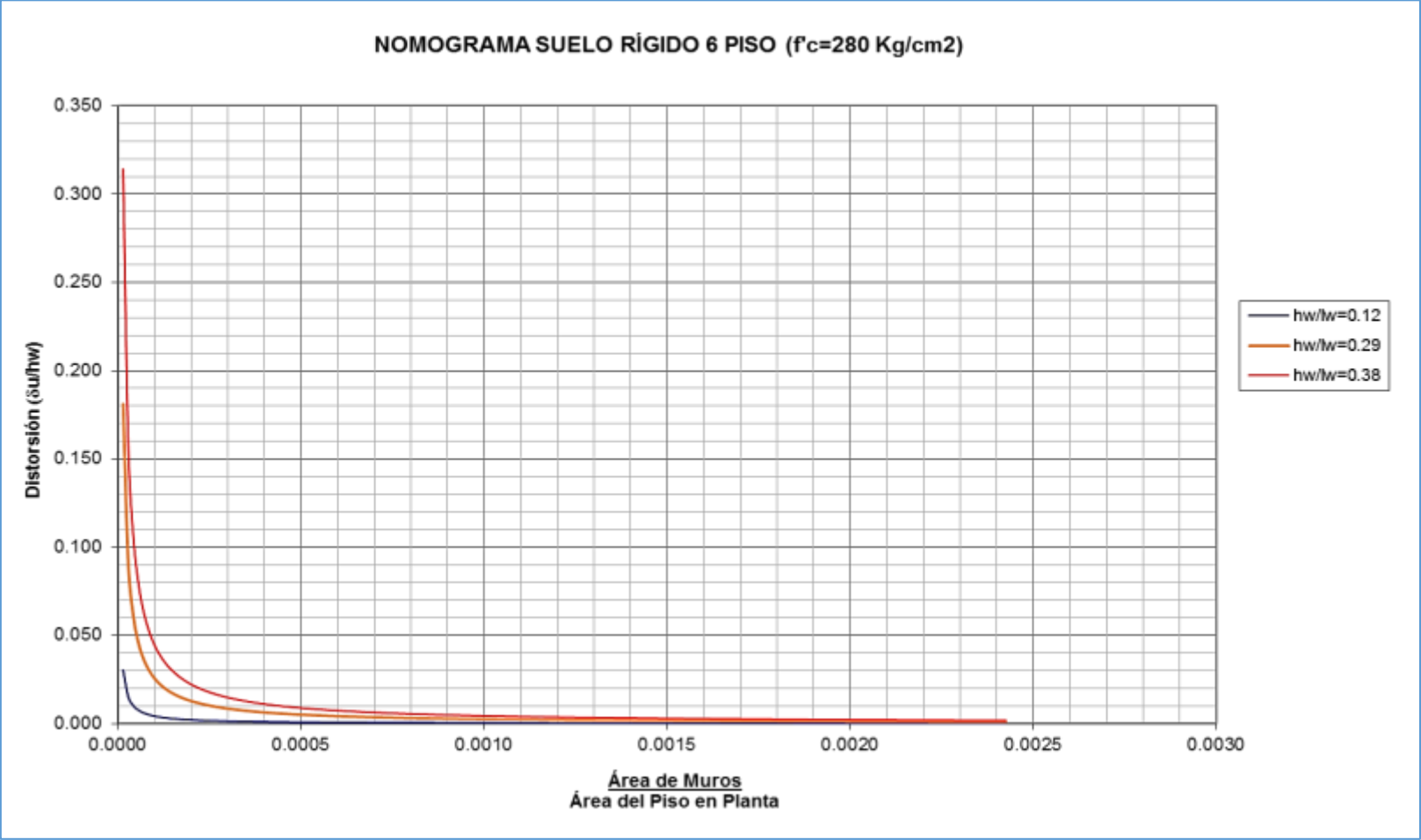


Gráfico 28. Nomograma – Eje X – Piso 6 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 7, según Gráfico.29.

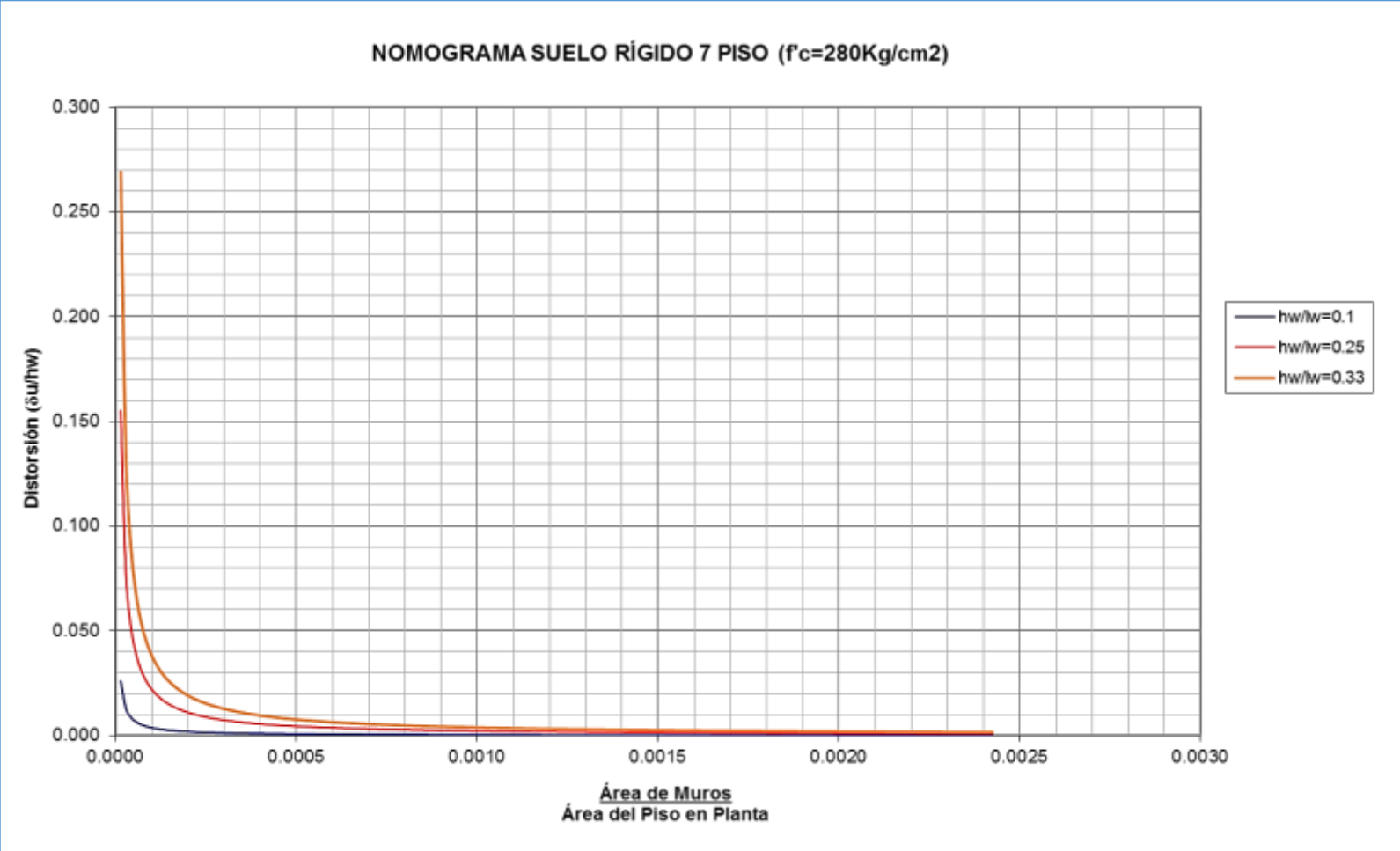


Gráfico 29. Nomograma – Eje X – Piso 7 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 8, según Gráfico.30.

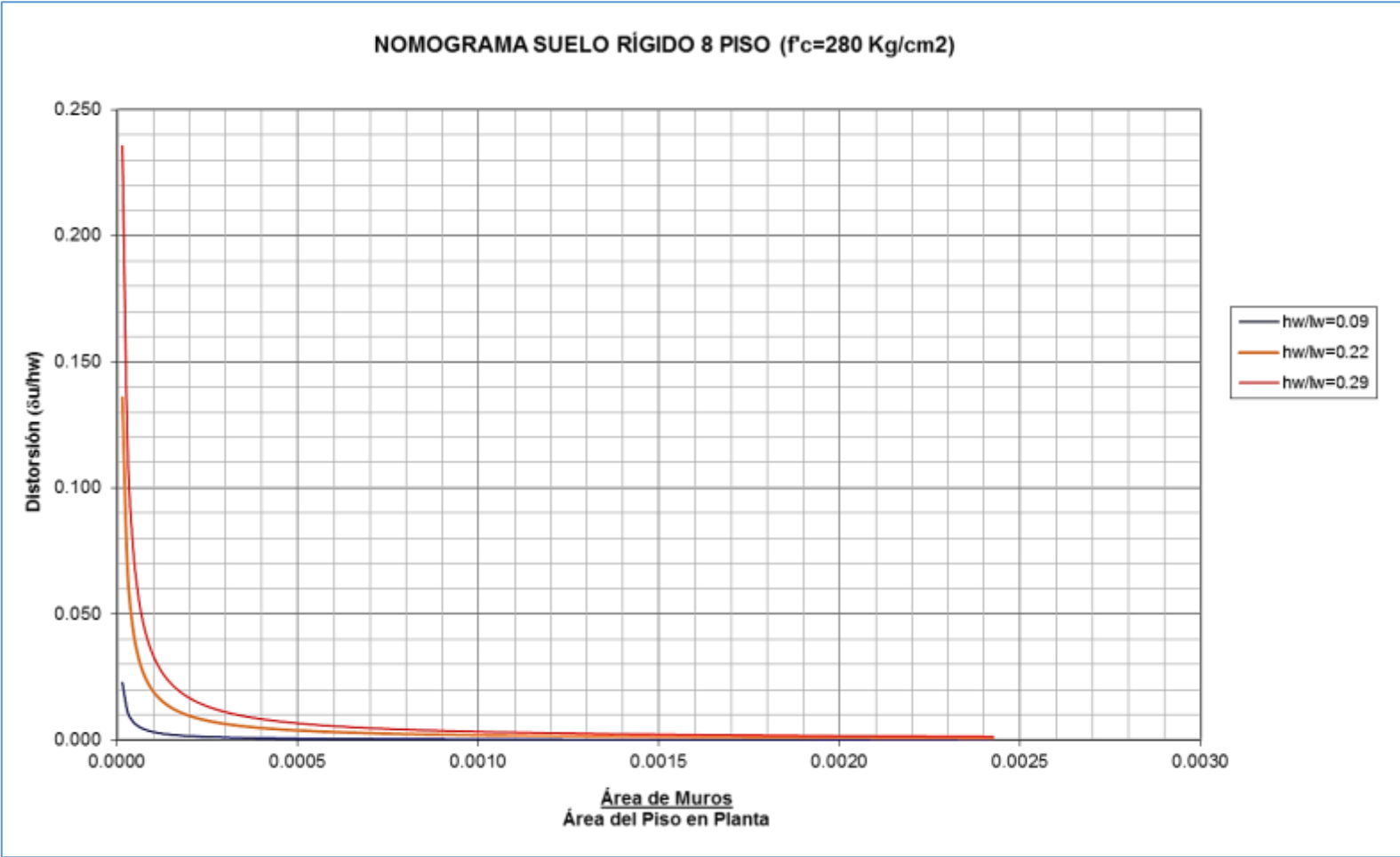


Gráfico 30. Nomograma – Eje X – Piso 8 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje X – Piso 9, según Gráfico.31.

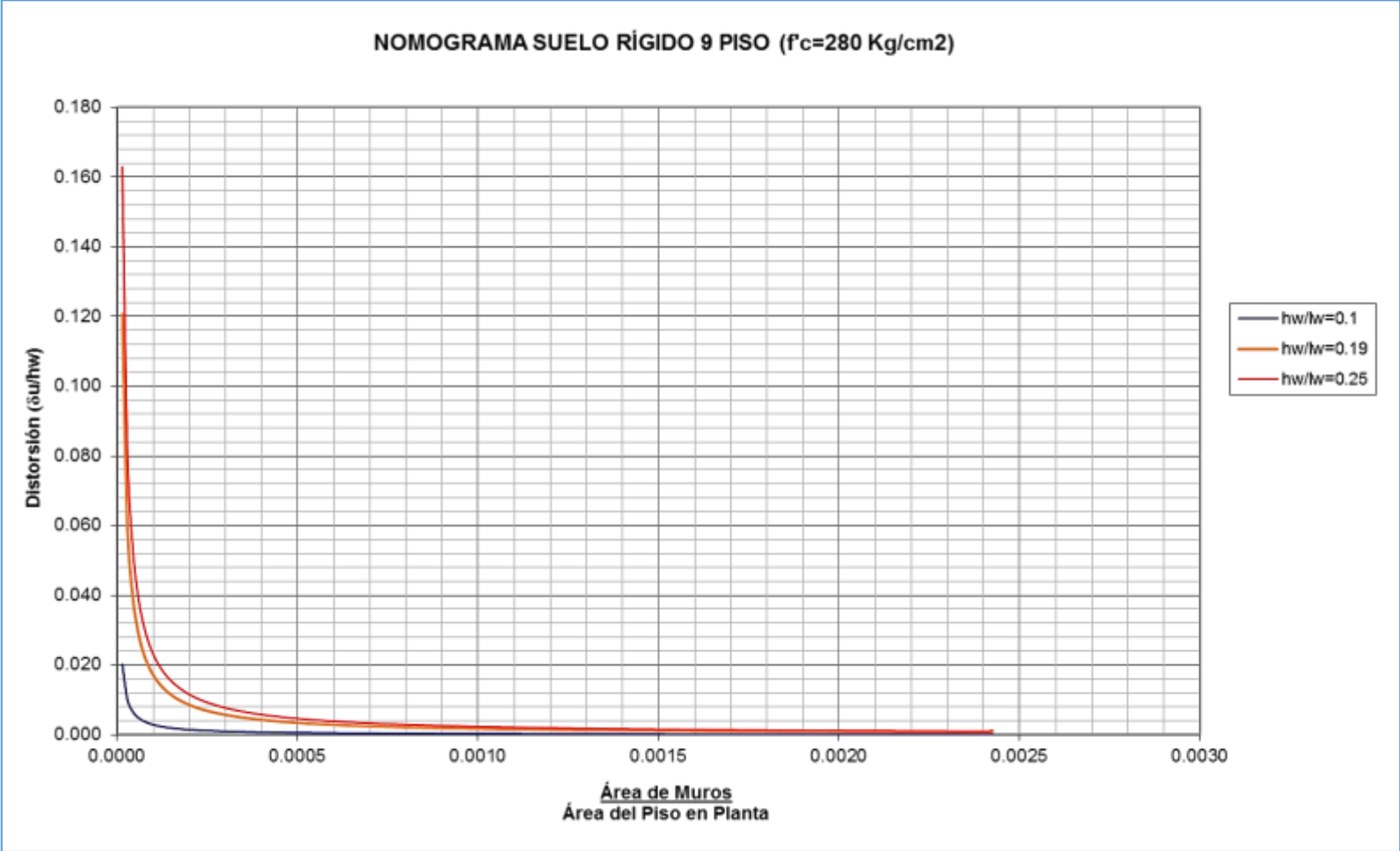


Gráfico 31. Nomograma – Eje X – Piso 9 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 1, según Gráfico..32.

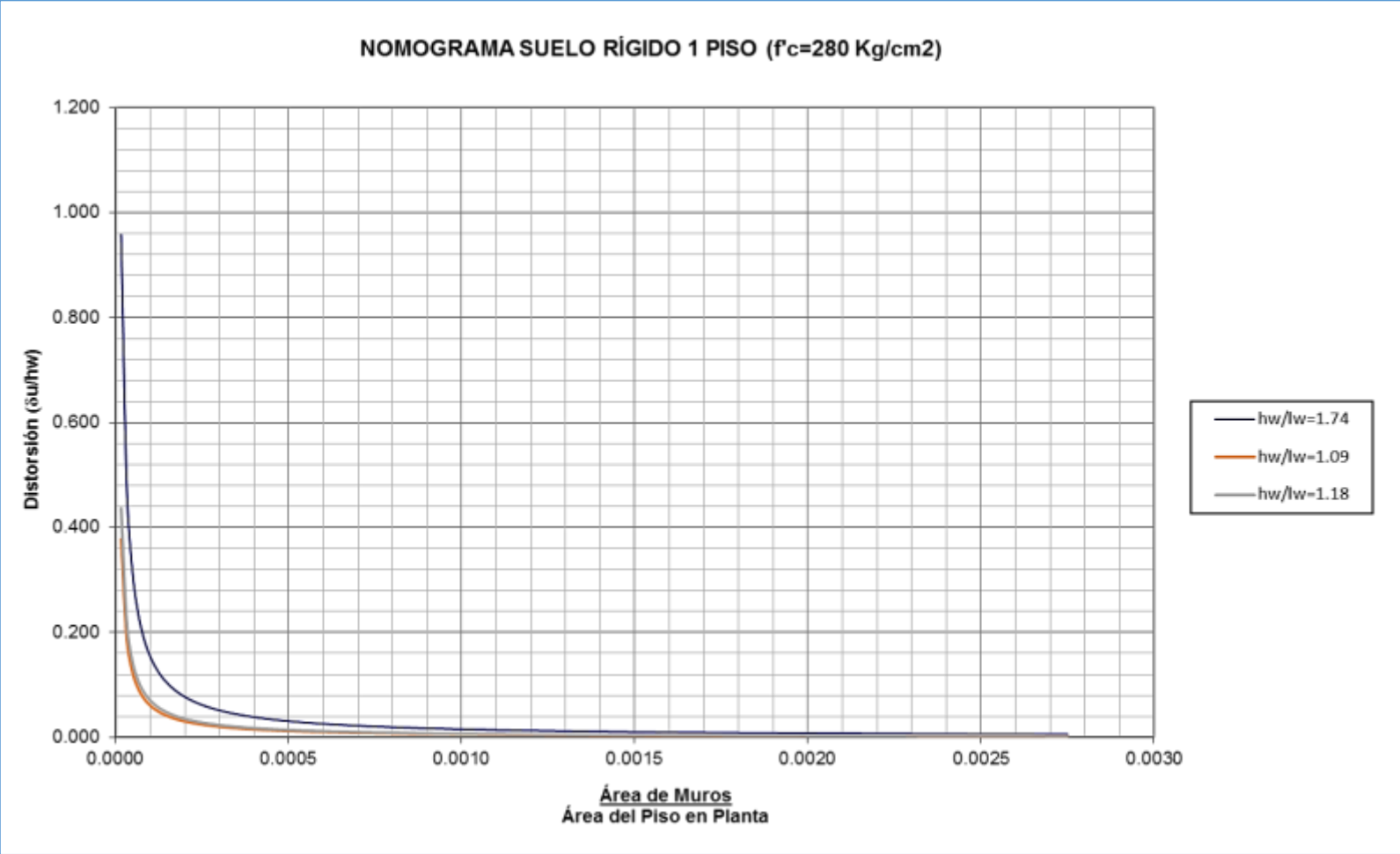


Gráfico 32. Nomograma – Eje Y – Piso 1 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 2, según Gráfico. 33.

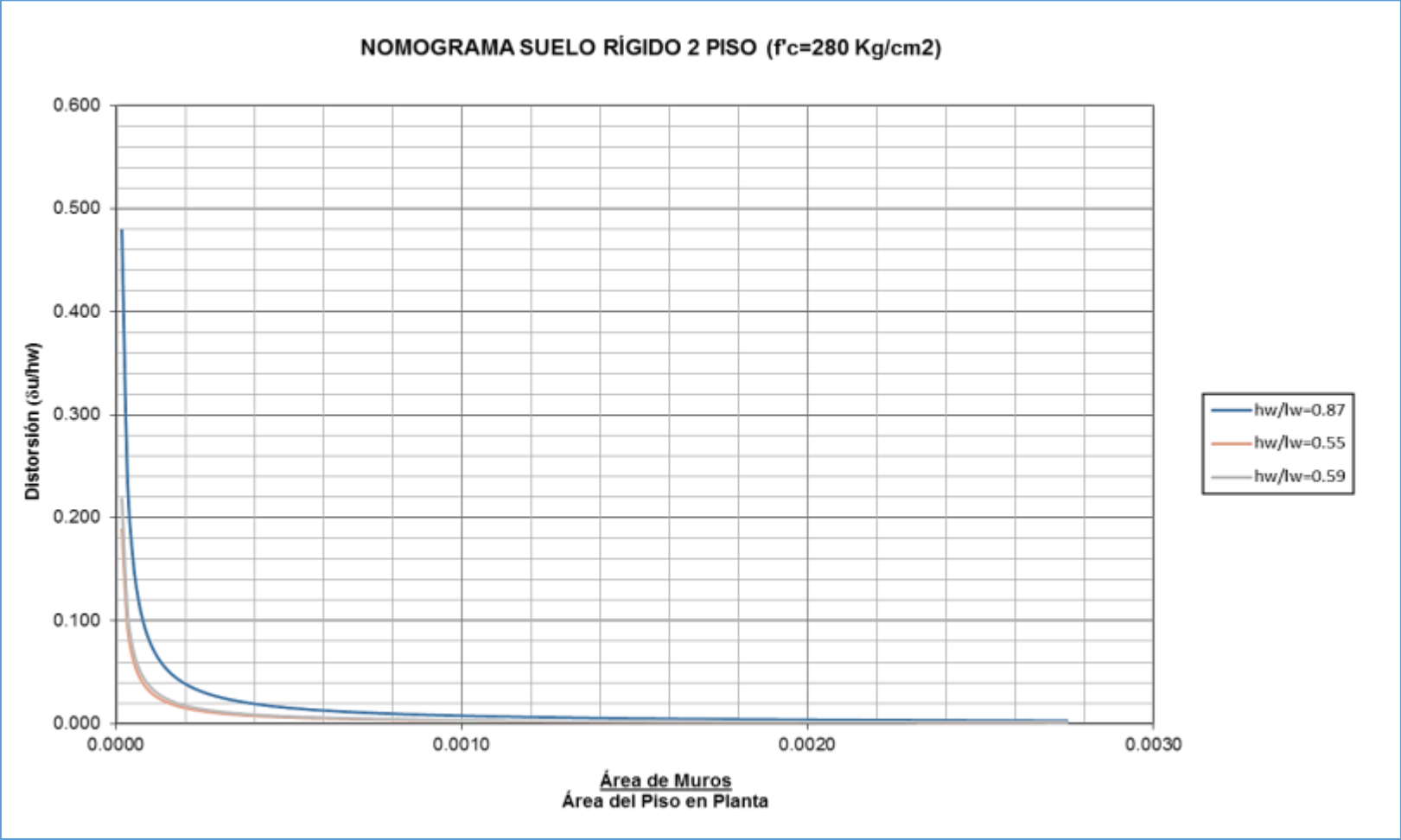


Gráfico 33. Nomograma – Eje Y – Piso 2 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 3, según Gráfico..34.

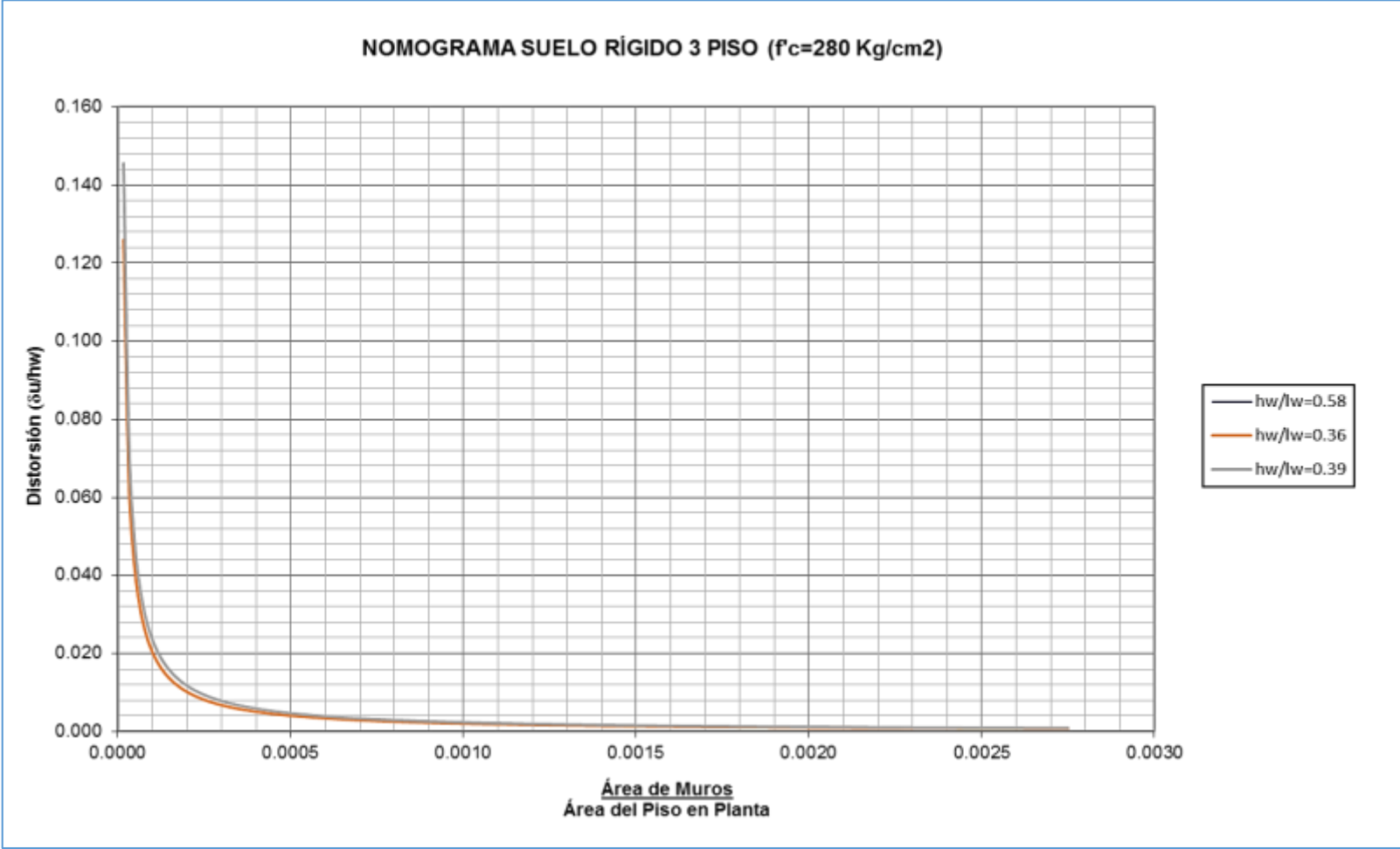


Gráfico 34. Nomograma – Eje Y – Piso 3 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 4, según Gráfico..35.

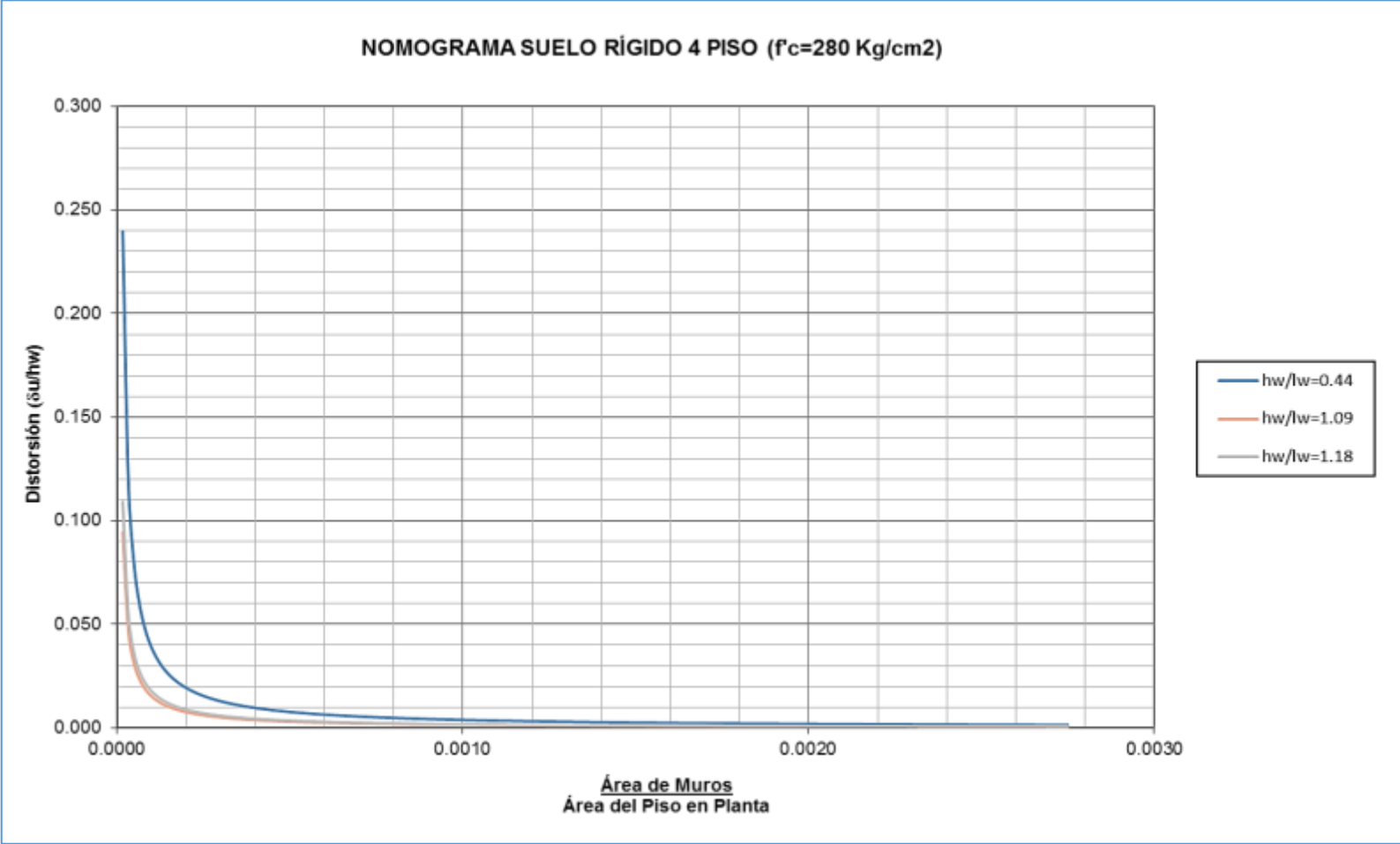


Gráfico 35. Nomograma – Eje Y – Piso 4 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 5, según Gráfico..36.

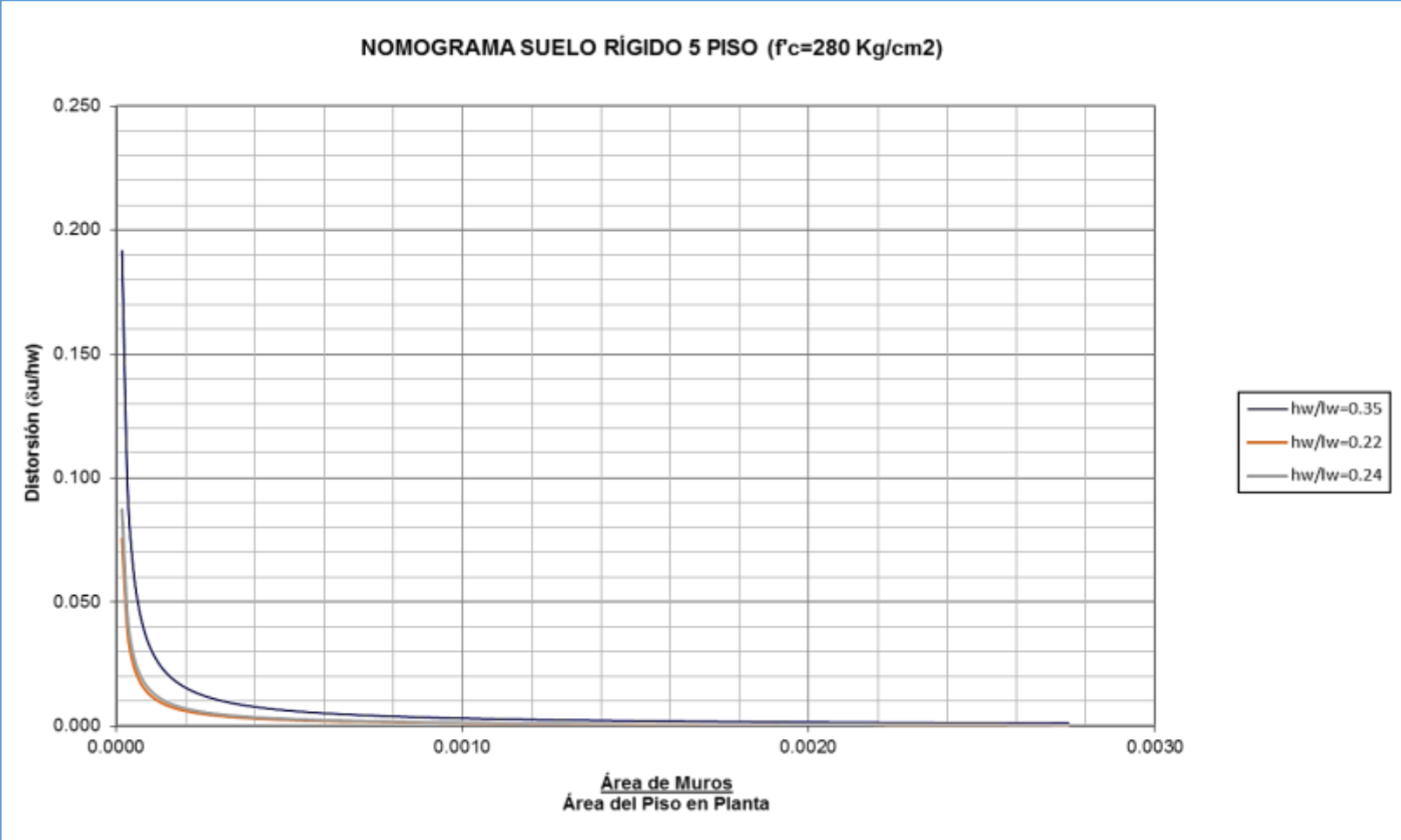


Gráfico 36. Nomograma – Eje Y – Piso 5 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 6, según Gráfico..37.

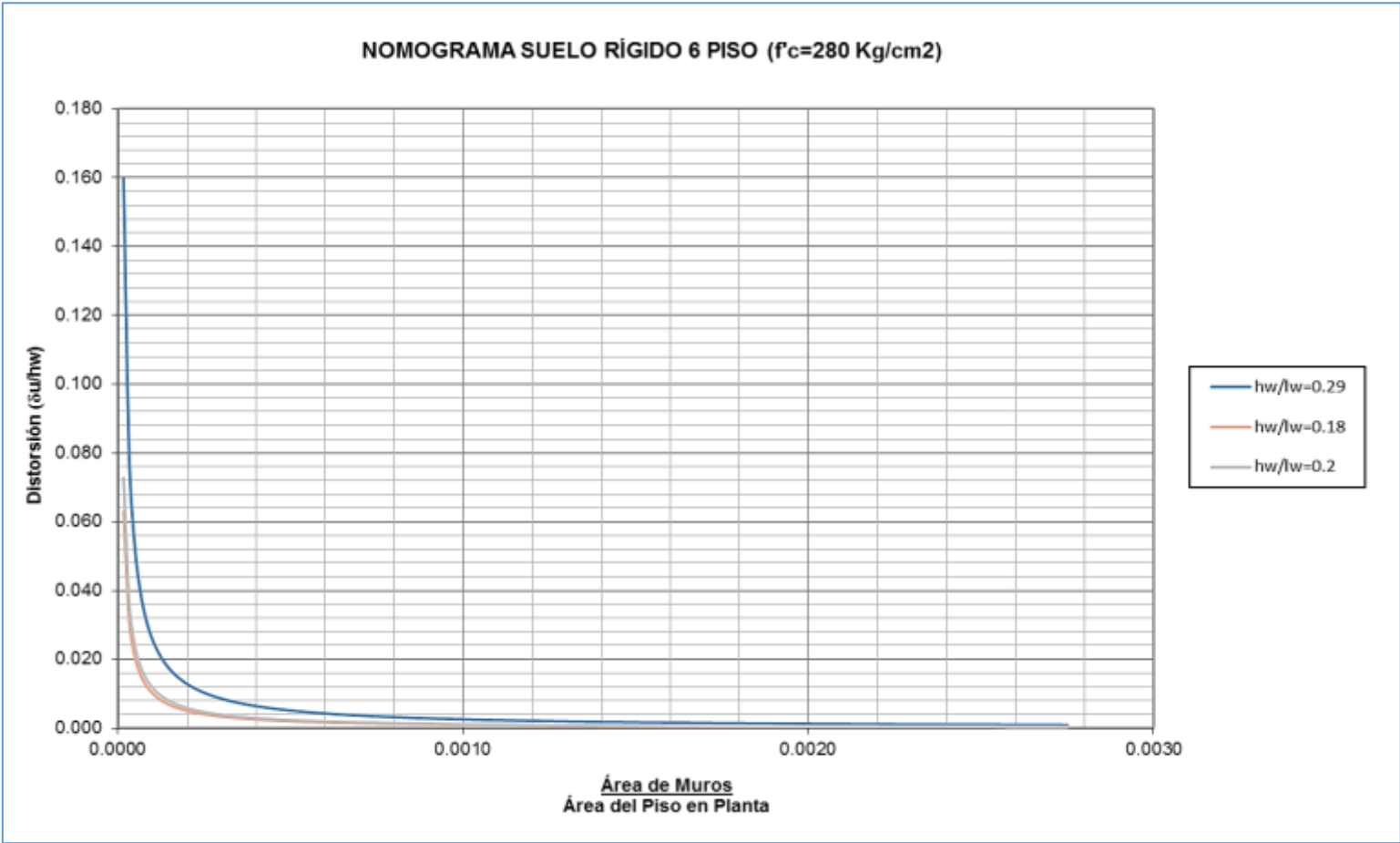


Gráfico 37. Nomograma – Eje Y – Piso 6 ($f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 7, según Gráfico..38.

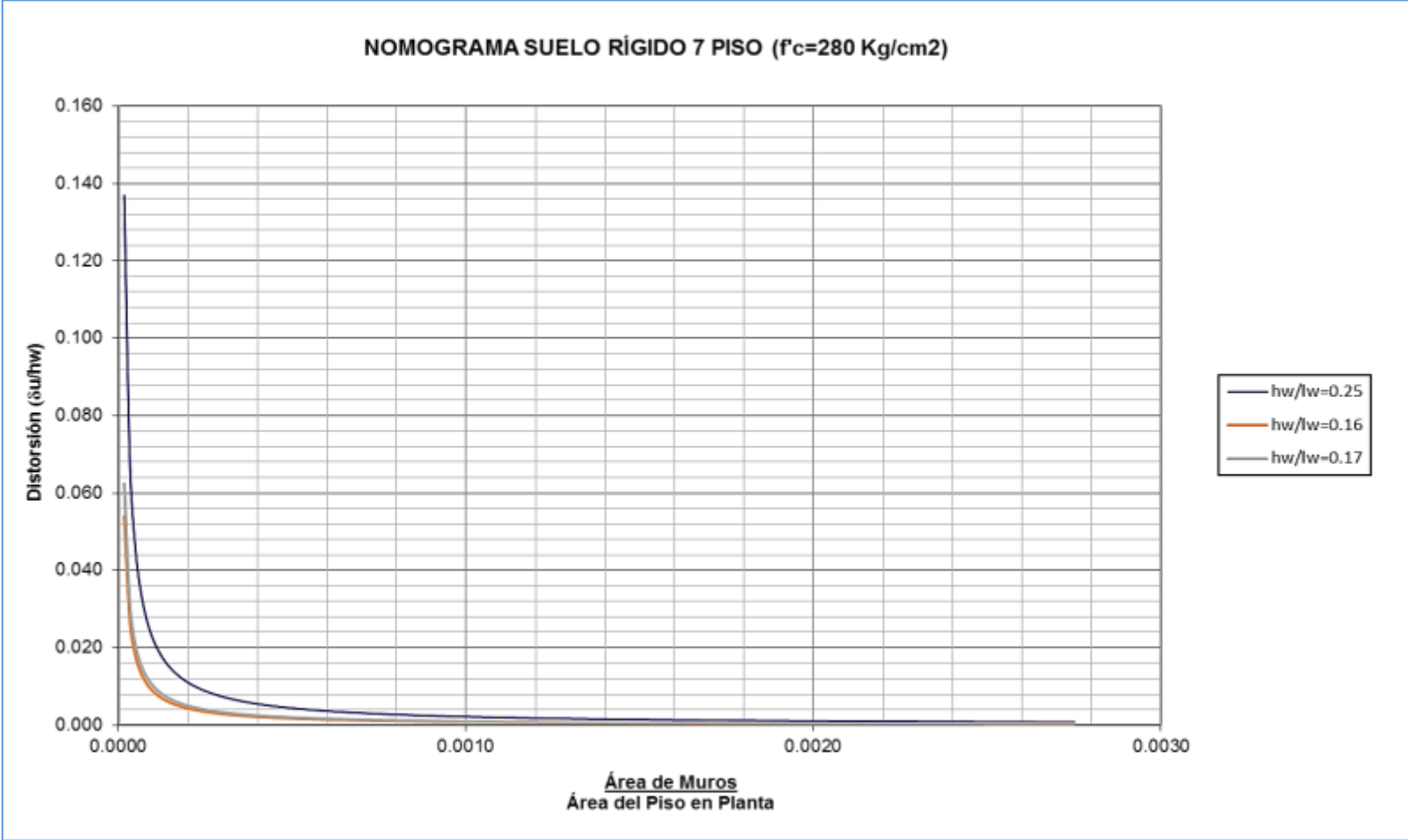


Gráfico 38. Nomograma – Eje Y – Piso 7 (f'c=280 Kg/cm2)
Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 8, según Gráfico..39.

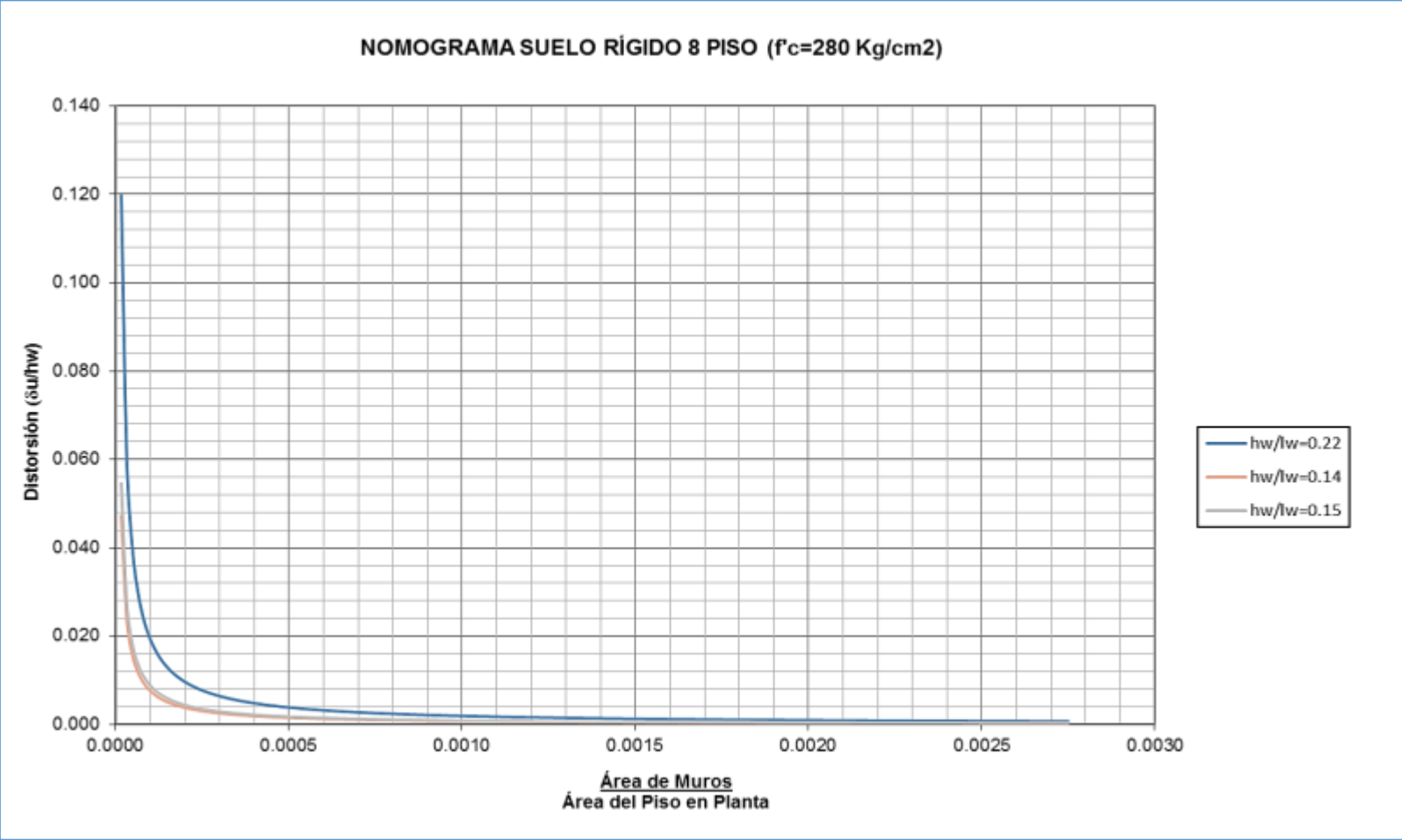


Gráfico 39. Nomograma – Eje Y – Piso 8 (f'c=280 Kg/cm2)
Fuente: Elaboración Propia.

Presentación de Nomograma de Piso Eje Y – Piso 9, según Gráfico..40.

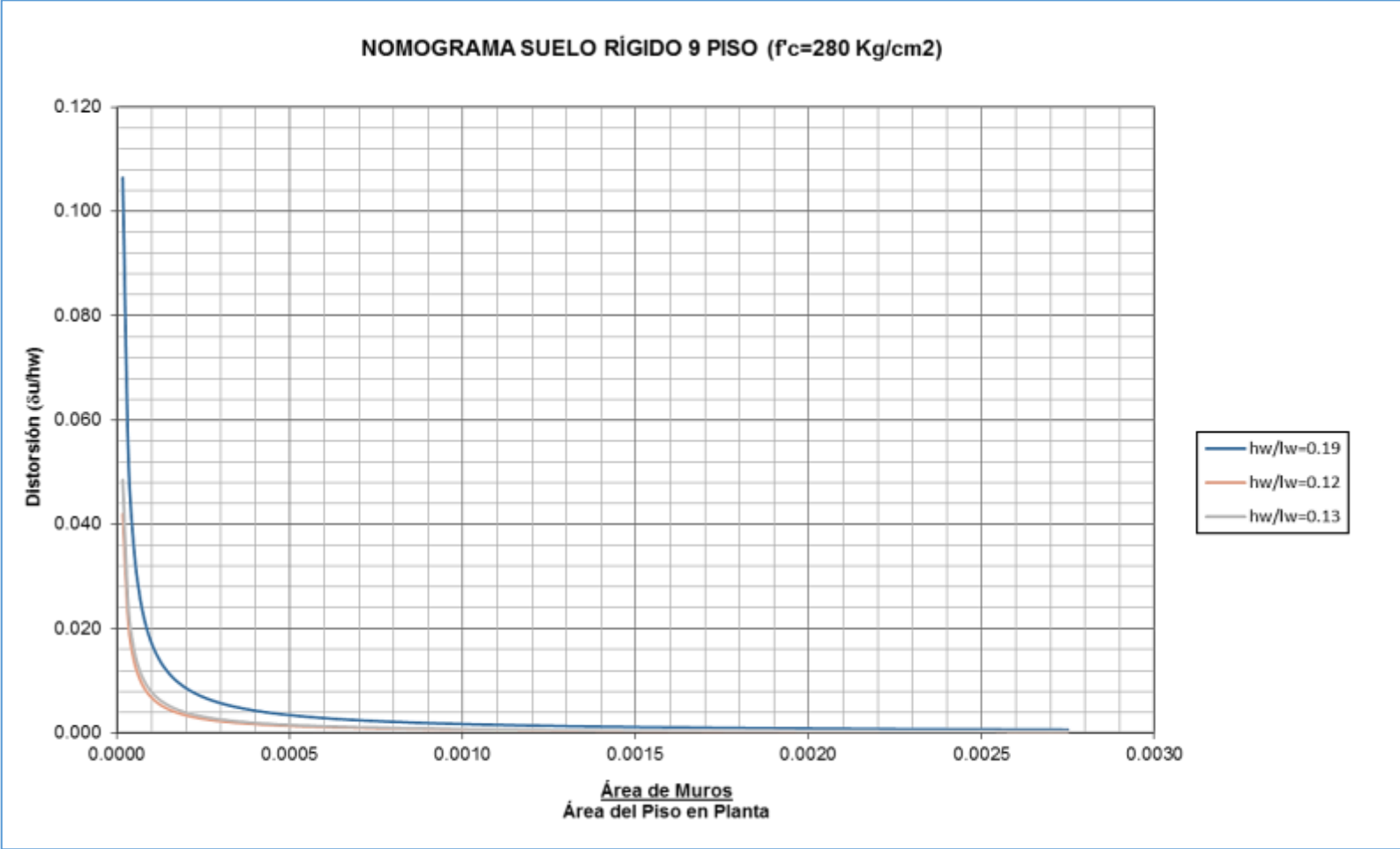


Gráfico 40. Nomograma – Eje Y – Piso 9 (f'c=280 Kg/cm2)

Fuente: Elaboración Propia.

Comparación de distorsiones entre las edificaciones analizadas, según la Tabla. 10, Gráfico. 41, Gráfico. 42, Tabla. 11, Gráfico. 43 y Gráfico. 44, mostrados respectivamente a continuación.

Tabla 10. Comparación de Distorsiones entre edificaciones – Eje X

Eje X				
Piso	Edificio 01		Edificio 02	
	Dist. Máx	Dist. Mín	Dist. Máx	Dist. Mín
1	0.01939	0.004737	0.05216	0.002084
2	0.009695	0.002368	0.02608	0.001042
3	0.006463	0.001579	0.017387	0.000695
4	0.004847	0.001184	0.01304	0.000521
5	0.003878	0.000947	0.010432	0.000417
6	0.012926	0.003158	0.008693	0.000347
7	0.00277	0.000677	0.007451	0.000298
8	0.002424	0.000592	0.00652	0.000261
9	-	-	0.00652	0.000383

Fuente: Elaboración Propia.

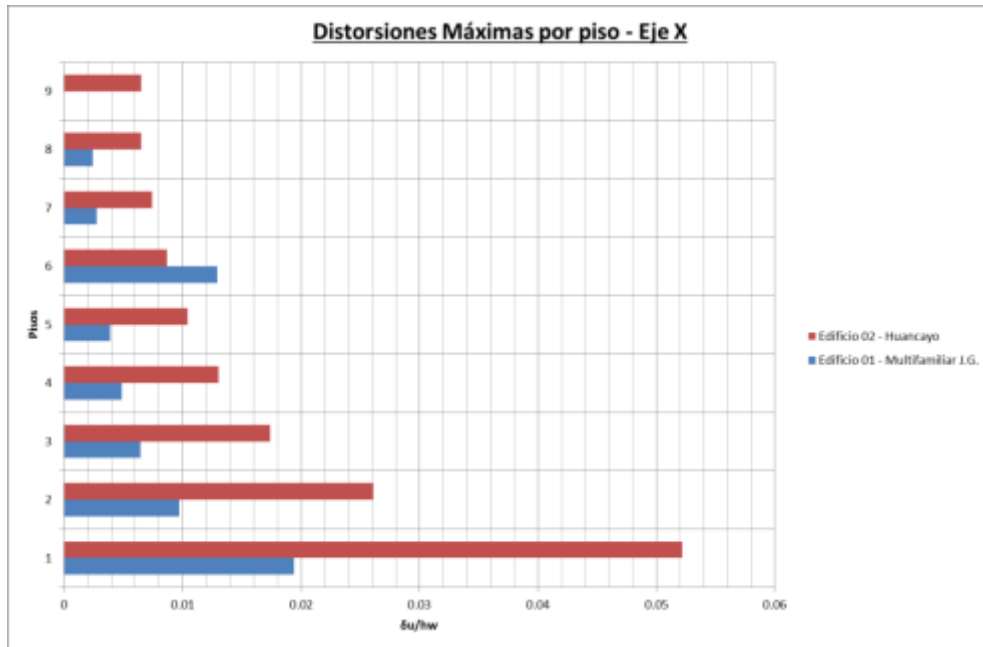


Gráfico 41. Distorsiones máximas por piso – Eje X
Fuente: Elaboración Propia

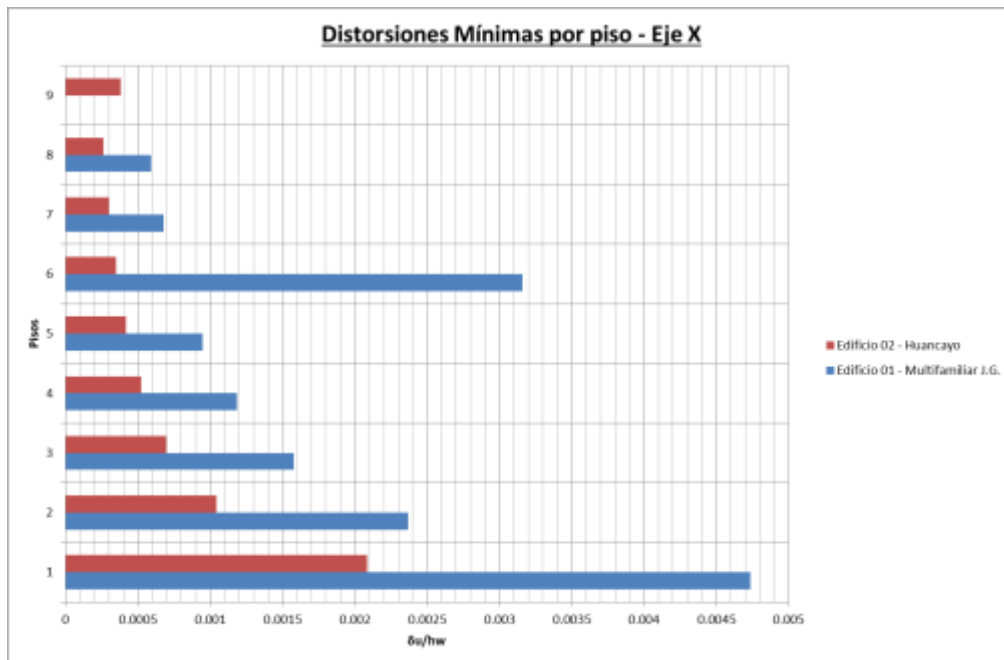


Gráfico 42. Distorsiones mínimas por piso – Eje X
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Comparación de Distorsiones entre edificaciones – Eje Y

Eje Y				
Piso	Edificio 01		Edificio 02	
	Dist. Máx	Dist. Mín	Dist. Máx	Dist. Mín
1	0.004973	0.000682	0.02283	0.005652
2	0.002487	0.000341	0.011415	0.002826
3	0.001658	0.000227	0.00761	0.001884
4	0.001243	0.00017	0.005707	0.001413
5	0.000995	0.000136	0.004566	0.00113
6	0.003315	0.000454	0.01522	0.003768
7	0.00071	0.000097	0.003261	0.000807
8	0.000622	0.000085	0.002854	0.000706
9	-	-	0.004193	0.001038

Fuente: Elaboración Propia

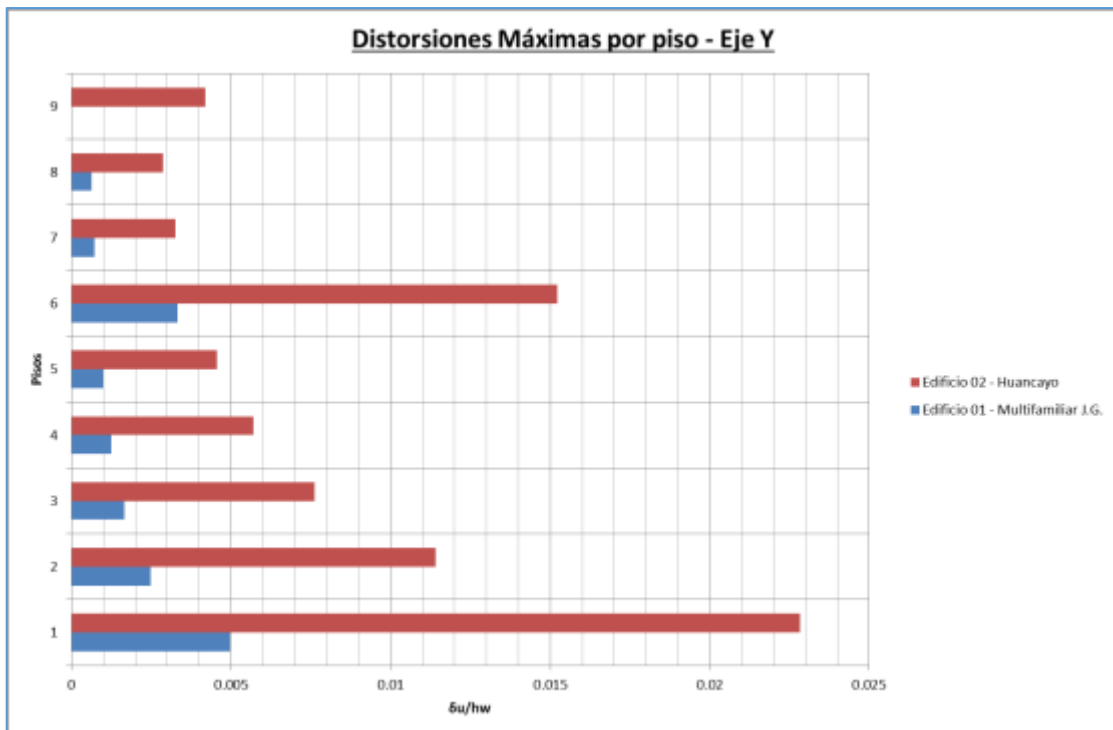


Gráfico 43. Distorsiones máximas por piso – Eje Y

Fuente: Elaboración Propia

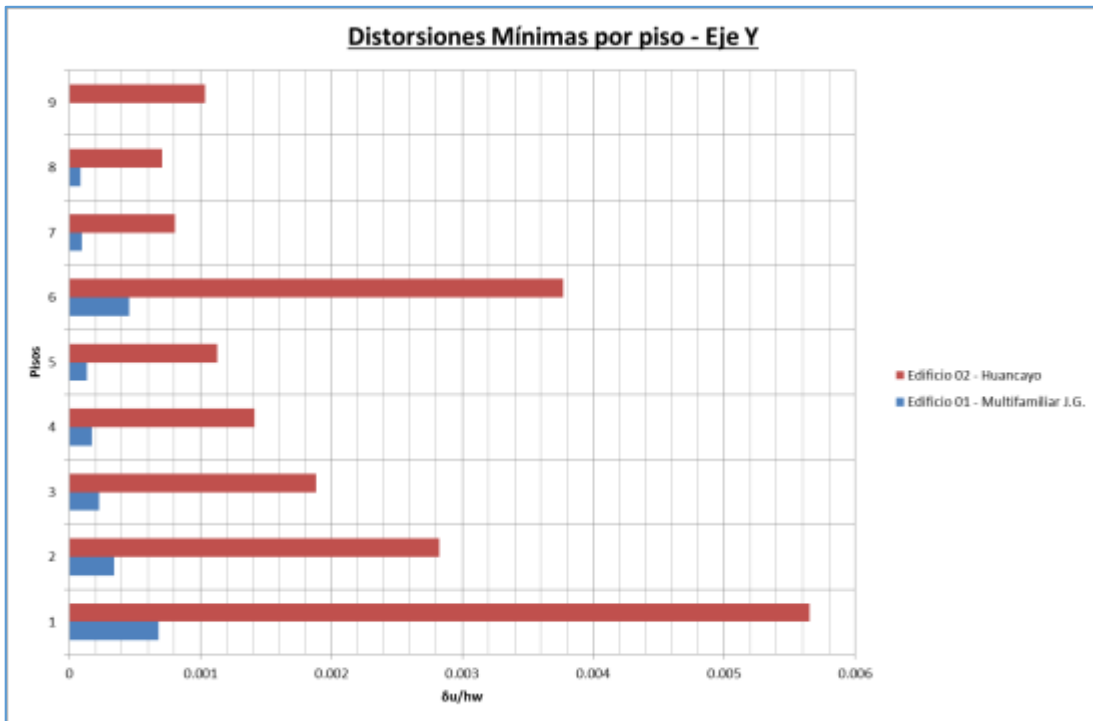


Gráfico 44. Distorsiones mínimas por piso – Eje Y

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Contrastación de Hipótesis.

4.3.1. Hipótesis General.

Hipótesis Alterna (Ha):

Al desarrollar una Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados, se comprueba si es funcional para muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

Hipótesis Nula (H0):

Al desarrollar una Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados, no se comprueba si es funcional para muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

Se ha llegado a comprobar que la Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados es funcional para muros de concreto armado en Edificaciones, puesto que dicha propuesta se ha puesto a prueba y se ha evaluado dos Edificaciones con distintas condiciones. Esto hace, además, que la propuesta sea aplicable en edificaciones con distintas ubicaciones en el Perú

4.3.2. Hipótesis Específicas.

Hipótesis Secundaria (1):

Hipótesis Alterna (Ha):

Al aplicar la Propuesta de Evaluación se establece que algunos de los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio son Admisibles.

Hipótesis Nula (H0):

Al aplicar la Propuesta de Evaluación se establece que algunos de los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio no son Admisibles.

Se ha llegado a comprobar que la Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados nos arroja, como parte de los resultados, los muros de concreto armado que son admisibles y los que no son admisibles por la Norma Sismorresistente E.030-2014 para Edificaciones, mediante la contrastación de resultados respecto al parámetro de la Distorsión.

Hipótesis Secundaria (2):

Hipótesis Alterna (Ha):

Al aplicar la Propuesta de Evaluación se usaron y aprovecharon recursos matemáticos respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

Hipótesis Nula (H0):

Al aplicar la Propuesta de Evaluación no se usaron y no se aprovecharon recursos matemáticos respecto a los muros de

concreto armado de las Edificaciones en estudio.

Para el desarrollo de la Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados se usaron y aprovecharon recursos matemáticos respecto a los muros de concreto armado. El proceso analítico que permitió la contrastación de la propuesta con nuestra Norma Sismorresistente E.030 y, además de los nomogramas realizados, son esenciales para obtener los resultados que buscamos según el parámetro de la distorsión para así juzgar a cada muro estudiado.

Hipótesis Secundaria (3):

Hipótesis Alternativa (H_a):

Al aplicar la Propuesta de Evaluación, se obtienen Nomogramas con respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

Hipótesis Nula (H₀):

Al aplicar la Propuesta de Evaluación, no se obtienen Nomogramas con respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

En el desarrollo de la Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados, se obtienen Nomogramas. Mediante el proceso de desarrollo se obtienen las Distorsiones base de cada muro estudiado, estas distorsiones nos permiten armar nomogramas para poder obtener la Distorsión final correspondiente a cada muro de corte.

Hipótesis Secundaria (4):

Hipótesis Alterna (Ha):

Al aplicar la Propuesta de Evaluación se comprueba que hay efectividad con respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

Hipótesis Nula (H0):

Al aplicar la Propuesta de Evaluación se comprueba que no hay efectividad con respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.

Tras aplicar la Propuesta de Evaluación, se comprueba que hay efectividad, puesto que se tiene una metodología nueva que nos arroja resultados que pueden ser contrastados con la Norma Sismorresistente E.030-2014.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La distorsión $\delta u/hw$ es menor cuando el muro tiene mayor espesor y mayor longitud (lw). Al tener mayor espesor y longitud los muros proporcionan una mayor rigidez a la estructura.
- Al observar el cuadro de distorsiones de cada elemento estructural (Ver Tabla 4, Tabla 5, Tabla 8 y Tabla 9), se puede apreciar que algunos los muros tanto del eje X como Y no cumplen con la norma ya que sus distorsiones no son mayores a 0.007 (Distorsiones máximas para estructuras de concreto armado).

Los muros que no cumplen son los siguientes:

Edificio 01:

Eje X: Muro1, Muro 2.

Edificio 02:

Eje X: Muro 2, Muro 3.

Eje Y: Muro 1, Muro 3.

- Subsano las placas de cada edificio que no cumple con la norma, mencionamos a continuación un replanteo de las placas más de los mismos:

Edificio 01:

Muro 1 – X: Se modificó su espesor de 0.20 m a 0.30 m y su longitud de 1.95 m a 2.50 m.

Muro 2 – X: Se modificó su espesor de 0.20 m a 0.30 m y su longitud de 1.95 m a 2.50 m.

La distorsión máxima de **Muro 01 – X y Muro 02 – X** es de 0.0061, cumpliendo con la norma E.030 (Ver Anexo 12).

Edificio 02:

Muro 1 – X: Se modificó su espesor de 0.15 m a 0.20 m y su longitud se mantuvo en 3.30 m.

Muro 2 – X: Se modificó su espesor de 0.20 m a 0.25 m y su longitud de 1.35 m a 2.00 m.

Muro 1 – Y: Se modificó su espesor a de 0.20 m a 0.25 m y su longitud de 1.35 m a 2.00 m.

Muro 3 – Y: Se mantuvo su espesor de 0.20 m y su longitud se modificó de 2.00 m a 2.10 m.

Las distorsiones máximas de los muros **Muro 01 – X** es de 0.0015 y **Muro 02 – X** es de 0.0056, cumpliendo con la norma E.030 (Ver Anexo 13).

Las distorsiones máximas de los muros **Muro 01 – Y** es de 0.0056 y **Muro 03 – Y** es de 0.0060, cumpliendo con la norma E.030 (Ver Anexo 14).

- Al observar los gráficos comparativos en ambas edificaciones, se observa que las distorsiones son mayores en el edificio 02 tanto para el Eje X como para el eje Y. Esto se debe a que la edificación 02 tiene placas con menor espesor y longitud a comparación de la edificación 01.
- Mientras menor sea la relación hw/lw , dicha curva va estar más pegada al origen a los ejes.
- A medida que la densidad de muros disminuye, aumenta la distorsión $\delta u/hw$.
- Al observar los gráficos comparativos en ambas edificaciones, se aprecia que las distorsiones son mayores en el edificio 02 tanto para el Eje X como para el eje Y. Esto se debe a que la edificación 02 tiene placas con menor espesor y longitud a comparación de la edificación 01.
- La Propuesta expuesta se puede aplicar a cualquier material ejecutable por la norma E.030-2014, tal como podemos apreciar en la Ec. 27, ya que se

encuentra presente la densidad (ρ), del material estudiado, en nuestro caso se trata del concreto.

- La Propuesta, metodología desarrollada, efectivamente puede ser aplicada a otras edificaciones que se ubiquen en cualquier zona del Perú, siempre y cuando sean edificaciones que cuenten con muros de corte (placas). Los nomogramas se pueden graficar programando una hoja de cálculo, en donde se puede digitar los datos de cada edificación, obteniendo como resultado los nomogramas graficados según la cantidad muros y pisos que de la edificación.

CONCLUSIONES

1. Al desarrollar una Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados, se comprueba que esta es funcional respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio, puesto que se tomaron los recursos necesarios y se han obtenido aplicaciones analíticas correctas. Luego se encontraron muros no admisibles y la metodología desarrollada nos permite subsanarlos, por ello decimos que es funcional.
2. Al aplicar la Propuesta de Evaluación se establece que algunos de los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio, son admisibles, así como también hay algunos que no son admisibles. A su vez, se hizo un replanteo de los muros no admisibles.
3. Al aplicar la Propuesta de Evaluación se usaron y aprovecharon recursos matemáticos respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio. Esto se logra estudiando y analizando las formulaciones otorgadas por Wallace, las cuales, sumadas a un proceso analítico, nos permiten obtener la distorsión.
4. Al aplicar la Propuesta de Evaluación se obtendrán Nomogramas con respecto a los muros de concreto armado, cuyo gráfico de curvas nos permiten obtener la distorsión mediante una relación de áreas entre la sección del muro y el área en planta típica.
5. Al aplicar la Propuesta de Evaluación se comprueba su efectividad con respecto a los muros de concreto armado, ya que ha sido una propuesta anteriormente aplicada y esta vez ha sido actualizada empleando la Norma E.030-2014.

RECOMENDACIONES

- Los muros que no cumplen con el límite de distorsiones tienen que volverse a dimensionar aumentando la densidad por cada eje, lo que implica el aumento de su espesor y su longitud para una mayor rigidez.
- En caso de que ninguno los muros no cumplan con la distorsión de la norma, se tendrán que ubicar nuevos muros en la edificación. La ubicación de estos nuevos muros de preferencia, tienen que ser en el centro de la edificación y en el perímetro. La ubicación en el centro porque es ahí donde está el centro de masa de la estructura y la fuerza sísmica actúa en ese punto; y la ubicación en el perímetro, ya que no afecta mucho la arquitectura y así se puede rigidizar mejor la estructura.
- Los nomogramas nos facilitan el cálculo de la distorsión del muro, sólo hay que saber la densidad de muro que se presenta en cada piso de la edificación.
- Con la propuesta expuesta podemos plantear la cantidad de metros cuadrados que se debe necesitar como área en dirección X o Y de losa de material resistente para que las distorsiones cumplan según la Norma. Este tema va relacionado con reestructuraciones, reforzamientos o cambio de uso de una edificación, a coordinaciones con el Arquitecto, en otras palabras, se le daría el área de losa que demanda nuestro análisis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Referencias Bibliográficas**

Blakeley, R. & Park, R. (1973). Prestressed Concrete sections with cyclic flexure. ASCE Journal of Structural Division, Vol 99.

Bozzo, M. & Barbat, A. (2002). “Diseño Sismo Resistente de Estructuras”. Lima (Perú): Fondo Editorial ICG.

Cavero, R. (2007). Control de la Falla por Deslizamiento en placas de Concreto Reforzadas con Mallas Electrosoldadas Proyecto Sencico-PUCP: Fondo Editorial ICG.

Chopra, A. (1992). Dinámica de Estructuras. Cuarta Edición.

Computers & structures Inc. (2011). “CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS, SAFE and CSI BRIDGE”.

Harsem, T. & Mayorca, J. (2002). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Lima (Perú): Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú - 3^{ra} Edición.

Hernández, L. (2012). Diseño Estructural de un Edificio de Vivienda de Albañilería Confinada.

Ibañez de Navarra, E. (1992). Cálculo Estructural por el Método de Elementos Finitos.

Park, R. (1997). “The Design of Ductile Reinforced Concrete Structural Walls for Earthquake Resistance”. Exposición Robert Park. Lima –Perú.

Park, R. y Paulay T. (1991). “Estructuras de Concreto Reforzado”. Balderas (México): Editorial Limusa S.A.

Peña, V. (2011). Análisis Dinámico de una Edificación de 9 Pisos de acuerdo a la Norma E.030-97

Piqué, J. (2011). Criterios de Estructuración Sismo Resistente. Apuntes de clase Ingeniería Sismo Resistente I. Universidad Ricardo Palma. Lima – Perú.

Piqué, J., Zavala, C., Zegarra, L., Quiun, D., Bernal, I., Tavera, H., Scaletti, H., Cabrejos, E., Muños, A., Ottazzi, G., Sánchez, R., Tinman, M., Olcese y M., Medina, P. (2014). Proyecto De Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Documento en aprobación. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Rivera J.; Pique, J. & Morales, R. (2002). Diseño Estructural Sismo Resistente. Lima-Perú: Fondo Editorial ICG.

Rüsch, H. (1960). Researches Toward a General Flexurel Theory for Structural Concrete. Journal ACI, Vol. 57, No 1. Páginas: 1-28.

Wakabayashi M. & Martinez E. (1988). “Diseño de Estructuras Sismorresistente”. Editorial McGraw-Hill 1^{ra} Edición. Nueva York.

Wallace, J (1995). “Seismic design of RC Structural Walls“. Journal of Structural Engineering. Vol. 121 Nro 1. Nueva York.

Wilson, E. (2004). Análisis Estático y Dinámico de Estructuras: Un enfoque físico con énfasis en la Ingeniería Sísmica.

- **Referencias Electrónicas**

PUBLICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA SOBRE MUROS ESTRUCTURALES (Chile).

www.ociv.utfsm.cl/docencia/academicos/Hormigon_Armado2/

PIERINO LESTUZZI, THOMAS WENK, HUGO BACHMANN.
“Dynamic Tests of RC Structural Walls on the eth Earthquake
Simulator”.

ANEXOS

Anexo N° 01

Tabla 12. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					DISEÑO METODOLÓGICO	
			VARIABLES	INDICADORES	INDICES	MEDICION	INSTRUMENTOS		
Problema General * ¿ Cómo Infiere una propuesta de Evaluación en una Edificación empleando Desplazamientos Esperados?	Objetivo General * Desarrollar una Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados, para comprobar si esta es funcional y hacer cumplir un Diseño Sísmoresistente según la Norma E.030-2014, con el parámetro de la Distorsión.	Hipótesis General Al desarrollar una Propuesta de Evaluación empleando Desplazamientos Esperados, se comprobará si esta es funcional para muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.	Variable Independiente Modelo de Desplazamientos Esperados		Distorsión de cada Elemento Estructural (Wallace 1994)				Diseño de la Investigación: Experimental - Para verificar nuestros objetivos obtendremos parámetros, los cuales se operan y nos darán el valor de la distorsión, la cual define si el muro de corte Admisible o No Admisible. Dicha distorsión es contrastada con la Norma E.030-2014 Longitudinal - Se usarán más de un dato para lograr obtener resultados con características diferentes. Retrospectivo - Se usa data ya existente o diseñada.
Problemas Especificos * ¿ Cómo aplicar la Propuesta de Evaluación para establecer si los muros de concreto armado de las Edificaciones son Admisibles o No, en Edificaciones? * ¿ Cómo aplicar la Propuesta de Evaluación para usar y aprovechar recursos matemáticos, en Edificaciones? * ¿ Cómo aplicar la Propuesta de Evaluación para obtener Nomogramas respecto a Edificaciones? * ¿ Cómo aplicar la Propuesta de Evaluación para comprobar su efectividad en Edificaciones?	Objetivos Especificos * Aplicar la Propuesta de Evaluación para establecer si los muros de concreto armado de las edificaciones en estudio son Admisibles o No. * Aplicar la Propuesta de Evaluación para usar y aprovechar recursos matemáticos, con respecto a los muros de concreto de las Edificaciones en estudio. * Aplicar la Propuesta de Evaluación para obtener Nomogramas con respecto a los muros de concreto de las Edificaciones en estudio. * Aplicar la Propuesta de Evaluación para comprobar su efectividad con respecto a las Edificaciones en estudio.	Hipótesis Especificas * Al aplicar la Propuesta de Evaluación se establecerá si los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio son Admisibles o No. * Al aplicar la Propuesta de Evaluación se usarán y aprovecharán recursos matemáticos respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio. * Al aplicar la Propuesta de Evaluación se obtendrán Nomogramas con respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio. * Al aplicar la Propuesta de Evaluación se comprobará su efectividad con respecto a los muros de concreto armado de las Edificaciones en estudio.	Variable Dependiente Edificación Inmobiliaria	Distorsión de cada Elemento Estructural (Wallace 1992)	* Factor SDOF: 1.50 * Factor de Zona: Z * Factor de Uso: U * Factor de Amplificación Sísmica: C * Factor de Amplificación de Suelo: S [] * Factor de Irregularidad: R _w 1 [] * Gravedad: g = 9.81 * Peso Sísmico/Piso: w * Altura Entreplazo: h _e * Longitud de Muro: l _w * Altura de Muro: h _w * Módulo Elasticidad Concreto: E _c * Área Muro: A _m * Área Total en Planta del Piso: A _p * Densidad del Concreto: ρ * Número de Pisos: n * Constante de Periodo Wallace & Moehle: 0.8 * Periodo —: T _L * Periodo —: T _p []	[] [] [] [] [] [m/2] [kg/m ²] [m] [m] [m] [m ²] [m ²] [m ²] [%] [] [] [] []	Laboratorio	Tipo de Investigación: Cuantitativo - Se emplearán cuadros, parámetros y resultados de medición. Cada uno nos da una característica. Explicativo - Con la presencia de Wallace & Moehle Interventimos el Análisis Dinámico Sísmoresistente para la Edificación y explicaremos el resultado de la Distorsión, según Norma E.030-2014. Descriptivo - En el proceso de Análisis de Muros de Corte con nuestra Propuesta de Desplazamientos Esperados, describiremos los llamados Factores de Sitio, los cuales influyen en la obtención de la Distorsión. También describiremos el los Muros de cada edificación son Admisibles o no.	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 02

Límites para distorsión entrepiso

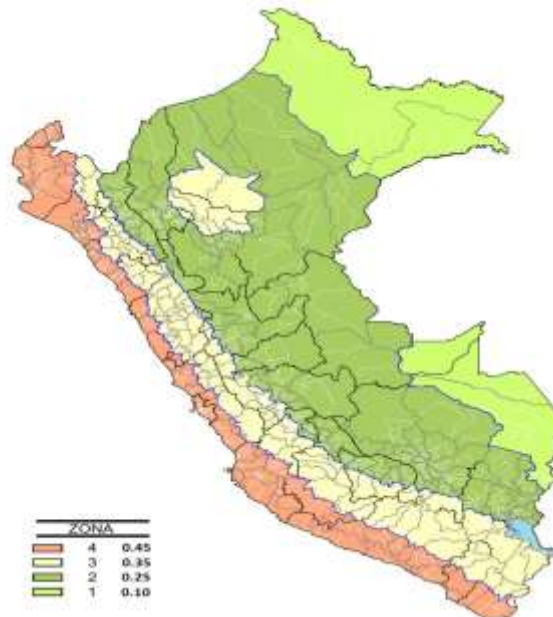
Material Predominante	(Δ_i / h_{ri})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

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

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 03

Zonificación según territorio Nacional



Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 04

Factor de Zona “Z”

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

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 05

Categoría de las Edificaciones y Factor “U”

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Edificios en hospitales e institutos de salud importantes, que alojen cualquiera de los servicios indicados en la Tabla N° 5.1.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: <ul style="list-style-type: none"> - Edificios en Hospitales no comprendidos en la categoría A1, clínicas, postas médicas. - Puertos, aeropuertos, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como colegios, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes homes, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificios en centros educativos y de salud no incluidos en la categoría A. Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 06

Factor de Suelo "S"

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₁	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₂	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₃	0,80	1,00	1,20	1,40
Z _i	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 07

Valores de Periodos T_p y T_L

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 08

Factor de Amplificación Sísmica

Factor de Amplificación Sísmica (C)

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

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

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

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

T es el período según se define en el numeral 4.5.4 o en numeral 4.6.1.

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

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 09

Período Fundamental y Valores de Ct

4.5.4 Período Fundamental de Vibración

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

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

donde:

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

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 10

Sistemas Estructurales

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

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

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 11

Respuesta Elástica Máxima Esperada

Usando $R_w = 1$:

En la variable “ R_w ” se incluye la ductilidad de la estructura, según el material del que este hecho. El sistema en estudio es lineal, elástico, isotrópico y homogéneo, es decir, R diferente de 1.

En nuestra propuesta usaremos $R=1$, el peor de los casos, sin ductilidad, donde los desplazamientos que se obtendrán son los reales y críticos.

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 12

Distorsiones del Edificio 01 – Eje X

Datos de los muros								
Piso	Muro	lw	(lw)(piso)	Espesor	Altura	Área de muro	$\rho = \text{Amuro}/\text{Apiso}$	$\delta u/hw$
1	1	2.50 m	2.50 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.006134
	2	2.50 m	2.50 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.006134
	3	2.73 m	2.725 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.004737
2	1	2.5 m	5 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.003067
	2	2.5 m	5 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.003067
	3	2.73 m	5.45 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.002368
3	1	2.5 m	7.5 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.002045
	2	2.5 m	7.5 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.002045
	3	2.73 m	8.175 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.001579
4	1	2.5 m	10 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.001534
	2	2.5 m	10 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.001534
	3	2.73 m	10.9 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.001184
5	1	2.5 m	12.5 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.001227
	2	2.5 m	12.5 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.001227
	3	2.73 m	13.625 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.000947
6	1	2.5 m	15 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.004090
	2	2.5 m	15 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.004090
	3	2.73 m	16.35 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.003158
7	1	2.5 m	17.5 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.000876
	2	2.5 m	17.5 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.000876
	3	2.73 m	19.075 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.000677
8	1	2.5 m	20 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.000767
	2	2.5 m	20 m	0.30 m	2.85 m	0.75 m ²	0.0015	0.000767
	3	2.73 m	21.8 m	0.30 m	2.85 m	0.82 m ²	0.0016	0.000592

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 13

Distorsiones del Edificio 02 – Eje X

Datos de los muros								
Piso	Muro	lw	(lw)(piso)	Espesor	Altura	Área de muro	$\rho = \text{Amuro}/\text{Apiso}$	$\delta u/hw$
1	1	3.3 m	3.3 m	0.20 m	2.35 m	0.66 m ²	0.0017	0.001563
	2	2 m	2 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.005617
	3	1.9 m	1.9 m	0.25 m	2.35 m	0.48 m ²	0.0012	0.006551
2	1	3.3 m	6.6 m	0.20 m	2.35 m	0.66 m ²	0.0017	0.000782
	2	2 m	4 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.002809
	3	1.9 m	3.8 m	0.25 m	2.35 m	0.48 m ²	0.0012	0.003276
3	1	3.3 m	9.9 m	0.20 m	2.35 m	0.66 m ²	0.0017	0.000521
	2	2 m	6 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.001872
	3	1.9 m	5.7 m	0.25 m	2.35 m	0.48 m ²	0.0012	0.002184
4	1	3.3 m	13.2 m	0.20 m	2.35 m	0.66 m ²	0.0017	0.000391
	2	2 m	8 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.001404
	3	1.9 m	7.6 m	0.25 m	2.35 m	0.48 m ²	0.0012	0.001638
5	1	3.3 m	16.5 m	0.20 m	2.35 m	0.66 m ²	0.0017	0.000313
	2	2 m	10 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.001123
	3	1.9 m	9.5 m	0.25 m	2.35 m	0.48 m ²	0.0012	0.001310
6	1	3.3 m	19.8 m	0.20 m	2.35 m	0.66 m ²	0.0017	0.000261
	2	2 m	12 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.000936
	3	1.9 m	11.4 m	0.25 m	2.35 m	0.48 m ²	0.0012	0.001092
7	1	3.3 m	23.1 m	0.20 m	2.35 m	0.66 m ²	0.0017	0.000223
	2	2 m	14 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.000802
	3	1.9 m	13.3 m	0.25 m	2.35 m	0.48 m ²	0.0012	0.000936
8	1	3.3 m	26.4 m	0.20 m	2.35 m	0.66 m ²	0.0017	0.000195
	2	2 m	16 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.000702
	3	1.9 m	15.2 m	0.25 m	2.35 m	0.48 m ²	0.0012	0.000819
9	1	3.3 m	23.1 m	0.20 m	2.35 m	0.66 m ²	0.0017	0.000287
	2	2 m	14 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.001032
	3	1.9 m	13.3 m	0.25 m	2.35 m	0.48 m ²	0.0012	0.001203

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 14

Distorsiones del Edificio 02 – Eje Y

Datos de los muros								
Piso	Muro	lw	(lw)(piso)	Espesor	Altura	Área de muro	$\rho = \text{Amuro} / \text{Apiso}$	$\delta u / hw$
1	1	2 m	2 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.005617
	2	2.15 m	2.15 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.005652
	3	2.10 m	2.1 m	0.20 m	2.35 m	0.42 m ²	0.0011	0.006065
2	1	2 m	4 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.002809
	2	2.15 m	4.3 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.002826
	3	2.1 m	4.2 m	0.20 m	2.35 m	0.42 m ²	0.0011	0.003033
3	1	2 m	6 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.001872
	2	2.15 m	6.45 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.001884
	3	2.10 m	6.3 m	0.20 m	2.35 m	0.42 m ²	0.0011	0.002022
4	1	2 m	8 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.001404
	2	2.15 m	8.6 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.001413
	3	2.1 m	8.4 m	0.20 m	2.35 m	0.42 m ²	0.0011	0.001516
5	1	2 m	10 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.001123
	2	2.15 m	10.75 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.001130
	3	2.10 m	10.5 m	0.20 m	2.35 m	0.42 m ²	0.0011	0.001213
6	1	2 m	12 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.003745
	2	2.15 m	12.9 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.003768
	3	2.1 m	12.6 m	0.20 m	2.35 m	0.42 m ²	0.0011	0.004044
7	1	2 m	14 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.000802
	2	2.15 m	15.05 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.000807
	3	2.10 m	14.7 m	0.20 m	2.35 m	0.42 m ²	0.0011	0.000866
8	1	2 m	16 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.000702
	2	2.15 m	17.2 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.000706
	3	2.1 m	16.8 m	0.20 m	2.35 m	0.42 m ²	0.0011	0.000758
9	1	2 m	14 m	0.25 m	2.35 m	0.50 m ²	0.0013	0.001032
	2	2.15 m	15.05 m	0.20 m	2.35 m	0.43 m ²	0.0011	0.001038
	3	2.10 m	14.7 m	0.20 m	2.35 m	0.42 m ²	0.0011	0.001114

Fuente: Norma E. 030, (2014).

Anexo N° 15

Cronograma

N°	Actividades	Meses						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Elaboración del proyecto	X	X	X	X	X	X	
2	Presentación del proyecto	X	X					
3	Recopilación de información	X	X					
5	Validación de los instrumentos		X					
7	Aplicación de instrumentos		X	X				
8	Análisis de documentos		X	X				
9	Procesamiento de datos		X	X	X			
10	Interpretación de resultados				X	X		
11	Redacción del informe final						X	
12	Presentación							X
13	Sustentación							X

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 16

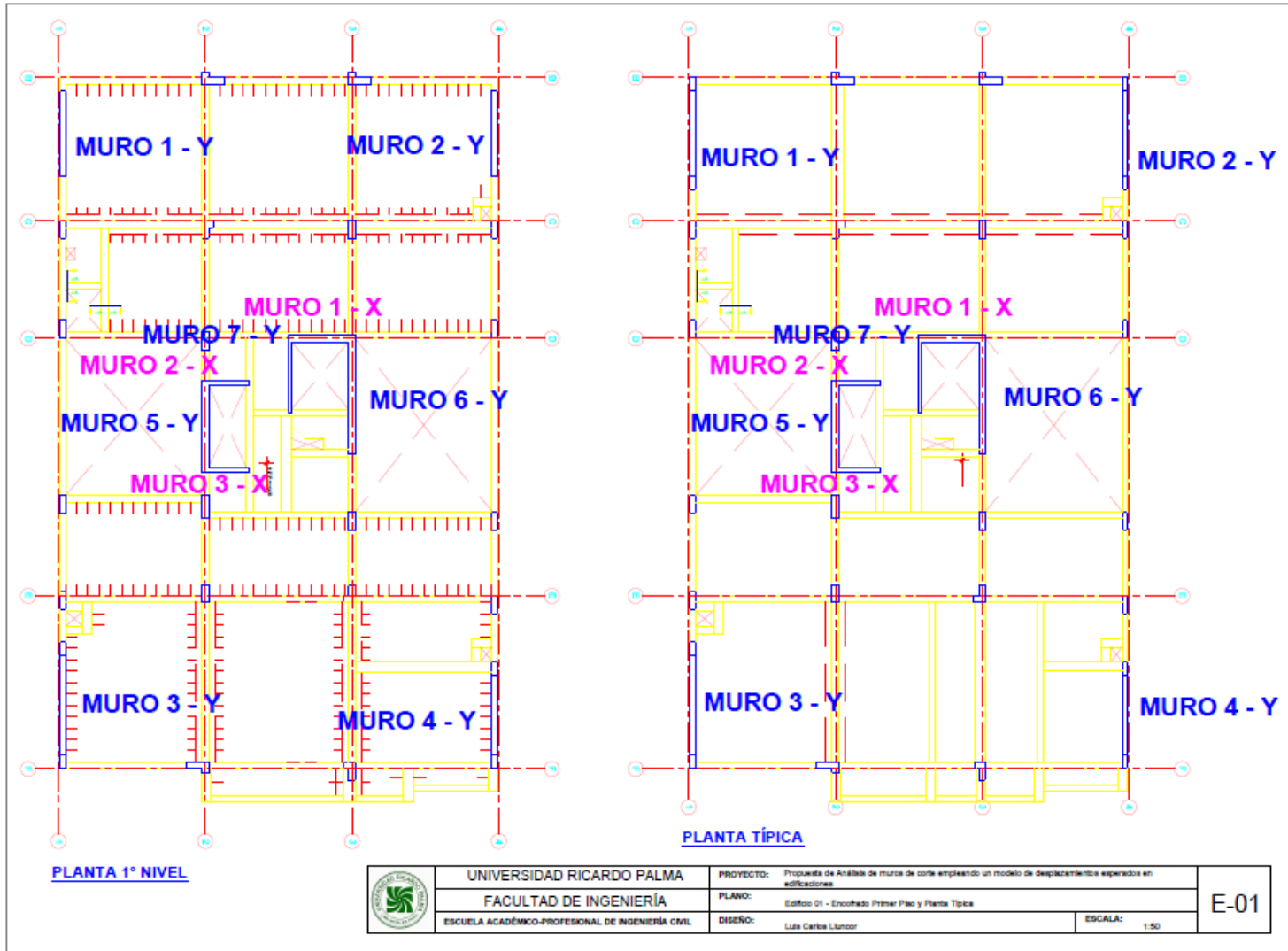
Presupuesto

Ítem	Concepto	Monto,
Recursos humanos		
1	Investigador (6 meses)	6,000
2	Colaboradores (2), 6 meses	1,000
Sub total		7,000
Bienes y materiales		
	Escritorio	150
	Sillas (1)	100
	Útiles de oficina	50
	Compra de libros y revistas	300
	Computadora i7	1500
	Smartphone (Grabador)	1800
Sub total		3900
Servicios		
	Movilidad	1,750
	Fotocopias	450
	Corrección de estilo de impresión y empaste	1,500
Sub total		3,700
		TOTAL
		14,600

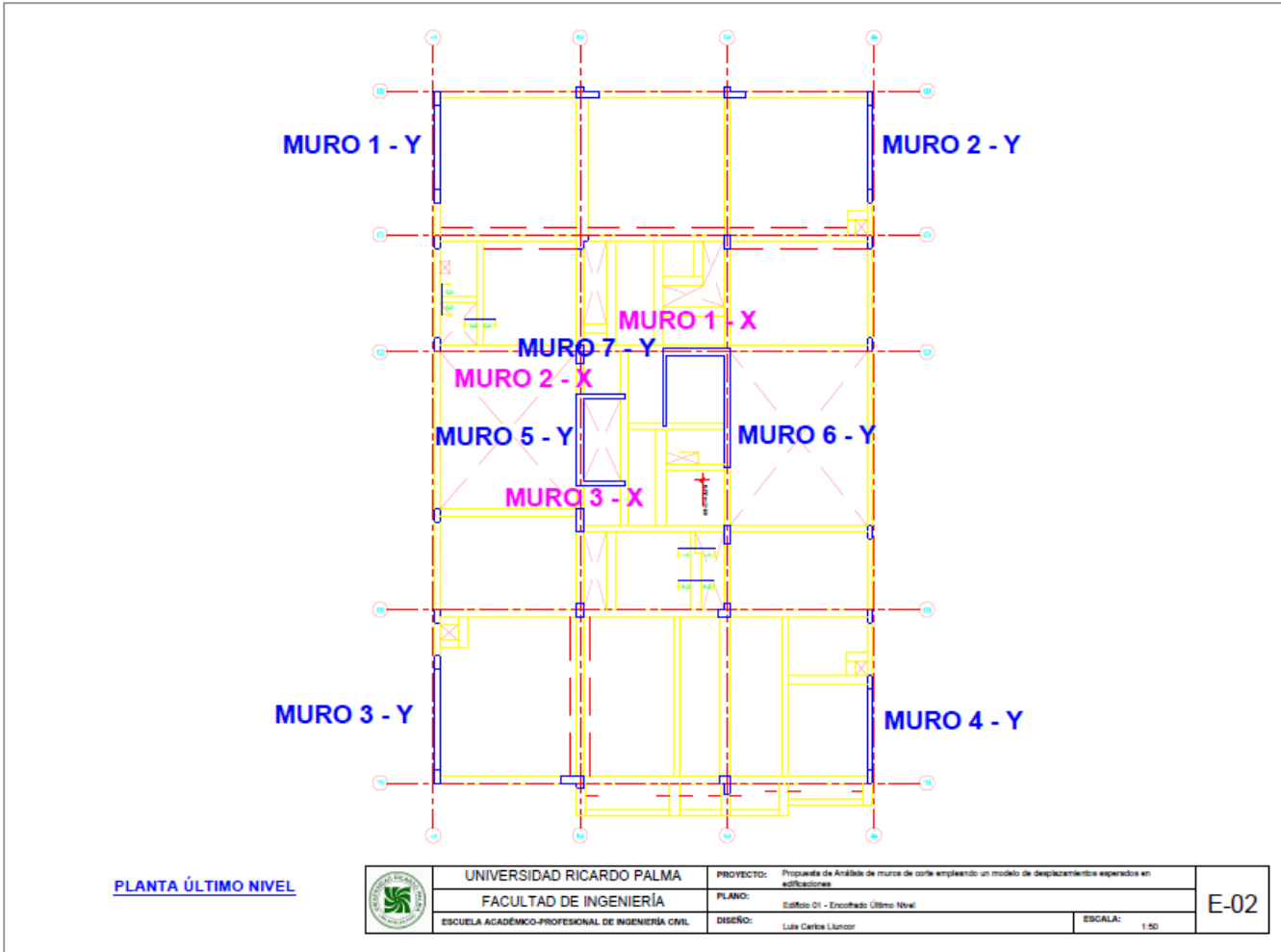
Fuente: Elaboración Propia

Anexo N° 17
Planos

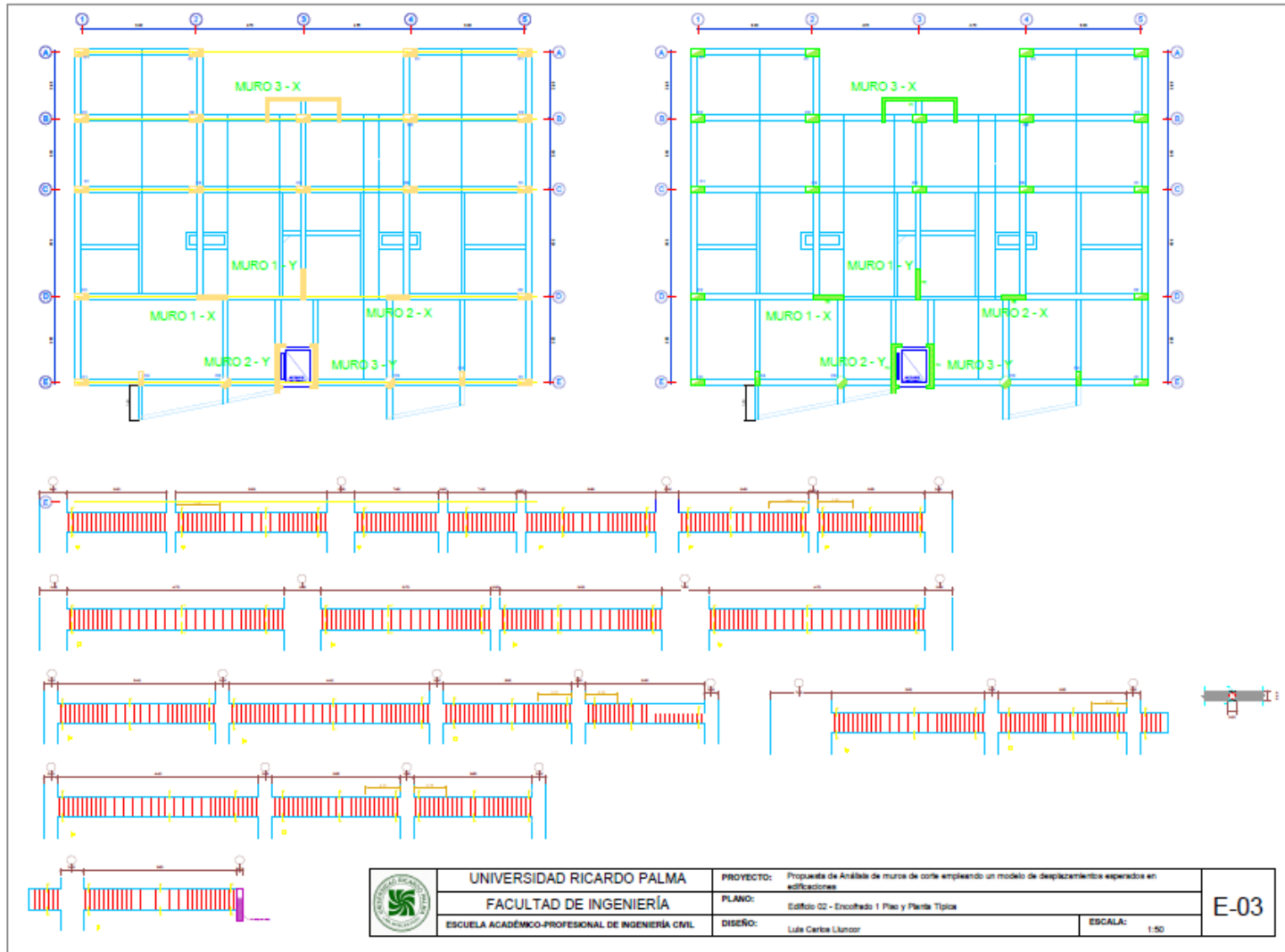
Fuente: Elaboración Propia.



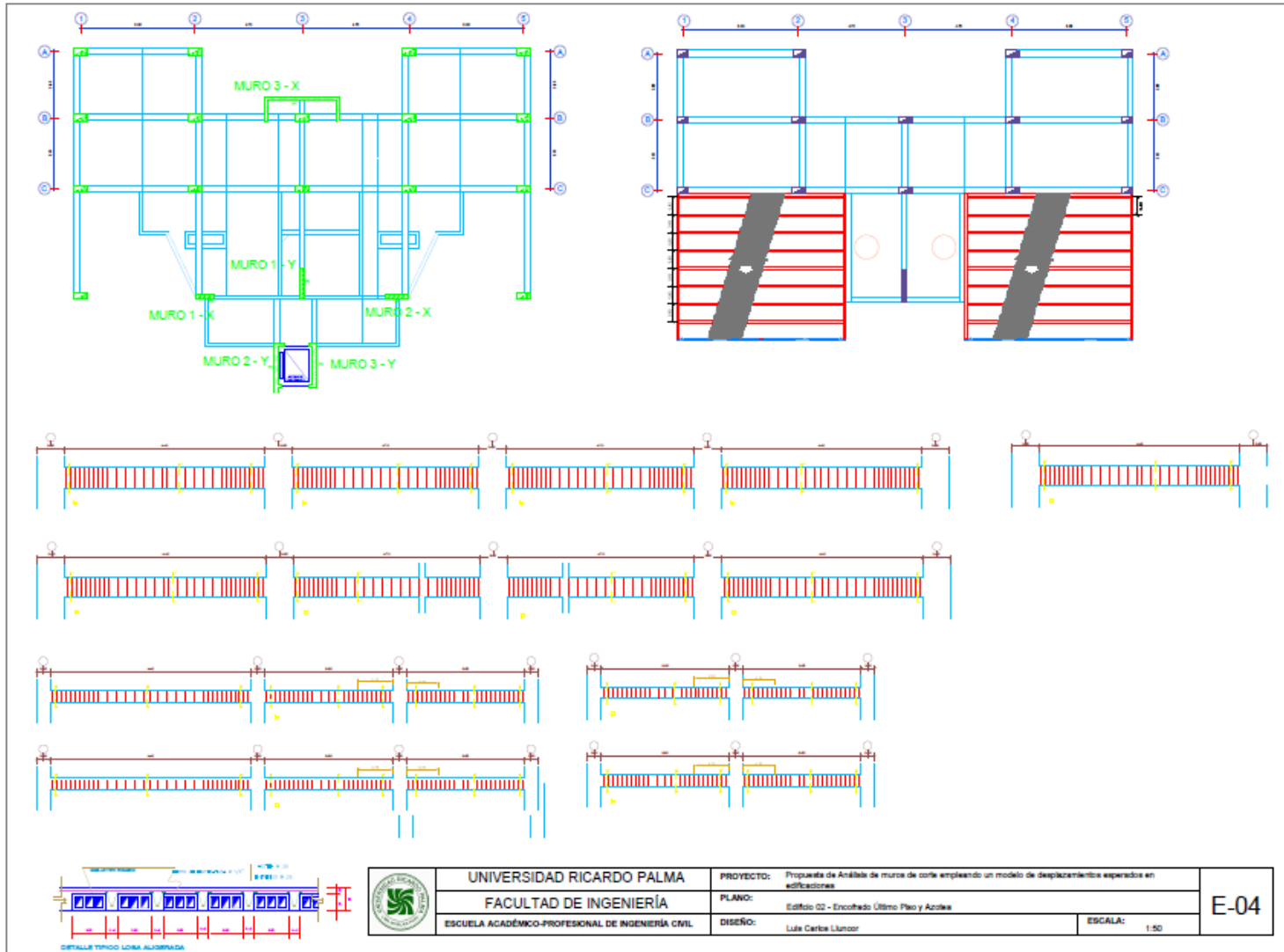
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia