



Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil
Carrera de Ingeniería Civil

**Evaluación de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del
barrio Agua Potable perteneciente a la parroquia San Juan,
cantón Pueblo Viejo, provincia de los Ríos.**

Autor: Gladys Inés Toaza Guamanshí

Tutor: Ing. Hugo Marcelo Otáñez Gómez, Mag.

Quito, febrero 2022.



DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Gladys Inés Toaza Guamanshí, con cédula de ciudadanía número 060414347-9, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Gladys Inés Toaza Guamanshí

C.C. 060414347-9

DECLARATORIA

El presente Trabajo de Titulación titulado:

“Evaluación de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Agua Potable perteneciente a la parroquia San Juan, cantón Pueblo Viejo, provincia de los Ríos”

Realizado por:

Gladys Inés Toaza Guamanshí

Como requisito para la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Ha sido dirigido por el profesor

Ing. Hugo Marcelo Otáñez Gómez, Mag.

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

Ing. Hugo Marcelo Otáñez Gómez, Mag.

TUTOR

DECLARATORIA DE PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

Ing. Luis Alberto Soria Núñez, Msc.

Arq. Néstor Andrés Llorca Vega, Msc.

Después de revisar el trabajo presentado,

Lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal
examinador

Luis Alberto Soria Núñez

Néstor Andrés Llorca Vega

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, sin el nada de esto hubiese sido posible, él ha sabido guiarme en esta larga trayectoria universitaria, también a mi mamá María Guamanshí quien es mi ejemplo de perseverancia, mi principal apoyo para culminar mi carrera, tanto económicamente y moralmente, aquella mujer a quien admiro y ha estado siempre conmigo en las buenas y malas y se ha convertido en mi pilar fundamental, a mi papá Andrés Toaza por sus sabios consejos.

A mi esposo Isaac quien se convirtió en mi compañero y confidente dándome siempre su apoyo y ánimos de seguir adelante.

A mi hijo Alhams, quien fue mi motor fundamental de mi día a día.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme y bendecirme en cada paso de mi diario vivir, por darme los conocimientos y voluntad en todo momento y así poder cumplir con éxito este sueño más anhelado, tarea que no ha sido fácil, pero bajo su bendición logre el objetivo, superando diversos obstáculos.

A mi mamá María Guamanshi, quien me ha enseñado con su amor y ejemplo a luchar y cumplir todas las metas propuestas y me apoyado en todo momento día tras día, nunca me cansare de agradecerle por todo su sacrificio, gracias mamá.

A mi padre Andrés Toaza por sus sabios consejos y enseñarme el ejemplo de disciplina y responsabilidad.

A mi esposo Isaac, mi compañero de lucha, quien con su amor puro y sincero me apoyo en todo momento, con sus palabras de fortaleza me animo a seguir con más fuerzas, cuando sentía quebrantarme en momentos difíciles. Gracias esposo por todo, tanto mi mami y tu fueron las personas que siempre estuvieron conmigo apoyándome económicamente y moralmente sin importarles la situación, por ayudarme a cumplir mi meta.

A mi hijo Alhams, por todo su cariño, por ser mi orgullo y motivación para cumplir las metas propuestas, quien me impulsó a superarme, aunque no fue fácil, pero gracias a ti supere todos los obstáculos que se presentaron, gracias por ser mi motor principal.

A mi tutor Ing. Hugo Otáñez, por todas sus enseñanzas en la sala de clases, por guiarme y compartir todos su conocimientos y experiencias en el presente trabajo de investigación y a todos mis profesores de carrera.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó el análisis de vulnerabilidad sísmica de una vivienda ubicada en el barrio agua potable, parroquia San Juan, cantón Pueblo Viejo, a la cual se le sometió a evaluación visual rápida mediante fichas del NEC-15, también se realizó los ensayos no destructivos pertinentes mediante el uso del esclerómetro en las vigas, losas, columnas en sus 3 plantas para diagnosticar su comportamiento utilizando el método de análisis lineal estático, modal espectral y análisis no lineal o pushover, la cual nos permite determinar el desempeño sísmico de la estructura. Para el desarrollo de esta tesis se utilizó la Norma Ecuatoriana de Construcción del año 2015, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3121 (2016-11), Concrete Test Hammer N-6500, sobre todo se utilizó el programa estructural de análisis de elementos finitos SAP 2000, donde se analizó la estructura mencionada anteriormente.

En el capítulo I, se enfoca en el planteamiento y formulación de la investigación, donde abarca la justificación, objetivos, hipótesis, variable dependiente e independiente.

En el capítulo II, contiene definiciones claras y precisas relevante al tema, es decir el marco teórico que contiene información de vulnerabilidad sísmica, análisis lineal estático, análisis modal espectral y análisis no lineal o pushover.

En el capítulo III, se aprecia el levantamiento de información mediante inspección visual rápida con el formulario de la norma NEC-15 y ensayos no destructivos con el esclerómetro para determinar la resistencia a compresión del hormigón de los elementos estructurales (viga, columna, losa).

En el capítulo IV, se contempla la modelación y resultados con el uso del software estructural de elementos finitos.

En el Capítulo V, se concluye con posibles daños encontrados la estructura, finalmente se sugiere posibles soluciones a las fallas presentadas en la vivienda analizada.

PALABRAS CLAVE (4)

Riesgo sísmico, vulnerabilidad sísmica, análisis no lineal, curva de capacidad.

ABSTRACT

In the present research work, the seismic vulnerability analysis of a house located in the Agua Potable neighborhood, San Juan parish, Pueblo Viejo canton, was carried out, which was subjected to a rapid visual evaluation through NEC-15 files, it was also carried out the pertinent non-destructive tests through the use of the sclerometer in the beams, slabs, columns in its 3 floors to demonstrate their behavior using the method of linear static, modal spectral analysis and non-linear or pushover analysis, which allows us to determine the seismic performance of the structure. For the development of this thesis, the Ecuadorian Construction Standard of the year 2015, Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 3121 (2016-11), Concrete Test Hammer N-6500, especially the structural program of finite element analysis SAP 2000 was extracted, where the structure mentioned above was analyzed.

In chapter I, it focuses on the approach and formulation of the research, where it covers the justification, objectives, hypothesis, dependent and independent variable.

Chapter II contains a clear and precise definition relevant to the subject, that is, the theoretical framework that contains information on seismic vulnerability, static linear analysis, spectral modal analysis, and nonlinear or pushover analysis.

In chapter III, the gathering of information is appreciated through rapid visual inspection with the form of the NEC-15 standard and non-destructive tests with the sclerometer to determine the compressive strength of the concrete of the structural elements (beam, column, slab).

In chapter IV, the modeling and results with the use of finite element structural software are contemplated.

In Chapter V, it is concluded with possible damages found in the structure, finally possible solutions to the faults presented in the analyzed house are suggested.

KEY WORDS (4)

Seismic risk seismic vulnerability, nonlinear analysis, capacity curve.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLA	XIII
INDICE DE ILUSTRACIONES	XVII
INDICE DE ECUACIONES	XXI
INDICE DE FOTOGRAFIAS	XXII
INDICE DE ANEXOS	XXIII
CAPITULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCION.....	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.4. JUSTIFICACIÓN	2
1.5. OBJETIVOS	3
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.5.2. OBJETIVO Específicos	3
1.6. ALCANCE	4
1.7. LIMITACIONES	4
1.8. DEFINICION DE VARIABLES.....	4
1.8.1. Dependientes	4
1.8.2. Independientes.....	4
1.9. Relación entre variables	5
1.10. HIPÓTESIS	5

CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. generalidades	6
2.1.1. VULNERABILIDAD SÍSMICA	6
2.1.2. Riesgo sísmico	6
2.1.3. Peligro sísmico	7
2.1.4. Sismicidad en el Ecuador	7
2.1.5. Terremotos en el Ecuador	8
2.1.6. Hormigón o Concreto	10
2.1.7. Acero de Refuerzo.....	10
2.2. Normativa Ecuatoriana de la Construcción	11
2.2.1. Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación (NEC-SE-RE-2015).....	11
2.2.2. Peligro sísmico y diseño sismo resistente. NEC-SE-DS-2015	11
2.2.3. Cargas no sísmicas. NEC-SE-CG-2015.....	11
2.2.4. Hormigón Armado. NEC-SE-HM-2015.....	11
2.2.5. Geotécnica y cimentaciones. NEC-SE-gM-2015”.....	11
2.3. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS	12
2.3.1. CARGA MUERTA.....	12
2.3.2. CARGA VIVA	13
2.3.3. Combinaciones de cargas	13
2.4. Módulo de Elasticidad	14
2.5. Parámetros para el análisis sísmico	16
2.5.1. Zonificación sísmica y factor Z	16
2.5.2. Perfiles de suelos para diseño sísmico	17
2.5.3. Coeficiente de perfil de suelo	18
2.5.4. Espectros elásticos de diseño	19

2.5.5. Determinación del periodo de vibración T	22
2.5.6. Categoría y coeficiente de importancia I	23
2.5.7. Límites permisibles de las derivas de piso	24
2.5.8. Regularidad/ configuración estructural	25
2.5.9. Cortante basal de diseño.....	31
2.5.10. Factor de reducción de resistencia sísmica R	
32	
2.6. Recopilación de información	34
2.6.1. Inspección visual en campo (formulario NEC-15)	34
2.6.2. Ensayo del esclerómetro	40
2.7. Métodos de análisis sísmico.....	45
2.7.1. Análisis estático lineal	45
2.7.2. Análisis modal espectral.....	47
2.7.3. Modos de vibración	47
2.7.4. Análisis no lineal o pushover	48
CAPITULO III	54
LEVANTAMIENTO DE INFORMACION	54
3.1. metodología.....	54
3.2. Recoleccion de información.	54
3.2.1. Inspección visual rápida.	54
3.3. Selección de la vivienda tipo para el análisis de desempeño.....	57
3.4. ensayo no destructivo con el Esclerómetro.	60
3.4.1. Resultados promedios de las lecturas de rebotes.....	61
3.4.2. Calculo de la resistencia a compresion del hormigón sin considerar el factor de corrección.	63
3.4.3. Calculo de la Resistencia a compresion considerando el factor de correccion.	

3.4.4. RESUMEN FINAL DEL CALCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

66

CAPITULO IV.....	67
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	67
4.1. datos de la estructura tipo	67
4.1.1. MATERIAL DE LA ESTRUCTURA.....	68
4.1.2. Módulo de Elasticidad.	69
4.1.3. Resistencia a fluencia del acero.....	69
4.1.4. ejes de los elementos estructurales.	70
4.1.5. Agrietamientos de columnas y vigas.	71
4.1.6. Calculo de cargas.....	72
4.1.7. Carga Viva.....	77
4.2. Análisis sísmico con los parámetros de la Norma NEC-15.	78
4.2.1. Zonificación sísmica, factor z.	78
4.2.2. Zona geográfica.	79
4.2.3. Coeficiente del perfil de suelos.....	79
4.2.4. Razón entre la aceleración espectral S_a y el PGA (η).	80
4.2.5. CALCULO DEL Periodo de vibración.....	80
4.2.6. Espectro Elástico.....	82
4.2.7. Peso sísmico.	83
4.2.8. Coeficiente estático.	83
4.2.9. Cortante basal de diseño V.	84
4.2.10. Espectro elástico de aceleraciones NEC-15.	
84	
4.3. Modelación.....	85
4.3.1. Unidades	85

4.3.2. Creación de ejes.....	85
4.3.3. Creacion del material.....	87
4.3.4. CREACION DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	98
4.3.5. Agrietamiento.....	99
4.3.6. Modelamiento de losas.....	101
4.3.7. Definicion de cargas.....	102
4.3.8. PESO SISMICO.....	102
4.3.9. Colocación de cargas.....	103
4.3.10.Creación de diafragmas. 106	
4.3.11.COLOCACIÓN DEL ESPECTRO NEC 2015. 107	
4.3.12.coeficiente estático. 108	
4.3.13.Combinaciones de carga de la nec-15. 108	
4.4. RESULTADOS.....	109
4.4.1. Análisis estático lineal.....	109
4.4.2. Análisis estático no lineal (pushover).....	115
4.4.3. Ingreso de rotulas plásticas.....	117
4.4.4. Resultados de Análisis Estático no lineal.....	120
CAPITULO V.....	124
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
5.1. CONCLUSIONES.....	124
5.2. RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	126
ANEXOS.....	128

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Combinaciones de cargas.....	13
Tabla 2. Combinaciones de cargas de diseño.	14
Tabla 3. Valores del Módulo de Elasticidad.....	15
Tabla 4. Valor del factor Z de la zona sísmica adoptada.	16
Tabla 5. Clasificación de los perfiles de suelos.....	17
Tabla 6. Tipo de suelo y factores de sitio Fa.....	18
Tabla 7. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd.....	18
Tabla 8. Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs...	19
Tabla 9. Factor r según la ubicación geográfica del proyecto.	21
Tabla 10. Valores de aceleraciones espectrales.....	21
Tabla 11. Coeficiente Ct y α	23
Tabla 12. Tipo de uso e importancia.	23
Tabla 13. Valores de ΔM máxima, expresados como fracción de la altura de piso. .	24
Tabla 14. Configuración estructural recomendada.....	25
Tabla 15. Configuración estructural no recomendada.....	26
Tabla 16. Coeficiente de irregularidad en planta.....	28
Tabla 17. Coeficiente de irregularidad en elevación.	30
Tabla 18. Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles.	33
Tabla 19. Coeficiente R para sistemas estructurales de ductilidad limitada.....	34
Tabla 20. Formulario de evaluación rápida de la NEC-15.....	35
Tabla 21. Datos básicos del formulario de evolución rápida NEC-15.	36
Tabla 22. Datos del evaluador del formato de evaluación rápida NEC-15.....	36

Tabla 23. Esquema estructural de la planta y elevación del formato de evaluación rápida NE-15.	37
Tabla 24. Fotografía de la estructura evaluada del formato de evaluación rápida NEC-15.....	37
Tabla 25. Tipos de estructuras.....	38
Tabla 26. Modificadores del formato de Inspección visual rápida NEC-15.	39
Tabla 27. Nivel de vulnerabilidad de la estructura.....	40
Tabla 28. Observaciones de la estructura evaluada.	40
Tabla 29. Pasos para selección del área de prueba para el ensayo del esclerómetro.	42
Tabla 30. Preparación de la superficie para el ensayo del esclerómetro.....	43
Tabla 31. Prueba de ensayo del esclerómetro.....	43
Tabla 32. Factor de corrección.....	45
Tabla 33. Metodología de análisis estático.	46
Tabla 34. Nivel de desempeño de la estructura.....	53
Tabla 35. Datos de la evaluación visual rápida para el análisis de vulnerabilidad sísmica.	59
Tabla 36. Resultado de rebotes del ensayo del esclerómetro Piso 1.....	61
Tabla 37. Resultado de rebotes del ensayo del esclerómetro Piso 2.....	62
Tabla 38. Resultado de rebotes del ensayo del esclerómetro Piso 3.....	62
Tabla 39. Resultados de del $f'c$ del hormigón de los elementos estructurales del Piso 1.	63
Tabla 40. Resultado de la resistencia a compresión del piso 1.....	63
Tabla 41. Resultado de la resistencia a compresión del piso 2.....	64
Tabla 42. Resultado de la resistencia a compresión del piso 3.....	64
Tabla 43. Resistencia a compresión del hormigón corregido piso 1.	65
Tabla 44. Resistencia a compresión del hormigón corregido piso 2.	65

Tabla 45. Resistencia del hormigón corregido piso 3.....	65
Tabla 46. Resistencia a compresión final de los elementos estructurales de la vivienda tipo.....	66
Tabla 47. Dimensiones de los elementos estructurales de la vivienda.	68
Tabla 48. Resumen de la resistencia a compresión de la estructura.	68
Tabla 49. Resumen del cálculo del módulo de elasticidad de la estructura.	69
Tabla 50. Acero mínimo.	70
Tabla 51. Dimensiones de las columnas de la estructura.	70
Tabla 52. Dimensiones de las vigas de la estructura.	71
Tabla 53. Dimensiones de las losas de la estructura.	71
Tabla 54. Factor de agrietamiento para las columnas y vigas de la estructura.....	71
Tabla 55. Peso de las columnas del piso 1.	72
Tabla 56. Peso de las columnas del piso 2,3.	72
Tabla 57. Peso de las vigas del piso 1,2,3.....	72
Tabla 58. Calculo del peso de la losa por metro cuadrado.	73
Tabla 59. Resumen del cálculo del peso de la losa de la estructura.....	73
Tabla 60. Resultados del peso de la mampostería.	74
Tabla 61. Cálculo del peso de la mampostería del piso 1.....	74
Tabla 62. Cálculo del peso de la mampostería del piso 2.	75
Tabla 63. Cálculo del peso de la mampostería del piso 3.	75
Tabla 64. Valores del peso de la cerámica.	76
Tabla 65. Resumen del cálculo de acabados de la estructura.....	76
Tabla 66. Resumen de la carga muerta total de la estructura.....	77
Tabla 67. Carga viva para bodegas de acuerdo a la NEC-15.....	77
Tabla 68. Carga viva de las bodegas de acuerdo a la NEC-15.....	77
Tabla 69. Resumen de la carga viva.....	78

Tabla 70. Factor Z de la zona analizado.	78
Tabla 71. Nivel de zona sísmica.	78
Tabla 72. Tipo de suelo.....	79
Tabla 73. Valor del coeficiente de amplificación.	79
Tabla 74. Valor de amplificación de las ordenadas del espectro.	79
Tabla 75. Valor de comportamiento no lineal.	80
Tabla 76. Valor de la relación de amplificación espectral.	80
Tabla 77. Coeficiente de la estructura.....	80
Tabla 78. Coeficiente de reducción sísmica.....	81
Tabla 79. Datos de la estructura.	81
Tabla 80. Peso total de toda la estructura.....	83
Tabla 81. Datos para calcular el coeficiente estático.	83
Tabla 82. Calculo manual de las fuerzas laterales de cada piso.....	109
Tabla 83. Comprobación de las cargas laterales por niveles.....	110
Tabla 84. Calculo manual del peso de cada piso.....	110
Tabla 85. Comparación del cálculo manual y el SAP 2000.....	111
Tabla 86. Modales de la estructura NEC 2015 con el programa SAP 2000.....	113
Tabla 87. Calculo de derivas en sentido x.	114
Tabla 88. Calculo de derivas en sentido y.	114

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del sismo.....	7
Ilustración 2 Terremoto de San Lorenzo Esmeraldas.....	8
Ilustración 3 Terremoto de Pedernales.....	9
Ilustración 4 Hormigón o concreto.	10
Ilustración 5. Varilla corrugada.	10
Ilustración 6. Elementos estructurales de una vivienda.....	12
Ilustración 7. Zonas sísmicas valor del factor Z en el Ecuador.....	16
Ilustración 8. Espectro de diseño elástico.....	19
Ilustración 9. Irregularidad en planta.....	27
Ilustración 10. Irregularidad en elevación en una estructura	29
Ilustración 11. Ensayo del esclerómetro.....	41
Ilustración 12. Equipos para el ensayo del esclerómetro.....	42
Ilustración 13. Diagrama para obtener la Resistencia a compresión del hormigón. 44	
Ilustración 14. Distribución de fuerzas laterales.....	46
Ilustración 15. Análisis modal espectral.....	47
Ilustración 16. Modos de vibración y comportamiento dinámico.....	47
Ilustración 17. Técnica del pushover.	49
Ilustración 18. Curva de capacidad.....	50
Ilustración 19. Columnas cortas con losas en niveles intermedios.	50
Ilustración 20. Ductilidad de estructura de hormigón armado.	51
Ilustración 21. Niveles de desempeño.	52
Ilustración 22. Cantidad de viviendas encuestados con el formulario NEC-15.....	55
Ilustración 23. Tipos de estructuras del barrio analizado.....	56
Ilustración 24. Tipologías de las viviendas de la zona analizada en porcentaje.	56
Ilustración 25. Grado de vulnerabilidad sísmica.	57

Ilustración 26. Diagrama del espectro elástico.	84
Ilustración 27. Unidades del software SAP 2000.	85
Ilustración 28. Definición de ejes en el SAP 2000.	86
Ilustración 29. Vista en planta de ejes en el SAP 2000.	86
Ilustración 30. Creación de las resistencias del hormigón para cada elemento.....	87
Ilustración 31. Creación del módulo de elasticidad por cada elemento.	87
Ilustración 32. Creación del esfuerzo de fluencia del Acero.	88
Ilustración 33. Definición de las propiedades de la Columna piso 1, de 30x30 cm. 89	
Ilustración 34. Definición de las propiedades de la Columna piso 2, de 25x25 cm.. 90	
Ilustración 35. Definición de las propiedades de la Columna piso 3, de 25x25 cm.. 91	
Ilustración 36. Definición de las propiedades de la viga 30x20 del piso 1.	92
Ilustración 37. Definición de las propiedades de la viga 30x20 del piso 2.	93
Ilustración 38. Definición de las propiedades de la viga del piso 3.	94
Ilustración 39. Definición de las propiedades de la losa e=20 cm del piso 1.	95
Ilustración 40. Definición de las propiedades de la losa del piso 2, e=20 cm.	96
Ilustración 41. Definición de las propiedades de la losa de e=20 cm piso 3.	97
Ilustración 42. Creación de la columna del piso 1.....	98
Ilustración 43. Creación de las columnas de 25x25 cm.	98
Ilustración 44. Creación de vigas en el SAP 2000.	99
Ilustración 45. Colocación del factor de agrietamientos en columnas.	99
Ilustración 46. Creación de agrietamientos en vigas.	100
Ilustración 47. Definición de los elementos estructurales.	100
Ilustración 48. Base de las columnas empotradas.....	101
Ilustración 49. Creación de la losa.....	101
Ilustración 50. Definición de cargas en el SAP 2000 de la estructura.....	102
Ilustración 51. Definición del peso sísmico.	102

Ilustración 52. Asignación de la carga viva para el local.....	103
Ilustración 53. Asignación de la carga viva en bodega.	104
Ilustración 54. Definición de la carga viva para la vivienda.....	105
Ilustración 55. Asignación de la carga muerta.	106
Ilustración 56. Creación de diafragmas para cada piso.	106
Ilustración 57. Asignar para dar rigidez.	107
Ilustración 58. Ingreso del espectro NEC-15.	107
Ilustración 59. Coeficiente estático C y K en y.....	108
Ilustración 60. Colocación de la combinación de carga de la NEC-15.....	108
Ilustración 61. Fuerza de cada piso extraída del SAP2000.	109
Ilustración 62. Peso de la estructura del SAP 2000.....	110
Ilustración 63. Resultados del cortante basal.	111
Ilustración 64. Corrección del factor en sentido y.	112
Ilustración 65. Cortante basal corregidos.....	112
Ilustración 66. Comprobación de la participación de modales.	113
Ilustración 67. Creación de la carga gravitacional no lineal.	115
Ilustración 68. Creación del análisis no lineal.	116
Ilustración 69. Convergencia del AENL a 10 iteraciones.	116
Ilustración 70. Espectro de AENL.	117
Ilustración 71. Aplicación de las rotulas plásticas.	118
Ilustración 72. Columnas con Rotulas plásticas vista 3D.....	118
Ilustración 73. Aplicación de rotulas plásticas.....	119
Ilustración 74. Vigas con la colocación de las rotulas plásticas.	119
Ilustración 75. Curva de capacidad.....	120
Ilustración 76. Método del coeficiente FEMA 356 R=1, en sentido x.....	121
Ilustración 77. Método del coeficiente FEMA 356 R=1, en sentido y.	121

Ilustración 78. Curva FEMA 440 en x.	122
Ilustración 79. Curva de capacidad FEMA 440.....	122
Ilustración 80. Rotulas plásticas, nivel 7.	123
Ilustración 81. Rotulas plásticas en sentido y.	123
Ilustración 82. Columna del piso 2.....	141
Ilustración 83. Viga del piso 2.....	141
Ilustración 84. Losa del piso 2.	142
Ilustración 85. Columna del piso 3.....	142
Ilustración 86. Viga del piso 3.....	143
Ilustración 87. Losa del piso 3.	143

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Para calcular módulo de elasticidad.	14
Ecuación 2. Espectro de respuesta elástico de aceleración para $0 \leq T \leq T_c$	20
Ecuación 3. Espectro de respuesta elástico de aceleración para $T > T_c$	21
Ecuación 4. Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleración.	22
Ecuación 5. Espectro de respuesta elástico de aceleración para $0 \leq T \leq T_o$	22
Ecuación 6. Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico para $T > T_c$	22
Ecuación 7. Periodo de vibración T	22
Ecuación 8. Deriva máxima inelástica.	24
Ecuación 9. Regla para comprobar las derivas máximas.	24
Ecuación 10. Coeficiente de regularidad en planta.	29
Ecuación 11. Coeficiente de regularidad en elevación.	31
Ecuación 12. Cortante basal de diseño.	31
Ecuación 13. Factor de corrección.	45
Ecuación 14. Método de superposición modal.	48
Ecuación 15. Para corregir el método de superposición modal.	48
Ecuación 16. Módulo de elasticidad.	69
Ecuación 17. Acero mínimo.	70
Ecuación 18. Calculo del periodo de vibración.	82
Ecuación 19. Calculo del espectro elástico.	82
Ecuación 20. Calculo del espectro elástico.	82
Ecuación 21. Calculo del coeficiente basal.	83
Ecuación 22. Calculo del cortante basal.	84
Ecuación 23. Ecuación de la carga muerta.	115

Ecuación 24. Aplicación de control.....	116
--	-----

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Fachada posterior y lateral de la casa tipo.....	58
Fotografía 2. Inspección visual de la casa tipo.....	58
Fotografía 3. Cuadriculas de ensayo.....	60
Fotografía 4. Toma de lecturas en columna, viga y losa.	60
Fotografía 5. Ensayo del esclerómetro de la columna del piso 3.	61
Fotografía 7. Vista frontal de la vivienda.	67
Fotografía 8. Inspección visual rápida de las casas del barrio Agua Potable.	128
Fotografía 9. Levantamiento geométrico de las viviendas.	129
Fotografía 10. Toma de medidas de la columna.	139
Fotografía 11. Marcación de los puntos de rebote.	139
Fotografía 12. Colocación del esclerómetro a 0° con el nivel para el impacto.	140
Fotografía 13. Tomando la lectura del impacto.	140

INDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Levantamiento de información.....	128
Anexos 2. inspección visual rápido de las casas del barrio Agua Potable.	130
Anexos 3. Ensayo del esclerómetro.	139
Anexos 4. Diagramas de la obtención de la resistencia a compresión del hormigón.	141

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

Para el adecuado comportamiento de las estructuras en el Ecuador se utiliza el código ACI 318-14 conjuntamente con la Norma ecuatoriana de la construcción del año 2015 las cuales establecen ciertos parámetros para el diseño de estructuras de hormigón armado con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de la edificación ante la presencia de un posible sismo inesperado, ya que el Ecuador tiene riesgo sísmico alto.

Las normas mencionadas anteriormente establecen los valores de las cuantías de acero para el refuerzo transversal y longitudinal que deben tener los elementos estructurales como es la viga, columna y losa, donde varía según la zona donde se ubica la estructura por ende es importante conocer el tipo de suelo para el análisis del espectro.

La finalidad de realizar diseño estructural de las viviendas es para dar seguridad y vida útil larga, tomando en cuenta siempre todas las cargas que actúan, cumpliendo con la resistencia del hormigón especificados en las normas según el tipo de uso.

1.2. ANTECEDENTES

Ecuador es un país con mayor liberación de energía sísmica, pues esta sobre el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, por ende, los sismos se presentan con frecuencia. Como el terremoto del 16 de abril del 2016, con una magnitud de 7.8 grados en la escala de Richter, afectando principalmente a las provincias de Manabí y Esmeraldas, este movimiento ocasiono daños estructurales, pérdidas humanas y la ausencia de servicios básicos por varias horas, debido a la carencia de especialistas capacitados en las etapas de diseño y construcción. Los Ríos también fue azotado por este fenómeno perjudicando a varias estructuras de la zona.

Con lo mencionado anteriormente la “parroquia San Juan, cantón Pueblo Viejo, se encuentra dentro de la cuenca río Guayas y está ubicada entre el Arco Volcánico Andino y la zona de subducción (posición de ante-arco), en el margen activo de América del Sur” (Saltos, 2019), ante esta problemática se requiere un análisis de vulnerabilidad de las viviendas de la zona con el fin de mitigar futuros daños estructurales ante la presencia de un posible sismo.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ecuador está ubicado sobre diversas fallas tectónicas, provocando grandes movimientos de suelos. El sismo del año 2016 del cantón Pedernales de magnitud 7.8 grados en la escala de Richter, donde el barrio Agua Potable, “parroquia San Juan, provincia de los Ríos” también sufrió daños en sus infraestructuras ocasionados por el sismo.

Por ende, el barrio Agua Potable se encuentra en riesgos de sufrir consecuencias de un posible sismo, ya que se puede evidenciar viviendas levantadas sin planos estructurales y construidas únicamente con la habilidad de un albañil, que no tiene conocimiento de sismo resistencia. (Saltos, 2019).

Varias construcciones se pueden observar que son levantadas por etapas, lo cual afecta en la consistencia de los materiales de construcción y por ende merma las cualidades de resistencia de los materiales. Por tal motivo se ve la necesidad de realizar un estudio del comportamiento estructural de las viviendas.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El Ecuador es un país tectónicamente activo y con alta sismicidad por lo cual necesita tener estructuras seguras y resistentes al estar ubicado en una de las zonas de mayor peligrosidad sísmica del mundo, por lo que en los diseños estructurales deben considerar a los sismos, especificados en las normas de sismo resistencia.

“Según el Instituto Geofísico de la EPN el cantón Pueblo Viejo está relacionado con los procesos de subducción de la placa Nazca bajo la Placa Sudamericana, originada en una zona de alta sismicidad (Zona de Benioff), que se inclina hacia el

continente y donde las profundidades de los sismos se incrementan en el sentido de la inclinación, pudiendo alcanzar más de los 200 km". (Saltos, 2019)

Con lo mencionado anteriormente se da la necesidad de realizar esta investigación de vulnerabilidad sísmica en "San Juan, barrio Agua Potable" al ser una zona costera posee materiales de mala calidad, como la presencia de sal en el agua que perjudica en la combinación de los materiales, también en la arena existen impurezas que reducen la calidad del hormigón, como no decir de la humedad debido al clima en las viviendas que causan daños severos como la carbonatación.

En este proyecto se pretende contribuir a determinar las posibles deficiencias de las estructuras, mediante un análisis a los elementos estructurales (viga, columna, losa) que conforman las viviendas, para dar a conocer a las autoridades y habitantes de la zona, con la finalidad de "cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad de resistir de la estructura" ante un sismo y así puedan implementar sistemas de alerta temprana

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Agua Potable, "parroquia San Juan, cantón Pueblo Viejo, provincia Los Ríos", mediante el uso de fichas y análisis lineal estático y no lineal o pushover para conocer el desempeño sísmico resistente de la estructura.

1.5.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

Levantar información en campo mediante el uso del formulario de evaluación rápida de la norma NEC-15 para determinar la vulnerabilidad sísmica de la vivienda.

Realizar ensayos no destructivos mediante el uso del esclerómetro para determinar la resistencia a compresión del hormigón en la vivienda tipo.

Analizar la vivienda por medio del método lineal, modal espectral mediante un software de análisis estructural para determinar el cumplimiento de los requisitos sísmico resistentes de la NEC.

Analizar la vivienda por medio del método no lineal o pushover mediante un software de análisis estructural para determinar el desempeño sísmico de la estructura.

1.6. ALCANCE

El alcance de este trabajo de investigación, es conocer el estado de la vivienda tipo del barrio Agua Potable que permite determinar la relación que existe entre el tema y las variables para un correcto entendimiento del comportamiento de la estructura ante un sismo.

1.7. LIMITACIONES

Una de las limitaciones en esta investigación fue poca información de la vivienda de diseño es decir no tiene plano estructural donde especifiquen detalladamente el material empleado, las secciones y tipo de armado de los elementos estructurales como son, columnas, vigas y losas. También carece de estudios de suelos, que permita conocer las características físicas químicas y mecánicas del terreno.

Al no contar con todos los parámetros de diseño se guía únicamente con las especificaciones de la norma ecuatoriana de construcción.

1.8. DEFINICION DE VARIABLES

1.8.1. DEPENDIENTES

Vulnerabilidad Sísmica

1.8.2. INDEPENDIENTES

- Características de los materiales de construcción
- Configuración estructural
- Tipo de suelo

1.9. RELACIÓN ENTRE VARIABLES

La vulnerabilidad sísmica cuantifica los daños que sufren las estructuras, los posibles riesgos se presentan por las características de los materiales de construcción, configuración estructural y tipo de suelo que influyen directamente en el análisis estructural y su resultado.

1.10. HIPÓTESIS

Las viviendas del barrio Agua Potable, parroquia San Juan, provincia Los Ríos tienen alto grado de vulnerabilidad sísmica.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. VULNERABILIDAD SÍSMICA

Vulnerabilidad sísmica es un daño que sufre los elementos estructurales o no estructurales, es decir grado de pérdida que la edificación sufre ante un sismo, evidenciando la mala resistencia de la edificación, muchas veces se debe por la mala calidad de los materiales o a su vez por la construcción informal. (Aguiar R. , Análisis sísmico por desempeño, 2003)

Para disminuir la inseguridad de las edificaciones, se realiza las evaluaciones pertinentes, para revisar el desempeño estructural y así prever futuras fallas, ya que muchas veces los problemas son arquitectónicos e irregularidades.

Al presentarse irregularidad en una edificación lo convierte en versátil ante un futuro sismo, debido a la falta de control al ejecutar el diseño y en la fase de construcción.

2.1.2. RIESGO SÍSMICO

El riesgo sísmico son probabilidades de daños en las estructuras y pérdidas de vidas humanas ante un sismo en un periodo de tiempo, son medidas que combina el peligro sísmico con la vulnerabilidad. (Aguiar R. , Análisis sísmico por desempeño, 2003)

El riesgo sísmico puede ser menor si se realiza una evaluación estructural anticipada, para estimar las pérdidas potenciales ante un sismo, las ciudades que mantienen un alto riesgo son Quito, Guayaquil y Esmeraldas y aquellas viviendas que son informales y no tienen consideraciones de códigos y normativas de construcción.

2.1.3. PELIGRO SÍSMICO

Peligro sísmico es un posible suceso de un evento sísmico natural de cierta intensidad, en un lapso determinado de tiempo, ocurridas en cualquier zona inesperadamente (Aguilar R. , Microzonificación Sísmica de Quito, 2013).

El sismo se genera en el hipocentro que está cerca del epicentro que es la superficie terrestre, se puede observar en la siguiente imagen lo mencionado anteriormente.

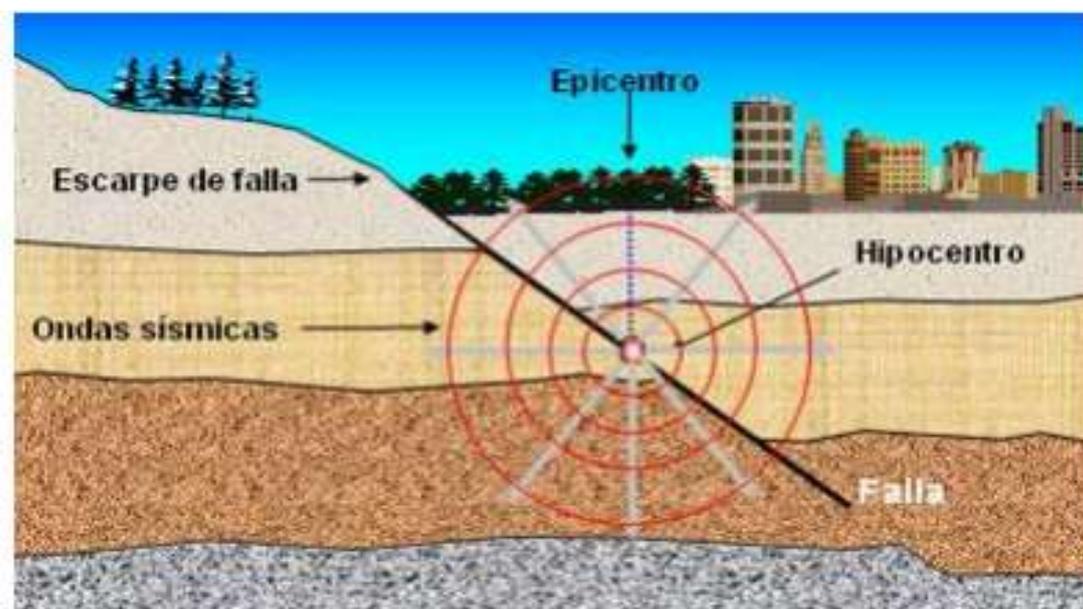


Ilustración 1. Ubicación del sismo.

Fuente: (Google,2015).

2.1.4. SISMICIDAD EN EL ECUADOR

La actividad sísmica del Ecuador es bien alta porque esta sobre el cinturón de "Fuego del Pacífico" generada por la subducción de la placa Nazca. La costa ecuatoriana está dentro del hipocentro superficial, convirtiéndose en una de las zonas más peligrosas ante un fenómeno natural como es el sismo, tampoco se puede obviar a la sierra y el oriente a pesar de que el peligro es bajo.

Ecuador está expuesto a un peligro sísmico demasiado alto debido a que se encuentra sobre varios volcanes muchos de ellos están activos, las cuales representan una amenaza por estar dentro de las placas tectónicas, es decir al chocarse uno de ellos liberan energía violentamente por sufrir el rompimiento

provocando los sismos con límite de tiempo indefinido como puede ser, minutos, días o semanas.

2.1.5. TERREMOTOS EN EL ECUADOR

En el Ecuador se presentan una gran variedad de sismos y los de mayor magnitud han ocurrido en:

2.1.5.1. Esmeraldas

Este terremoto ocurrió el 31 de enero de 1906, siendo uno de los más fuertes en el mundo, a una profundidad de magnitud 8.8 en escala de Richter, seguido de ello se produjo un fuerte tsunami con la presencia de 2 olas en su debido tiempo aproximadamente de 6 metros. La segunda ola fue la más fuerte, que ocasiono múltiples daños materiales, como la desaparición de ciertos sectores cercanos al mar (INOCAR -2012).

Se puede deducir que fue uno de los sismos más fuertes que imposibilitaba a las personas a mantenerse de pie, y el constante movimiento de las edificaciones.

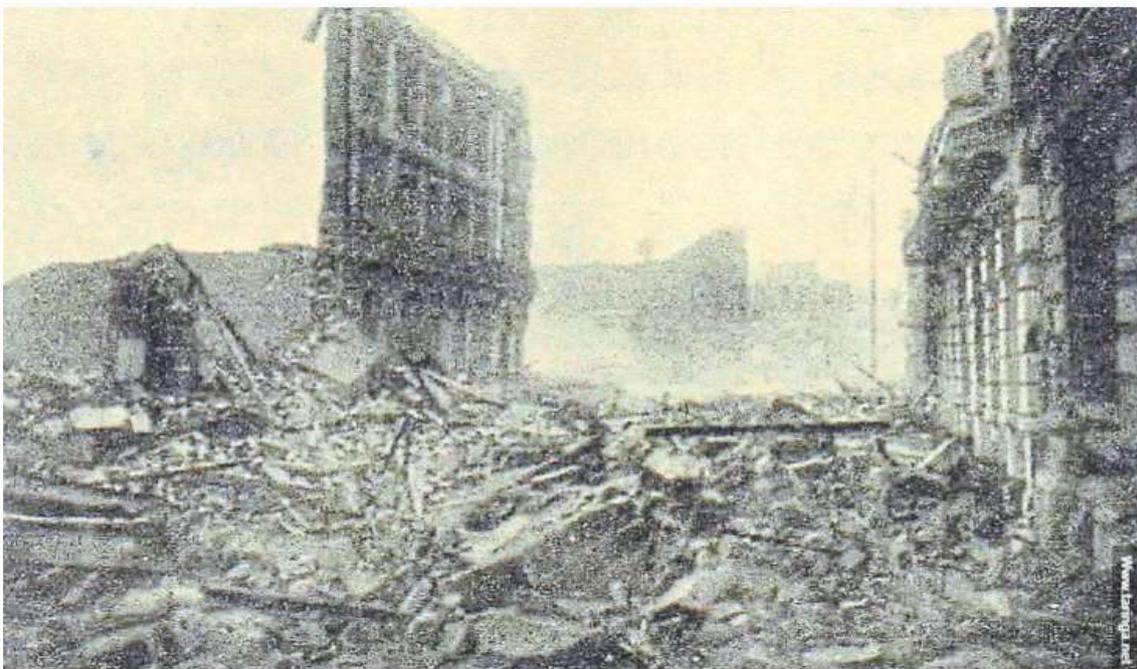


Ilustración 2 Terremoto de San Lorenzo Esmeraldas.

Fuente: (El Comercio, enero 2021).

2.1.5.2. Santa Elena

El 2 de octubre de 1933 de magnitud 6.9 en escala de Richter se localizó en Santa Elena, con epicentro a 110 km de la ciudad de Guayaquil. En todo el sector se produjo fuertes oscilaciones del nivel del mar y grandes olas, pero después del sismo el mar regreso a su normalidad a las 13: 00 horas (INOCAR ,1992).

En este tsunami se presentó daño material por la inundación que sufrió el sector afectado,

2.1.5.3. Pedernales

Este fenómeno se dio el 16 de abril del 2016 a las 6:58 pm hora local, de magnitud 7,8 en escala de Richter, a una profundidad de 20 km, la cual duro 75 segundos que fue por la subducción de las placas. (INOCAR -2010).

Donde se evidencio que varias zonas fueron afectadas sufriendo daños estructurales por la construcción informal.



Ilustración 3 Terremoto de Pedernales.

Fuente: Desastres Naturales Ecuadore,25 junio 2016)

2.1.6. HORMIGÓN O CONCRETO

Es una pasta con la combinación de agua, cemento y agregados finos y gruesos, la cual ayuda a los elementos estructurales a resistir os esfuerzos por compresión que generan las cargas y también sirven como recubrimiento a los aceros de refuerzos.



Ilustración 4 Hormigón o concreto.

Adaptado de: <https://sites.google.com/site/alejosuarezbook/concreto-o-hormigon>

2.1.7. ACERO DE REFUERZO

Son elementos importantes para la construcción es decir estas varillas sirven para reforzar estructuras que están sometidos a cargas, se colocan en el concreto las mismas trabajan a tensión y compresión. Existen diferentes tipos de aceros que varían por su forma.



Ilustración 5. Varilla corrugada.

Adaptado de: Novacero.com.

2.2. NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

La norma tiene como objetivo determinar los requisitos de construcción necesarios para el proceso de evaluación sísmica del presente informe, se utiliza la normativa ecuatoriana de la construcción del año 2015, que es la más vigente y dentro de ellos están las siguientes:

2.2.1. RIESGO SÍSMICO, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN (NEC-SE-RE-2015)

Esta norma trabaja en conjunto con la norma NEC-SE-DS-2015, que sirve para la rehabilitación de las estructuras existentes aplicando las especificaciones indicadas en las normas para un correcto desempeño.

2.2.2. PELIGRO SÍSMICO Y DISEÑO SISMO RESISTENTE. NEC-SE-DS-2015

Esta norma contiene los lineamientos para el diseño de la estructura es decir los requisitos técnicos necesarios y sus metodologías, también las especificaciones básicas y mínimas para el cálculo y dimensionamientos de la estructura que está sometido a cargas sísmicas.

2.2.3. CARGAS NO SÍSMICAS. NEC-SE-CG-2015

Contienen cargas no sísmicas como su nombre o indica las cuales se deben considerar para el análisis estructural como cargas permanentes, cargas variables, accidentales y combinaciones de cargas.

2.2.4. HORMIGÓN ARMADO. NEC-SE-HM-2015

Son normas para el diseño de estructuras de hormigón armado donde especifican para lo mencionado, cumpliendo con técnicas de normativas nacional e internacional.

2.2.5. GEOTÉCNICA Y CIMENTACIONES. NEC-SE-GM-2015

Contiene criterios técnicos para el estudio geotécnico que está basado en el estudio de los subsuelos, geomorfológico del sitio y sus características estructurales, para un adecuado diseño de cimentaciones futuras.

En la siguiente investigación se va utilizar con frecuencia las normas de peligro sísmico y diseño sismo resistente, para emplear los requisitos mínimos o máximos que establecen las normativas, para el cumplimiento de las estructuras con diseño sismo resistente.

2.3. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS

Para el diseño de la edificación se considera las diferentes cargas que actúan en la estructura como son las cargas muertas y vivas, la norma (NEC-SE-CG, 2015) de cargas no sísmicas definen lo siguiente:

2.3.1. CARGA MUERTA

Son elementos que están presentes permanentemente durante todo su tiempo de vida, son partes de la estructura inmovibles que generan su peso propio como son:

- Las columnas
- Vigas
- Techos
- Acabados arquitectónicos.

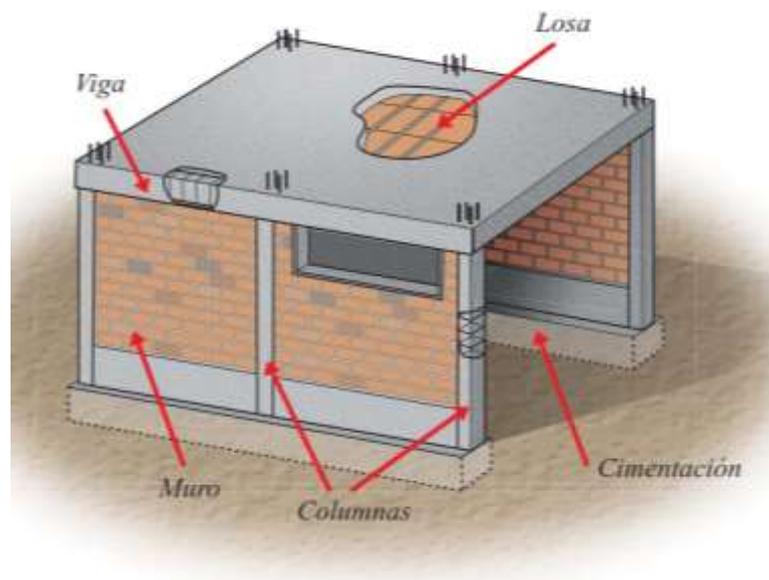


Ilustración 6. Elementos estructurales de una vivienda.

Adaptado de: Aceros Arequipa-Perú.

2.3.2. CARGA VIVA

Son cargas que se da de acuerdo al uso que se diseña a la edificación es decir son elementos manejables para su movimiento, como el peso de las personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, y otras.

2.3.3. COMBINACIONES DE CARGAS

Las combinaciones de cargas son funciones con diferentes casos de cargas que especifican en los códigos de construcción, donde se multiplican por un factor a las cargas.

Para el diseño de estructuras la norma (NEC-SE-CG, 2015) de cargas no sísmicas, indican varias combinaciones para el diseño de las estructuras la cual se debe considerar al realizar su análisis, como muestra la Tabla 1.

Tabla 1. Combinaciones de cargas.

N°	Combinación	Significado
1	1.4D	D = Permanente
2	1.2D+1.6L+0.5max(Lr; S;R)	E = Carga de sismo
3	1.2D+1.6L+0.5max(Lr; S;R)+max(L:0.5W)	L =Sobrecarga (carga viva)
4	1.2D+1.0W+L+0.5max(Lr; S; R)	Lr =Sobrecarga cubierta (carga viva)
5	1.2D+1.0E+L+0.2S	S =Carga de granizo
6	1.2D+1.0E+L+0.2S	W = Carga de viento
7	0.9D+1.0E	

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015) , cargas no sísmicas, sección 3.4.1.

La combinación mencionada anteriormente no se utiliza para realizar el análisis estructural al realizar la modelación se rigen en las cargas del sismo que actúa en sentido derecha, izquierda y contrariamente, excluyendo las de viento y granizo, que está en la tabla 2.

Tabla 2. Combinaciones de cargas de diseño.

N°	Combinación
1	1.2D+1.6L
2	1.2D+Ex+L
3	1.2D-Ex+L
4	1.2D+Ey+L
5	1.2D-Ey+L
6	0.9D+Ex
7	0.9D-Ex
8	0.9D+Ey
9	0.9D-Ey

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015) ,cargas no sísmicas, sección 3.4.1.

2.4. MÓDULO DE ELASTICIDAD

También se le conoce como “módulo de Young” es un dato importante para el diseño de la estructura, y sirve para encontrar la rigidez del material como su desplazamiento. Se puede decir que es un valor importante y necesario para el análisis estructural porque nos ayuda a determinar las derivas de piso, deflexiones, agrietamientos en los miembros estructurales

Este valor se encuentra con la relación de la resistencia a compresión del hormigón. La norma (NEC-SE-HM, 2015), de hormigón armado, recomienda el uso de la ecuación 1, para hormigones de densidades normales, que es referenciado del código ACI 318.

$$E_c = 4,7 * \sqrt{f'_c}$$

Ecuación 1. Para calcular módulo de elasticidad.

Fuente: ACI-318.

La fórmula del módulo de elasticidad que indica el ACI-318, se viene utilizando durante varias décadas en todo el país, sin tomar en cuenta que las propiedades de los materiales de nuestro país varían según la cantera y la zona de

donde se extrae. Por lo cual han realizado varios estudios en laboratorios autorizados.

En la investigación realizado por la “Universidad Central del Ecuador”, utilizan agregados de varias canteras de diferentes lugares como se menciona anteriormente, en la tabla 3, se puede visualizar los resultados que obtuvieron en el laboratorio de ensayos de materiales de la “Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemáticas”.

Tabla 3. Valores del Módulo de Elasticidad.

CANTERA	f'c requerido kg/cm2	Módulo de Elasticidad kg/cm2		
		ACI 318	ACI 363	ASTM C469M-10
Pifo (Pichincha)	210	85004,00	130634,00	20758,43
	240	92751,00	136124,00	19852,11
	260	90386,00	134448,00	20358,24
	280	86335,00	131577,00	21206,14
	300	96934,00	139089,00	20863,14
Guayllabamba (Pichincha)	210	217813,50	222859,70	131166,60
	300	236850,70	236307,30	134801,20
San Antonio (Pichincha)	210	240422,07	240765,31	125433,69
	240	242127,55	241973,32	124655,35
	280	245669,06	244483,37	124562,79
	300	247173,20	245549,20	123430,40
	320	248741,86	246660,79	129721,16
Mitad del Mundo (Pichincha)	200	213419,00	218799,40	115058,90
	220	244182,70	229145,90	134473,20
	240	244182,00	240392,00	138423,00
	300	247173,20	245549,22	123430,37
Mina San Roque (Imbabura)	210	242823,20	240523,70	143680,70
	280	260910,00	253302,40	148180,70
Mina Copeto (Santo Domingo)	210	226050,00	220680,00	215100,00
	280	243100,00	240720,00	238010,00
Area Minera Rocafuerte (Tulcán)	210	242382,10	240214,60	140803,30
	240	237046,50	236445,60	188289,50
Rancho la Paz Km 14 Aloag -Santo Domingo	210	239725,50	238338,00	199218,80
	280	249735,40	245408,90	203364,50
Mina de Cerro Negro (Riobamba)	210	262382,68	255702,01	211795,56
	300	284071,59	271022,60	212267,89
Mina San Joaquín (Latacunga)	210	242393,29	241581,82	154492,40
	300	252510,86	248728,69	175283,17

Fuente: “Universidad Central del Ecuador”. (Gonzalo A, 2013)

2.5. PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO

2.5.1. ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y FACTOR Z

El mapa de zonificación sísmica representa las zonas del Ecuador según sus colores que indican el peligro desde el nivel bajo, alto, muy alto, y clasifican por el color para conocer el tipo de riesgo que puede existir en cualquier momento.

En este mapa indican el valor del factor z la cual indican el tipo de zona sísmica que especifican en la norma NEC-15, de peligro sísmico y diseño sismo resistente, que se muestra en la Ilustración 7 y sus valores en la tabla 4.

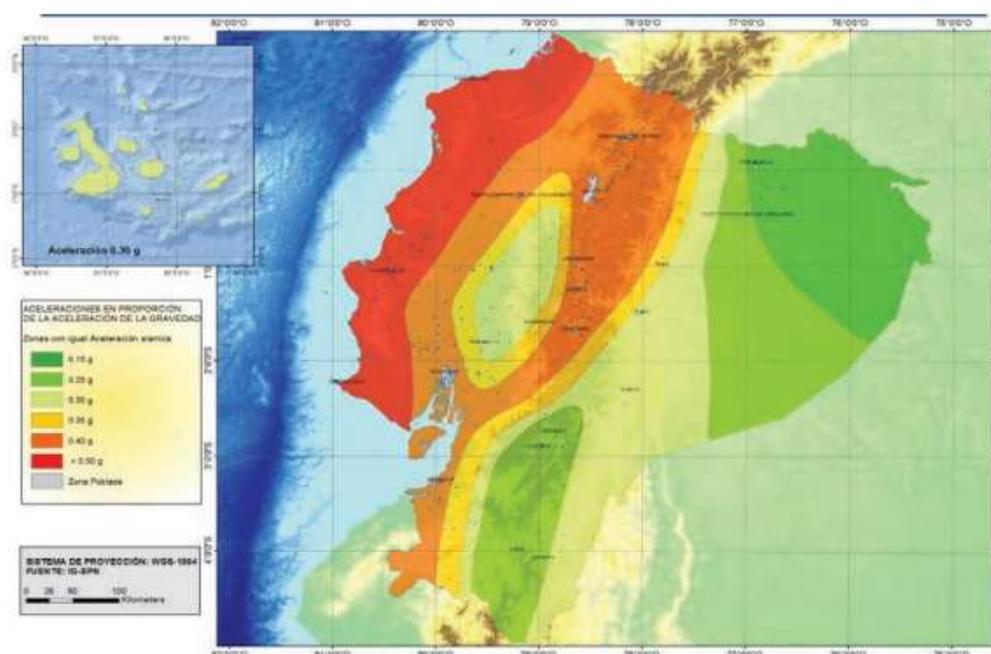


Ilustración 7. Zonas sísmicas valor del factor Z en el Ecuador.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

Tabla 4. Valor del factor Z de la zona sísmica adoptada.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,5	≥0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente sección 3.1.1.

2.5.2. PERFILES DE SUELOS PARA DISEÑO SÍSMICO

Para el diseño estructural es muy importante conocer el tipo de suelo para conocer sus propiedades físicas-químicas y sus propiedades mecánicas. La norma NEC-15 estima 6 tipos de suelos donde se asigna valores dependiendo de su caracterización de la zona que indica la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de los perfiles de suelos.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente.	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media.	1500 m/s $6 >$ $V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante.	760 m/s $6 >$ $V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda del cortante.	360 m/s $>$ $V_s \geq$ 180 m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.	$50 > N \geq 15.0$ 100 KPa $>$ $S_u \geq$ 50 KPa
E	Perfil que cumpla con el criterio de velocidad de la onda de cortante.	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas.	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ KPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnia. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1 -Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2 -Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3 -Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)..	
	F4 -Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m).	
	F5 -Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
F6 -Rellenos colocados sin control ingenieril.		

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente ,sección 3.2.1

2.5.3. COEFICIENTE DE PERFIL DE SUELO

Los coeficientes de suelos se clasifican de acuerdo a las propiedades de cada zona. Estos valores se determinan con el factor z de la zona, las mismas están especificados en la norma (NEC-SE-DS, 2015) de *peligro sísmico y diseño sismo resistente*, que indica la tabla 6,7,8, los 6 tipos de suelos existentes en el Ecuador.

2.5.3.1. Fa, Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto

Tabla 6. Tipo de suelo y factores de sitio Fa.

Tipo de perfil de subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥0,50
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,4	1,25	1,1	1	0,85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015)-, Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

2.5.3.2. Fd, Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.

Tabla 7. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd.

Tipo de perfil de subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥0,50
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,3	1,26	1,19	1,15	1,11	1,00
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,1	1,75	1,75	1,65	1,6	1,5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015)-, Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

2.5.3.3. F_s , Comportamiento no lineal de los suelos

Tabla 8. Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s .

Tipo de perfil de subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,50$
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,4
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

2.5.4. ESPECTROS ELÁSTICOS DE DISEÑO

2.5.4.1. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

El espectro de diseño cuantifica las reacciones de la estructura ante posibles vibraciones del suelo. Para su diseño cada espectro está delimitado según la zona de ubicación porque todos los sismos son diferentes y el perfil de suelo según su caracterización, finalmente los valores de amplificación del F_a , F_d y F_s .

“Es de respuesta elástico de aceleraciones S_a , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño” se presenta a continuación en la siguiente imagen: (NEC-SE-DS, 2015)

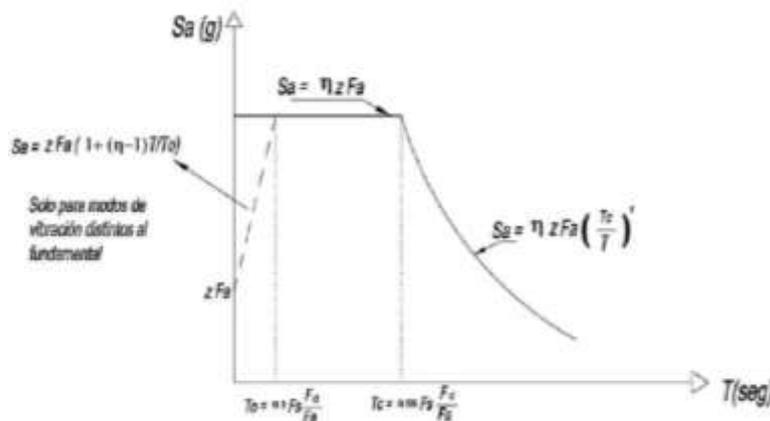


Ilustración 8. Espectro de diseño elástico.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

Donde:

η = Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

F_d = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

F_s = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos

S_a = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura

T = Período fundamental de vibración de la estructura

T_o = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

T_c = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g .

“Dicho espectro, que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones, válidas para períodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos”

$$S_a = \eta Z F_a$$

Ecuación 2. Espectro de respuesta elástico de aceleración para $0 \leq T \leq T_c$.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

Ecuación 3. Espectro de respuesta elástico de aceleración para $T > T_c$.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

Dónde:

r= Factor que se utiliza para el diseño del espectro elástico

En la siguiente tabla se indica los valores para cada tipo de suelo que varía según la zona.

Tabla 9. Factor r según la ubicación geográfica del proyecto.

r = 1	Todo tipo de suelos, con excepción del suelo tipo E
r = 1.5	Para suelo tipo E

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

En la relación de amplificación espectral los valores η varían de acuerdo a la región por la curva de peligro sísmico de las zonas, la cual se presente en la siguiente tabla:

Tabla 10. Valores de aceleraciones espectrales.

Relación de amplificación espectral	Región del Ecuador
$\eta=1,80$	Provincias de la Costa, excepto Esmeraldas
$\eta=2,48$	Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.
$\eta=2,60$	Provincias del Oriente

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

El sismo de diseño T_c se expresa con la ecuación 4 para el periodo límite de vibración del espectro sísmico elástico de aceleración.

$$T_c = 0,55F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 4. Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleración.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente.”

El S_a para la evaluación de los modos de vibración diferente al fundamental en el análisis dinámico se muestra en la ecuación 7.

$$S_a = ZF_a \left[1 + (\eta + 1) \frac{T}{T_o} \right]$$

Ecuación 5. Espectro de respuesta elástico de aceleración para $0 \leq T \leq T_o$.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

El T_o se calcula con la ecuación 6, teniendo en cuenta la condición indicada.

$$T_o = 0,10F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 6. Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico para $T > T_c$.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015) , Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

2.5.5. DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE VIBRACIÓN T

Permite realizar el cálculo de las fuerzas sísmicas y su dimensionamiento ante la aplicación de cargas en la estructura.

$$T = C_t h \frac{\alpha}{n}$$

Ecuación 7. Periodo de vibración T.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 6.3.3.

Donde:

C_t = Coeficiente que depende del tipo de edificio

hn = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

T= Período de vibración.

Tabla 11. Coeficiente Ct y α .

Tipo de estructura	Ct	α
Estructura de acero		
Sin arriostramientos	0,072	0,8
Con arriostramientos	0,073	0,75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0,055	0,9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0,055	0,75

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 6.3.3.

2.5.6. CATEGORÍA Y COEFICIENTE DE IMPORTANCIA I

El coeficiente se da de acuerdo al uso de la edificación con el fin de aumentar el diseño y comprobar la demanda sísmica donde las estructuras deberían sufrir daños mínimos ante la ocurrencia del sismo de diseño, como indica la tabla 12.

Tabla 12. Tipo de uso e importancia.

Categoría	Tipo de uso e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 4.1.

2.5.7. LÍMITES PERMISIBLES DE LAS DERIVAS DE PISO

Derivas de piso se da cuando se presenta el desplazamiento vertical entre un piso inferior con el superior en una estructura. Los valores máximos establecidos en la norma (NEC-SE-DS, 2015), como la tabla 13, no deben exceder de las derivas inelásticas.

Tabla 13.Valores de Δ_M máxima, expresados como fracción de la altura de piso.

Estructuras	Δ_M máxima(sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,02
De mampostería	0,01

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 4.2.2.”

La deriva máxima inelástica se obtiene con la ecuación 8:

$$\Delta_M = 0,75 * R * \Delta_E$$

Ecuación 8.Deriva máxima inelástica.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 6.3.9.

Donde:

Δ_M = Deriva máxima inelástica

Δ_E = Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas

R= Factor de reducción de resistencia

Las derivas de piso deben cumplir con la siguiente condición:

NOTA: Los valores de Δ_M no deben superar las condiciones indicadas en la tabla 13.

$$\Delta_M < \Delta_M \text{ máximo}$$

Ecuación 9. Regla para comprobar las derivas máximas

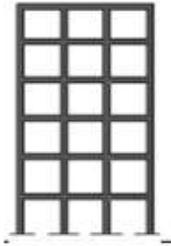
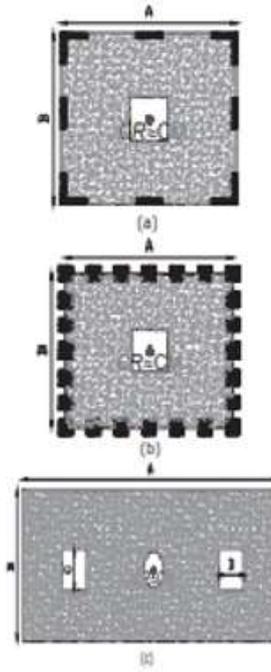
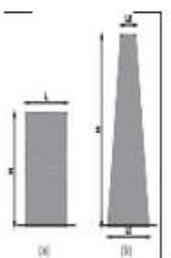
Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 6.3.9.

2.5.8. REGULARIDAD/ CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

2.5.8.1. Configuración estructural recomendada

Para tener un diseño sísmico adecuado en una estructura se debe cumplir con las condiciones recomendadas en la (NEC-SE-DS, 2015), donde indican que las edificaciones deben ser regulares que se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Configuración estructural recomendada.

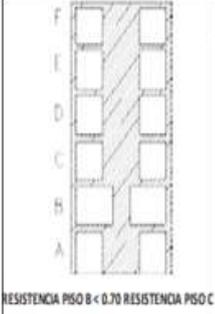
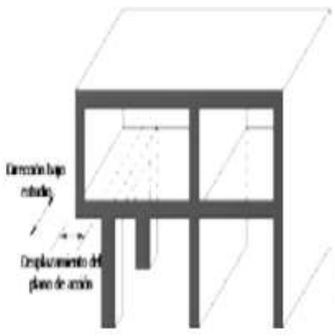
Configuración en elevación $\phi_{Ei}=1$	Configuración en planta $\phi_{Pi}=1$
<p>La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporticados, es constante en todos los niveles.</p> <p style="text-align: center;">$\phi_{Ei}=1$</p> 	<p>La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa.</p> <p style="text-align: center;">$\phi_{Pi}=1$</p> 
<p>La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional.</p> <p style="text-align: center;">$\phi_{Ei}=1$</p> 	

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 5.2.1.

Para el diseño y análisis se considera estructuras regulares para evitar daños bruscos como los que se muestra en la tabla 14.

La NEC-SE-RE de riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación menciona que “al utilizar una configuración similar a las no recomendadas, el diseñador deberá demostrar el adecuado desempeño sísmico de su estructura, siguiendo los lineamientos especificados”.

Tabla 15. Configuración estructural no recomendada.

Irregularidad en elevación	Irregularidad en planta
<p>Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas.</p> <p>La estructura se considera irregular no recomendada cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.</p>	<p>Desplazamiento de los planos de acción de elementos vertical.</p> <p>Una estructura se considera irregular no recomendada cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</p>
<p>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia.</p> <p>La estructura se considera irregular no recomendada cuando la resistencia del piso es menor que 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p>	<p>La no el</p> 
<p>Columna corta</p> <p>Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.</p>	

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 5.2.1.

2.5.8.2. Irregularidad y coeficientes de configuración estructural en planta y elevación

Son aquellos edificios que tienen irregularidades en planta o elevación, es decir que la masa no se encuentra actuando en el centro, esto se da por la geometría de la vivienda la cual no permite tener un correcto comportamiento estructural y buena ductilidad ante la presencia de un sismo. (NEC-SE-DS, 2015) de peligro sísmico y diseño sismo resistente.

2.5.8.2.1. Coeficiente de configuración en planta

Las estructuras se consideran irregulares por su evidente discontinuidad en el piso o a su vez por ciertas variaciones que se presentan en su rigidez, como se muestra en la Ilustración 9.

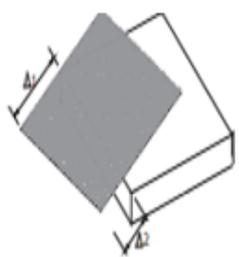
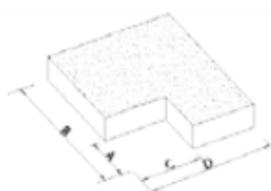
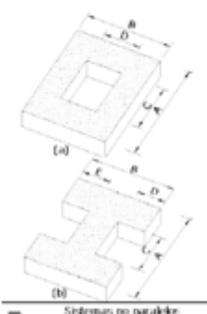
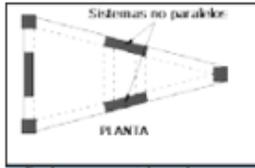


Ilustración 9. Irregularidad en planta.

Recuperado de: <https://slideplayer.es/slide/11382913/>

En la norma NEC-15 de peligro sísmico menciona que en las estructuras que presenten irregularidad se debe considerar coeficientes para regular a la edificación tomando en cuenta los parámetros que indica en la tabla 16.

Tabla 16. Coeficiente de irregularidad en planta.

<p>Tipo 1. Irregularidad torsional</p> <p>$\phi_p = 0,9$</p> <p>$\Delta > 1,2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas</p> <p>$\phi_{pi} = 0,9$</p> <p>$A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 -Discontinuidades en el sistema de piso</p> <p>$\phi_{pi} = 0,9$</p> <p>a) $CxD > 0.5AxB$</p> <p>b) $[CxD + CxE] > 0.5AxB$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos</p> <p>$\phi_{pi} = 0,9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación</p>	

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 5.2.3

La ecuación 10, permite determinar la regularidad de planta.

$$\emptyset_P = \emptyset_{PA} \times \emptyset_{PB}$$

Ecuación 10. Coeficiente de regularidad en planta.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 5.2.3.

Dónde:

\emptyset_P = Coeficiente de regularidad en planta

\emptyset_{PA} = Mínimo valor \emptyset_{Pi} de cada piso i de la estructura en el caso de irregularidades tipo 1, 2 y/o 3.

\emptyset_{PB} = Mínimo valor \emptyset_{Pi} de cada piso i de la estructura en el caso de irregularidades tipo 4

\emptyset_{Pi} = Coeficiente de configuración en planta.

2.5.8.2.2. Coeficiente de irregularidad en elevación

La irregularidad en elevación se considera cuando se presenta rigidez en el piso blando, como se puede apreciar en la Ilustración 19.

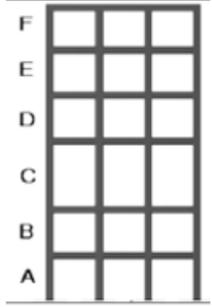
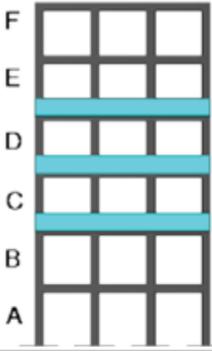
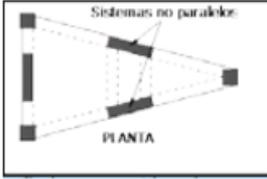


Ilustración 10. Irregularidad en elevación en una estructura

Recuperado de: <https://www.researchgate.net/>

La norma NEC-15 de peligro sísmico establece los siguientes coeficientes para corregir la irregularidad en elevación, como muestra la tabla 17.

Tabla 17. Coeficiente de irregularidad en elevación.

<p>Tipo 1 – Piso flexible</p> <p>$\phi_{Et} = 0,9$</p> <p>Rigidez $K_c < 0,70 K_D$</p> <p>Rigidez $< 0,80 \left(\frac{K_D + K_E + K_F}{3} \right)$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores</p>	
<p>Tipo 2 -Distribución de masa</p> <p>$\phi_{Et} = 0,9$</p> <p>$m_D > 1,50m_E$</p> <p>$m_D > 1,50m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica</p> <p>$\phi_{Et} = 0,9$</p> <p>$a > 1,3b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades</p>	

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 5.2.3

Se utiliza la ecuación 11, para irregularidades en elevación.

$$\emptyset_E = \emptyset_{EA} \times \emptyset_{EB}$$

Ecuación 11. Coeficiente de regularidad en elevación

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 5.2.3.

Dónde:

\emptyset_P = Coeficiente de regularidad en elevación

\emptyset_{EA} = Mínimo valor \emptyset_{Ei} de cada piso i de la estructura, en el caso de irregularidades tipo 1; \emptyset_{Ei} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para la irregularidad tipo 1.

\emptyset_{EB} = Mínimo valor \emptyset_{Ei} de cada piso i de la estructura, en el caso de irregularidades tipo 1; \emptyset_{Ei} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para la irregularidad tipo 2 y/o 3.

\emptyset_{Ei} = Coeficiente de configuración en elevación.

Cuando la estructura es regular, se aplica los siguientes valores tanto en planta como en elevación:

$$\emptyset_P = 1 \qquad \emptyset_E = 1$$

2.5.9. CORTANTE BASAL DE DISEÑO

El cortante basal es la sumatoria de las fuerzas sísmicas, que están ubicados en las bases de las estructuras. La (NEC-SE-DS, 2015), de peligro sísmico y diseño sismo resistente indica la ecuación 12, para el cálculo del cortante basal, donde influye el peso de la estructura pro el coeficiente basal.

$$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \emptyset_P \emptyset_E} * W$$

Ecuación 12. Cortante basal de diseño.

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente sección 6.3.2.

Donde:

$S_a(T_a)$ = Espectro de diseño en aceleración

$\emptyset_P \emptyset_E$ = Coeficientes de configuración en planta y elevación.

I = Coeficiente de importancia.

R= Factor de reducción de resistencia sísmica.

V= Cortante basal total de diseño

W=Carga sísmica reactiva

T_a = Periodo de vibración.

Los valores del cortante dinámico obtenido, no debe ser:

<80% del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras regulares).

<85% del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras irregulares).

2.5.10. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA SÍSMICA R

El factor R permite una reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, lo cual es permitido siempre que las estructuras y sus conexiones se diseñen para desarrollar un mecanismo de falla previsible y con adecuada ductilidad, donde el daño se concentre en secciones especialmente detalladas para funcionar como rótulas plásticas, que menciona la (NEC-SE-DS, 2015), de Peligro sísmico y diseño sismo resistente.

Para elegir el factor R se consideran las siguientes variables, para el diseño y análisis de estructuras las cual varían para cada uno por su composición estructural, y son:

- Tipo de estructura
- Tipo de suelo
- Período de vibración considerado
- Factores de ductilidad, sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límite.

A continuación, en la tabla 18 y 19, se indica la clasificación de los sistemas estructurales las mismas se dividen en dos grupos que son, sistemas estructurales dúctiles y sistemas estructurales de ductilidad limitada, para su elección se toma en cuenta las características de cada estructura.

2.5.10.1. Sistemas estructurales dúctiles

Tabla 18. Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles.

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 6.3.4.

2.5.10.2. Sistemas estructurales de ductilidad ilimitada

Tabla 19. Coeficiente R para sistemas estructurales de ductilidad limitada.

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM, limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015), Peligro sísmico y diseño sismo resistente, sección 6.3.4.

2.6. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

2.6.1. INSPECCIÓN VISUAL EN CAMPO (FORMULARIO NEC-15)

Evaluación visual rápida es un método cualitativo donde se adquiere información de la estructura en su estado actual y se deduce criterios de vulnerabilidad.

Se levanta información de campo mediante inspección visual de campo utilizando el siguiente formulario de la tabla 20, de la (NEC-SE-DS, 2015).

Tabla 20. Formulario de evaluación rápida de la NEC-15.

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES													
DATOS DE LA EDIFICACION:													
Dirección:													
Nombre de la edificación:													
Sitio de referencia:													
Tipo de uso:							Fecha de evaluación:						
Año de construcción:							Año de remodelación:						
Área construida (m ²):							Número de pisos:						
DATOS DEL PROFESIONAL													
Nombre del evaluador:													
C.I.:													
Registro SENECCYT:													
TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL													
Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado					C1	Pórtico Acero Laminado					S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H, Armado con muros estructurales					C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales					S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada sin refuerzo					C3	Pórtico Acero Doblado en frío					S3
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX							H. Armado prefabricado					PC
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
PUNTAJE FINAL, S													
-0.8													
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA													
5 < 2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial												
2.0 > 5 > 2.5	Media Vulnerabilidad												
5 < 2.5	Baja Vulnerabilidad												
													Firma Responsable de evaluación
OBSERVACIONES:													

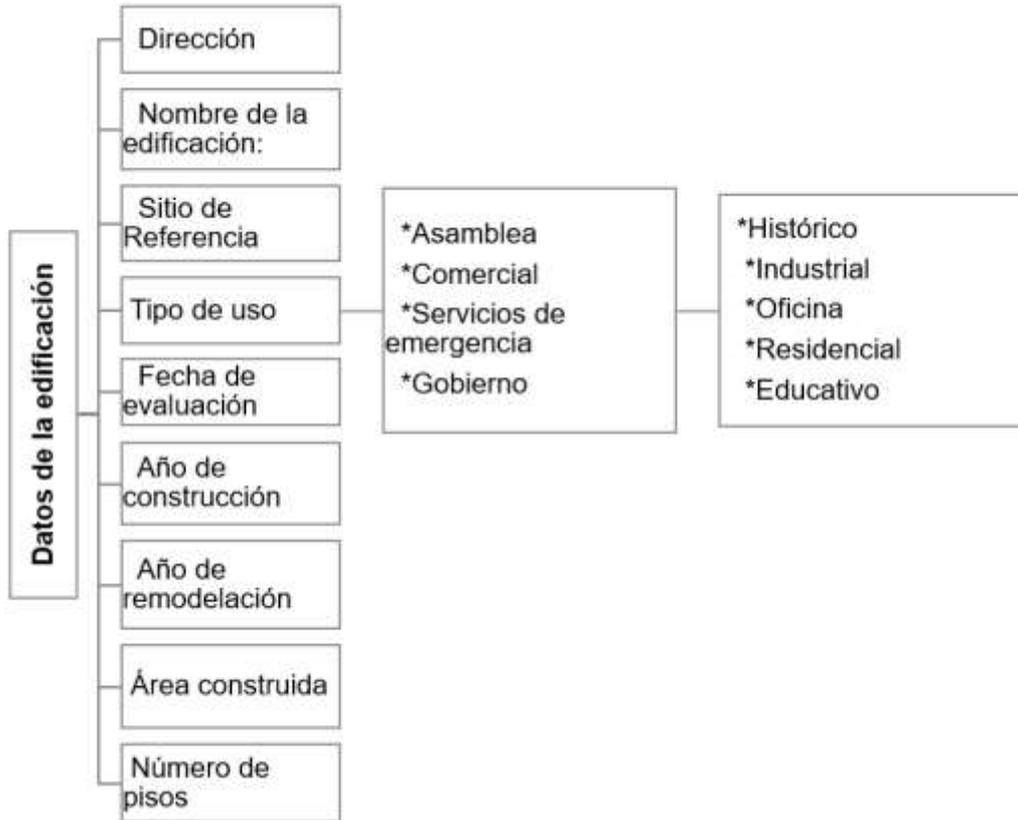
Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016), sección 5.3.

El formulario mencionado anteriormente contiene los siguientes componentes descritos a continuación, en donde el encuestador debe adquirir conocimientos de las especificaciones para levantar información adecuadamente.

2.6.1.1. Datos de la edificación

Se coloca información básica de la estructura que se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Datos básicos del formulario de evolución rápida NEC-15.



Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016), sección 5.3.1

2.6.1.2. Datos del profesional

En esta sección se coloca la información del evaluador.

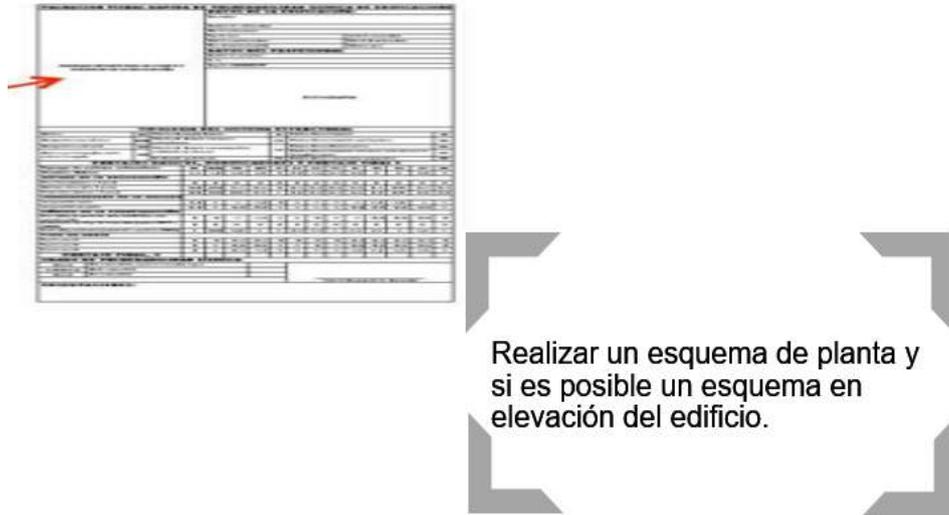
Tabla 22. Datos del evaluador del formato de evaluación rápida NEC-15.



Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016), sección 5.3.2

2.6.1.3. Esquema estructural en planta y elevación en la edificación

Tabla 23. Esquema estructural de la planta y elevación del formato de evaluación rápida NE-15.

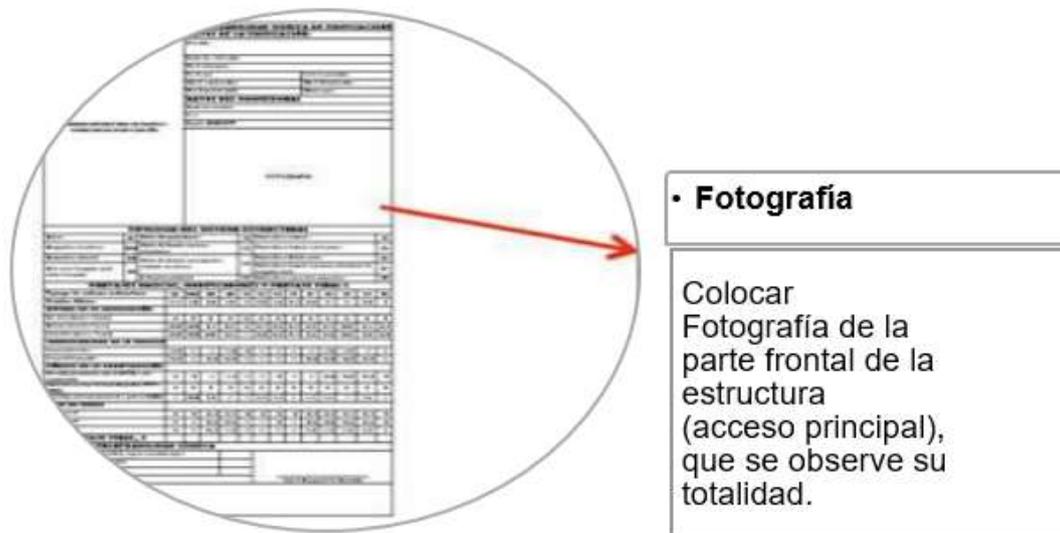


Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016), sección 5.3.3

2.6.1.4. Fotografía

Las fotografías son muy importantes Dentro de la evaluación porque son elementos donde se comprueban la información recolectada en el formulario.

Tabla 24. Fotografía de la estructura evaluada del formato de evaluación rápida NEC-15.

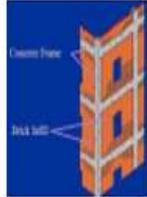
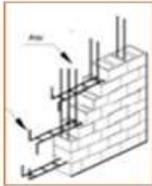
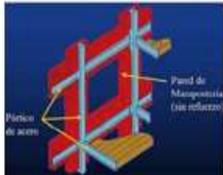


Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016), sección 5.3.4.

2.6.1.5. Identificación del sistema estructural

La norma indica que existen varios tipos de estructuras y clasifican según sus características estructurales y se presenta en la tabla 25.

Tabla 25. Tipos de estructuras.

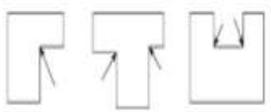
Sistema estructural			
Madera (W1)		Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo (C3)	
Mampostería sin refuerzo (URM)		Hormigón armado prefabricado(PC)	
Mampostería reforzada(RM)		Pórtico acero laminado (S1)	
Mixta acero-hormigón o mixta madera hormigón (MX)		Pórtico acero laminado con diagonales (S2)	
Pórticos de hormigón armado(C1)		Pórtico acero doblado en frío (S3)	
Pórticos de Hormigón armado con muros estructurales(C2)		Pórtico acero laminado con muros estructurales de hormigón armado(S4)	
Pórtico de acero con paredes de mampostería (S5)			

Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016), sección 5.3.5

2.6.1.6. Modificadores

Factores que afectan al rendimiento de la edificación en estudio, los cuales tienen los siguientes valores y se califica según el tipo de estructura:

Tabla 26. Modificadores del formato de Inspección visual rápida NEC-15.

Modificadores	
Altura de la edificación	<ul style="list-style-type: none"> *Baja altura (menor a 4 pisos) *Mediana altura (4 a 7 pisos) *Gran altura (mayor a 7 pisos)
Irregularidad de la edificación	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>Irregularidad vertical. – Se da cuando en cualquier piso es mayor en un piso adyacente.</p> <ul style="list-style-type: none"> *Irregularidad geométrica: *Irregularidad por ubicación *Piso débil * Columna corta o larga * Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas * Distribución de masa * Piso flexible * Adiciones </div> <div style="width: 35%;"> <p>Irregularidad en planta. - Se da cuando se presenta formas L, T, I, U E, o de cruz, sin juntas de construcción.</p>   </div> </div>
Código de la construcción	<ul style="list-style-type: none"> *Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción *Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001) *Post código moderno (construido a partir de 2001)
Tipo de suelo	<ul style="list-style-type: none"> * Tipo de suelo C * Tipo de suelo D *Tipo de suelo E

Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016), sección 5.3.6.

2.6.1.7. Puntaje final, S y Grado de vulnerabilidad sísmica.

Tabla 27. Nivel de vulnerabilidad de la estructura.

PUNTAJE FINAL, S	GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA
S<20	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial
20<S<25	Media Vulnerabilidad
S>20	Baja Vulnerabilidad

•Puntaje final, S y Grado de vulnerabilidad sísmica

Se determina mediante los modificadores mencionados anteriormente y verificar que nivel de vulnerabilidad presenta la edificación.

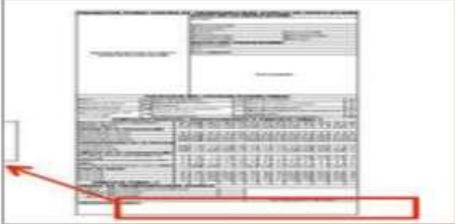
Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016), sección 5.3.7

2.6.1.8. Observaciones

Tabla 28. Observaciones de la estructura evaluada.

Se determina mediante los modificadores mencionados anteriormente y verificar que nivel de vulnerabilidad presenta la edificación.

•Puntaje final, S y Grado de vulnerabilidad sísmica



Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016), sección 5.3.8.

2.6.2. ENSAYO DEL ESCLERÓMETRO

Es un ensayo no destructivo que permite obtener la resistencia del concreto, pero este ensayo no es considerado como resultado final para la aceptación o rechazo del hormigón.

El martillo de rebote, golpea al hormigón por la energía almacenada en el resorte calibrado, y arroja datos de lectura de R y Q denominados índices de rebote, teniendo en cuenta el ángulo de posición que influye mucho para los cálculos (NTE INEN 3121, 2016-11).

Para esta investigación se analiza elementos estructurales como vigas, columnas y losas de la casa tipo en los 3 niveles, sin la necesidad de dañar la superficie.



Ilustración 11. Ensayo del esclerómetro.

Recuperado de: "Patologías de la construcción".

2.6.2.1. Equipos

Este ensayo cuenta con los siguientes equipos necesarios especificados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3121 (2016-11).

2.6.2.1.1. Martillo de Rebote

Es un equipo que realiza el golpeteo con el embolo al hormigón para obtener su resistencia, por medio de la acción de un resorte de acero.

2.6.2.1.2. Piedra Abrasiva

Es un material de carburo de silicio que sirve para liberar la carbonatación que presente el elemento en la superficie a ensayar.

2.6.2.1.3. Yunque de verificación

Es un instrumento de lectura la cual permanece perpendicular a la superficie de ensayo del elemento.

2.6.2.1.4. Nivel

Es un instrumento auxiliar para calibrar el ángulo de la lectura del martillo de rebote con el elemento a 0° o 90°



Ilustración 12. Equipos para el ensayo del esclerómetro.

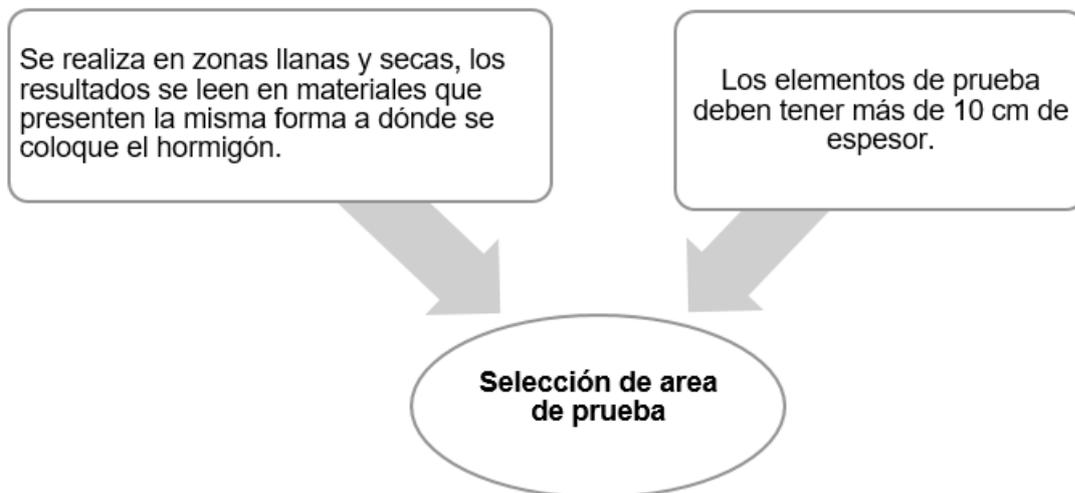
Fuente: Elaboración propia.

2.6.2.2. Procedimiento

Para realizar el ensayo del esclerómetro se siguen los siguientes pasos que especifica en la (NTE INEN 3121, 2016-11):

2.6.2.2.1. Selección de área de prueba

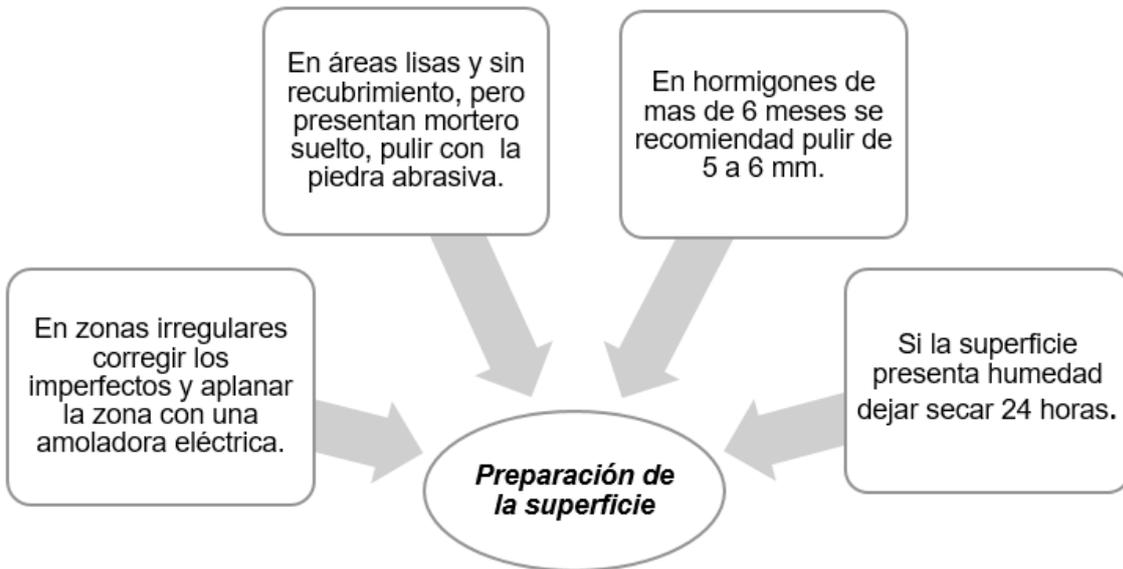
Tabla 29. Pasos para selección del área de prueba para el ensayo del esclerómetro.



Fuente: (NTE INEN 3121, 2016-11) sección 3.2.

2.6.2.2. Preparación de la superficie

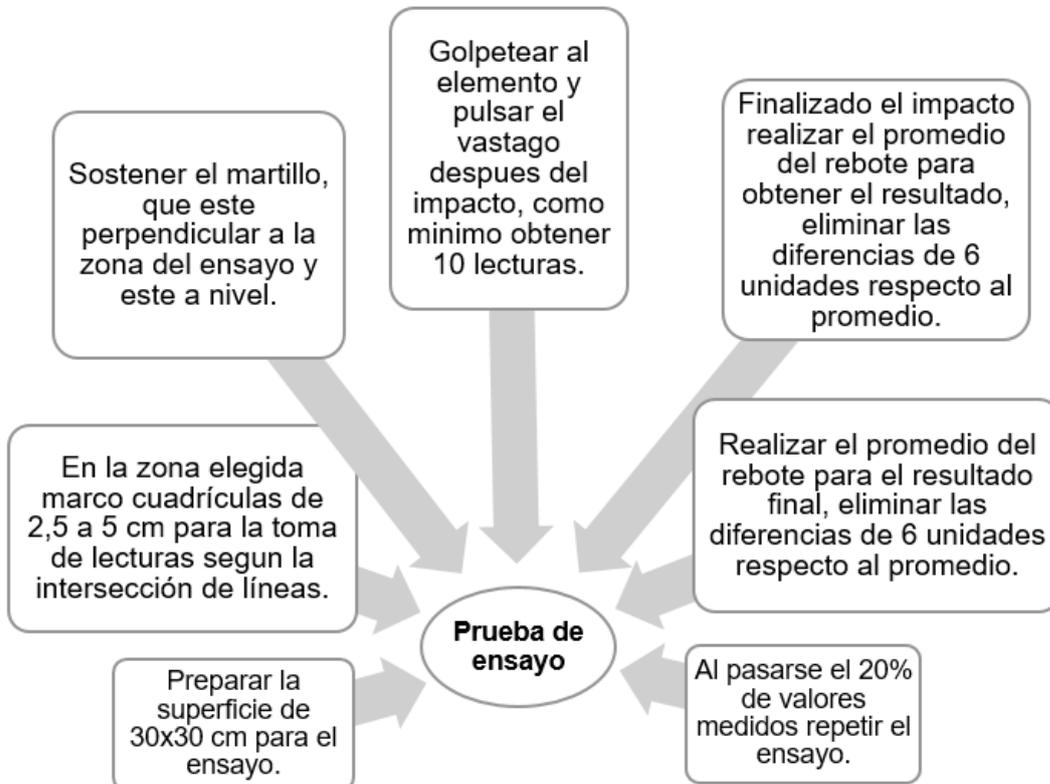
Tabla 30. Preparación de la superficie para el ensayo del esclerómetro.



Fuente: (NTE INEN 3121, 2016-11) sección 3.2

2.6.2.2.1. Prueba de ensayo

Tabla 31. Prueba de ensayo del esclerómetro.



Fuente: (NTE INEN 3121, 2016-11) sección 3.2.

2.6.2.2. Cálculos

Una vez realizado la lectura de los 10 puntos con la sumatoria de los mismos se relaciona con el esquema Ilustración 13, para obtener la resistencia del hormigón de acuerdo a cada elemento de la estructura.

Como se puede observar se tiene 2 unidades para escoger como N/mm² y Kg/cm².

En el esquema se puede observar 3 tipos de curvas las mismas indican la posición del rebote con el esclerómetro.

A= 0°

B= -90°

C= 90°

CLASSIC CONCRETE HAMMER GRAPHICS

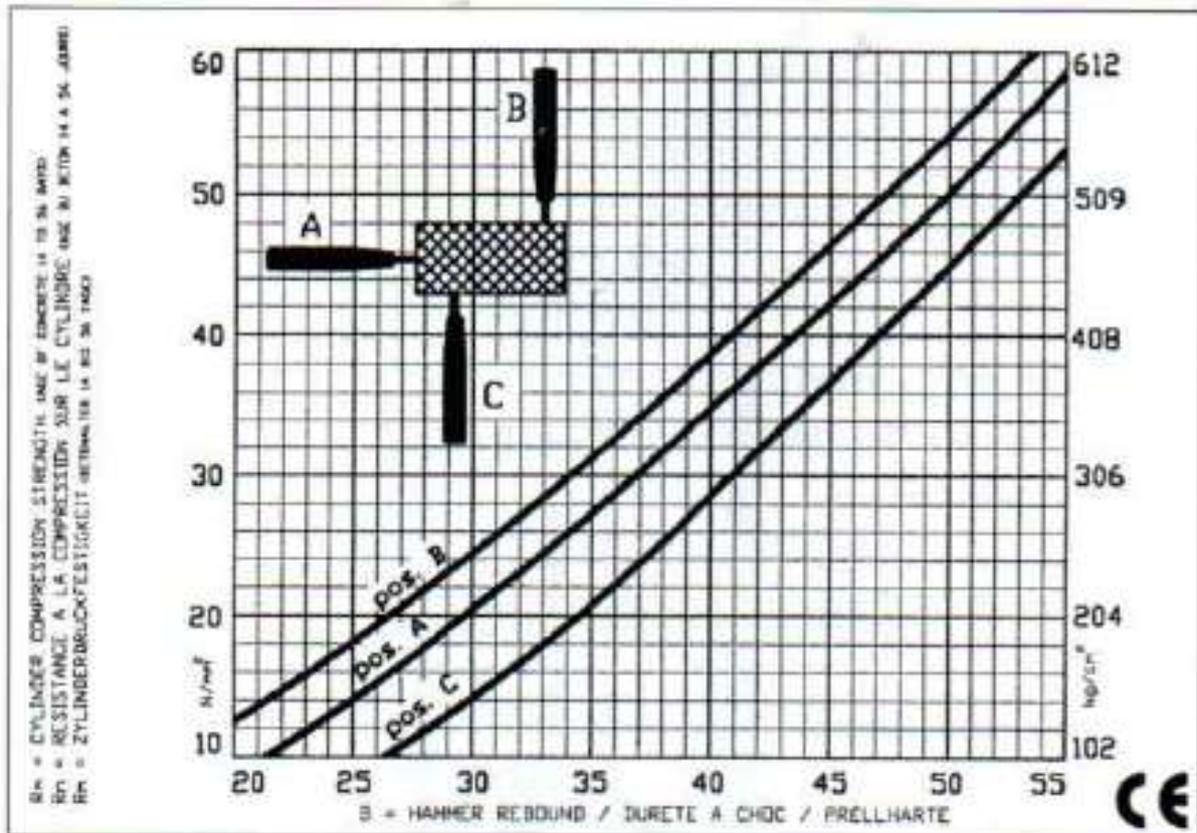


Ilustración 13. Diagrama para obtener la Resistencia a compresión del hormigón.

Fuente: (Seiki, 2016) Norma Japonesa.

2.6.2.2.3. Factor de corrección

Es importante realizar la corrección de la resistencia obtenida con el esquema de ilustración 13, las mismas se debe considerar la edad de la estructura para encontrar el factor indicado, por lo tanto, se aplica la ecuación 13.

Al hallar el factor de corrección, se multiplica por la resistencia del hormigón encontrado con el esquema 13. (Seiki, 2016).

$$F_c \left(\frac{N}{mm^2} \right) = F_x \alpha_n$$

Ecuación 13. Factor de corrección.

Fuente: (Seiki, 2016) Norma Japonesa.

Tabla 32. Factor de corrección.

Años(días)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α_n	1,55	1,12	1,00	0,87	0,78	0,74	0,72	0,70	0,67	0,65	0,63

Fuente: (Seiki, 2016) Norma Japonesa.

2.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICO

Para el análisis de la siguiente investigación se utiliza tres métodos que se describe a continuación:

2.7.1. ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL

Análisis estático lineal es un método de 1 (gdl), que actúa en el centro de masas de cada piso mediante fuerzas sísmicas laterales, cabe recalcar que los materiales de la estructura trabajan en el rango elástico. (Filian, 2018)

Este análisis son solamente para estructuras regulares que están expuesto a la aplicación de ciertas cargas para la obtención de los desplazamientos y las fuerzas, en el grafico 14 se observa la distribución de pesos por cada piso.

En la norma NEC-15 de peligro sísmico, indica el proceso del análisis estático lineal, la cual permite modelar un sistema de 1 grado de libertad para encontrar la rigidez lineal como se indica anteriormente. La distribución de las fuerzas para cada nivel de la estructura se realiza el cálculo del cortante basal para encontrar las

fuerzas y desplazamientos de la edificación. Al tener una rigidez lineal y amortiguamiento equivalente se halla el punto de rendimiento máximo.

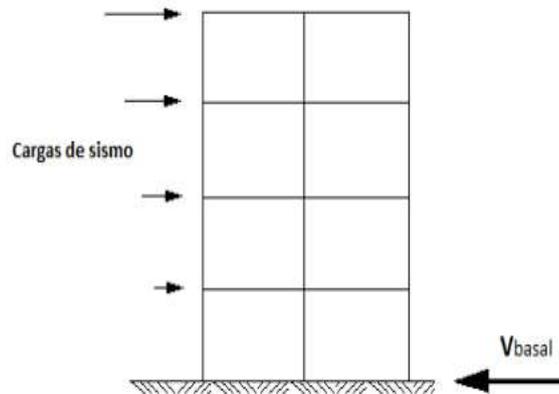


Ilustración 14. Distribución de fuerzas laterales.

Fuente: (Filian, 2018).

Tabla 33. Metodología de análisis estático.

1. Determinar el periodo T fundamental de la estructura	
2. Determinar el espectro de diseño	
3. Obtener el peso y las cargas vivas y muertas del edificio	
4. Calcular el cortante basal	
5. Distribución de la fuerza horizontal por piso	
6. Determinar los valores del factor vertical para cada piso	
7. Calcular la fuerza horizontal de cada piso	
8. Calcular la distribución de la cortante	
9. Obtener las derivas	
10. Visualizar las tablas y graficas de los resultados	

Fuente: (Filian, 2018).

2.7.2. ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

(Aguiar F, 2008), define al análisis modal espectral como un método que utiliza al espectro de respuesta para simular la acción sísmica, donde los valores de los suelos son diferentes por el tipo de zona expuestas por los códigos de diseño.

Este método permite transformar los sistemas de ecuaciones diferenciales de 1 grado de libertad que está en movimiento en sistemas independientes, por lo cual se elige un espectro de respuesta apropiado según la zona.

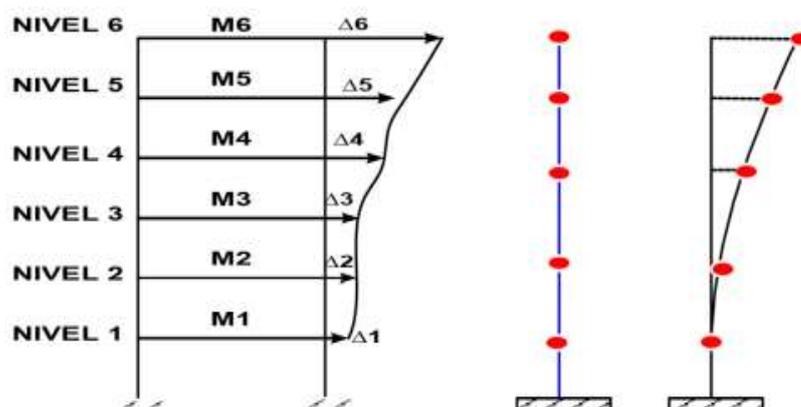


Ilustración 15. Análisis modal espectral.

Fuente: (Aguiar F, 2008).

2.7.3. MODOS DE VIBRACIÓN

Permite calcular los máximos valores de desplazamiento y aceleración en todos los modos de un sistema estructural. Las masas participativas deben superar el 90% para considerar el total de modos.

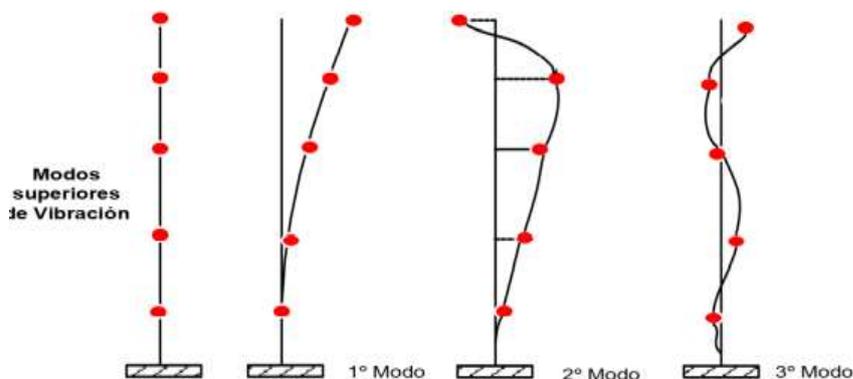


Ilustración 16. Modos de vibración y comportamiento dinámico.

Fuente: (Aguiar F, 2008).

“Al hacer uso de método de superposición modal con un grado de libertad por nivel y el método de torsión estática equivalente, se obtiene el procedimiento híbrido ya que primero se determina los cortantes sísmica dinámica, mientras que el efecto de torsión se incorpora con los métodos estáticos”. (Aguir F, 2008)

Al utilizar este método se debe tener en cuenta los siguiente:

$$V_{\text{dinámico}} \geq V_{\text{estático}}$$

Ecuación 14. Método de superposición modal.

Si no cumple la condición anterior se debe realizar el cálculo del factor de corrección

$$f_a = \frac{V_{\text{estático}}}{V_{\text{dinámico}}}$$

Ecuación 15. Para corregir el método de superposición modal.

Todas las estructuras tienen un periodo natural o fundamental de vibración, la que depende de las características geométricas y físicas de los elementos estructurales, dentro de ellos se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Altura del edificio, pues a mayor altura, mayor período de vibración.
- La densidad de muros, pues a mayor densidad, menor período de vibración.
- La longitud del edificio en la dirección considerada, pues a mayor longitud, menor período de vibración.
- La rigidez del edificio, pues a mayor rigidez, menor período de vibración.

2.7.4. ANÁLISIS NO LINEAL O PUSHOVER

Es un método inelástico, eficiente para estudiar la capacidad de la estructura y conocer la resistencia-deformación al aplicar cargas laterales hasta llegar al máximo punto de su capacidad o la vivienda se vuelva inestable.

En la (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016) menciona que el análisis del pushover permite obtener:

- La capacidad lateral de la estructura
- Los elementos susceptibles que van a fallar

- La ductilidad de los elementos y estructura en general
- El chequeo de vigas débiles y columnas fuertes
- La resistencia de toda la estructura
- Chequeo y análisis de las derivas
- Chequeo final de todos los elementos con sus respectivos criterios.
- Identifica rotulas plásticas

El pushover o análisis no lineal es un método aproximado, que permite conocer si la estructura soporta ante cargas laterales o llega al colapso.

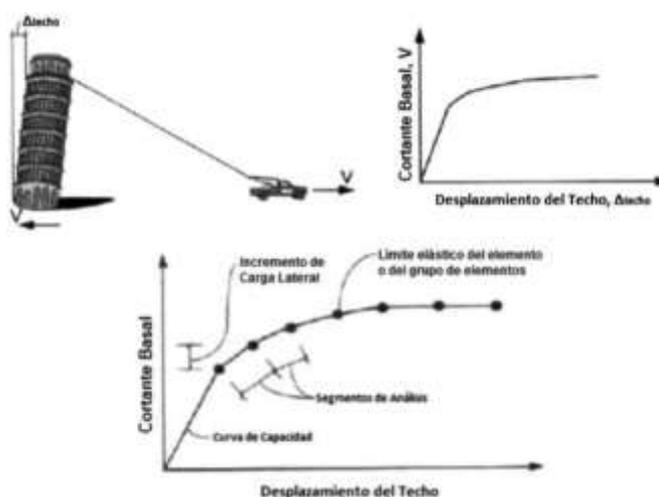


Ilustración 17. Técnica del pushover.

Fuente: (Guía de Diseño, (NEC-2015), 2016). sección 3.11.1.

2.7.4.1. Curva de capacidad

La curva de capacidad es la relación que tiene la resistencia con el desplazamiento mediante la aplicación de cargas laterales. La cual permite medir la resistencia que tiene la estructura ante un sismo.

“La curva de capacidad se determina para representar la respuesta estructural del primer modo de vibración de la estructura, basado en la hipótesis que, el primer modo fundamental de vibración de la estructura corresponde a la respuesta predominante ante una sollicitación sísmica, siendo esto válido para estructuras con períodos de vibración menores a 1 segundo”. (Vasconez J, 2012)



Ilustración 18. Curva de capacidad.

Fuente: (FEMA-440).

2.7.4.2. Rotulas plásticas

Rotula plástica se define como la representación de la conducta del hormigón es decir de los elementos estructurales en donde los aceros de tracción alcanzan la plastificación, por ende, giran por el aumento de carga sin sumar momento. (Gonzales, 2018)

En la (Guia de Diseño, (NEC-2015), 2016), define a la rótula plástica que son pórticos especiales que se forman en las vigas y columnas es decir son amortiguadores de energía “que permite la rotación de la deformación plástica de la conexión de una columna, de manera rígida y en viga producen flexión plástico”.

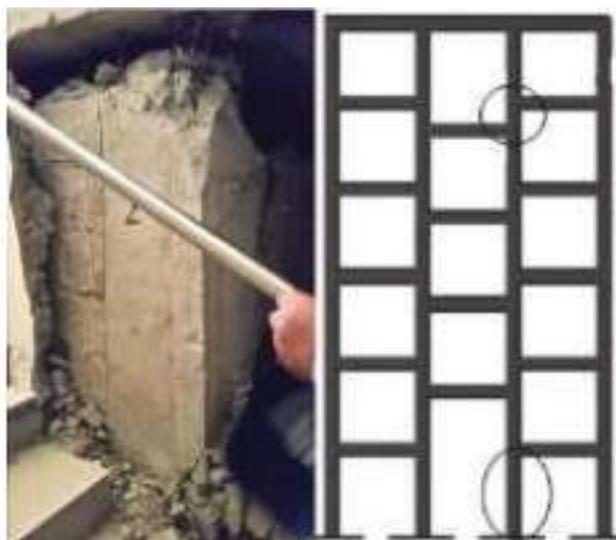


Ilustración 19. Columnas cortas con losas en niveles intermedios.

Fuente: (Guia de Diseño, (NEC-2015), 2016).

2.7.4.3. Columna Fuerte - Viga Débil

Se entiende por columna fuerte, viga débil a las rotulas que se forman en las vigas y no en las columnas de una estructura.

Al cumplir con la con la condición mencionado anteriormente se da más seguridad al edificio es decir es dúctil, evitando llegar al colapso.

2.7.4.4. Ductilidad

La norma (NEC-SE-DS, 2015), define a la ductilidad como la “capacidad de una sección transversal o de un elemento estructural, para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez, ante cargas laterales estáticas o cíclicas o ante la ocurrencia de una acción sísmica.”

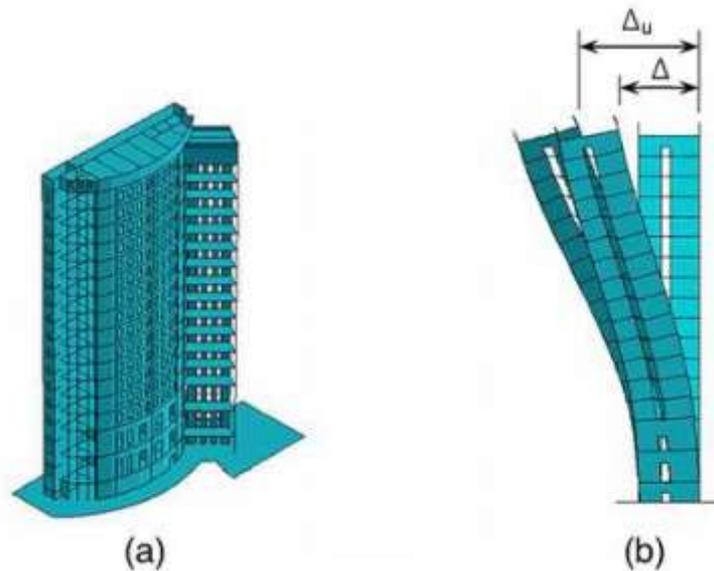


Ilustración 20. Ductilidad de estructura de hormigón armado.

Fuente: (Vasconez J, 2012).

2.7.4.5. Desempeño sísmico

El desempeño sísmico es un diseño de la estructura que se analiza con la ayuda de un software como el SAP2000 u otros, para predecir con exactitud el comportamiento de una construcción ante cargas sísmicas.

2.7.4.5.1. Nivel de desempeño

En el nivel de desempeño se identifica los posibles daños físicos de la estructura. En la Ilustración 21, curva de capacidad se detalla según el orden que se presentan los niveles de desempeño.

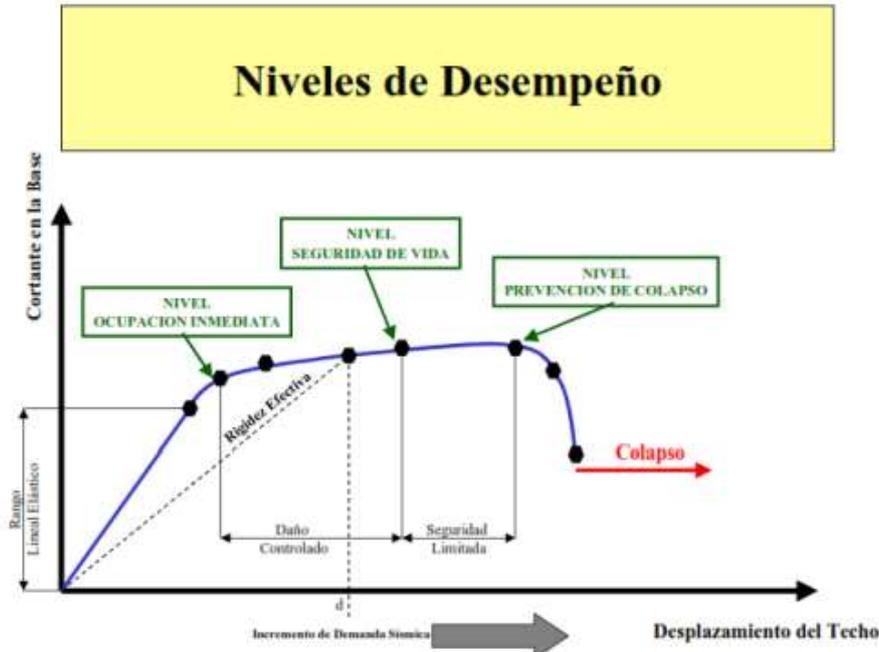


Ilustración 21. Niveles de desempeño.

2.7.4.5.1.1. Propuesta de la ATC-40

Especifican 6 tipos de niveles para componentes estructurales y no estructurales:

Nivel de desempeño para componentes estructurales

- **SP-1 Inmediata ocupación.** - Es un nivel donde el daño ocurre en elementos estructurales, pero es moderado y es habitable sin riesgos.
- **SP-2 Daño controlado.** - Es un nivel donde el daño ocurre en elementos estructurales, pero es moderado y necesita reparaciones ligeras.
- **SP-3 Seguridad.** - En este nivel la estructura es insegura por su alto daño en la estructura y su reparación puede llegar a ser muy costosa.
- **SP-4 Seguridad limitada.** - Las estructuras tienen alto grado de daño y es muy peligroso para habitar.

- **SP-5 Estabilidad estructural.** - En este nivel la estructura esta por colapsar por su alto daño en su estructura.
- **SP-6 No considerado.** - No están dentro del nivel de desempeño.

Nivel de desempeño para componentes no estructurales

- **NP-A Operacional.** - Todos los elementos estructurales permanecen sin ningún daño después de haber presenciado un sismo.
- **NP-B Inmediata ocupación.** - Sus componentes no estructurales se encuentra en sus lugares con pequeños daños que no dificulta para la seguridad de los habitantes.
- **NP-C Seguridad.** - Los elementos no estructurales sufren daños mínimos, pero sin sufrir colapso, pero varios de las instalaciones quedan fuera de uso, y aun es seguro para sus habitantes.
- **NP-D Amenaza.** - Sufren daños altos en elementos no estructurales y sus elementos sin sufrir el colapso y aun es seguro para habitar.
- **NP-E No considerado.** - No es considerado como nivel de desempeño solo puede realizar evaluación sísmica.

El nivel desempeño tienen ciertas combinaciones con los elementos estructurales y no estructurales y describen posibles daños de la estructura, como se muestra en la tabla 34.

Tabla 34. Nivel de desempeño de la estructura

	<i>SP-1 Inmediata Ocupación</i>	<i>SP-2 Daño Controlado (rango)</i>	<i>SP-3 Seguridad</i>	<i>SP-4 Seguridad limitada (rango)</i>	<i>SP-5 Estabilidad Estructural</i>	<i>SP-6 No considerado</i>
<i>NP-A Operacional</i>	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
<i>NP-B Inmediata Ocupación</i>	1-B Inmediata Ocupación	2-B	3-B	NR	NR	NR
<i>NP-C Seguridad</i>	1-C	2-C	3-C Seguridad	4-C	5-C	6-C
<i>NP-D Amenaza</i>	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
<i>NP-E No Considerado</i>	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad Estructural	No Aplicable

Fuente: ATC-40,1996

CAPITULO III

LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

3.1. METODOLOGÍA.

Las metodologías empleadas para este proyecto de investigación, son de 3 tipos, las mismas se describe a continuación:

Investigación teórica

En esta fase se indaga teorías, conceptos, especificaciones técnicas con el fin de recolectar información necesarios para el desarrollo del proyecto, relacionado al tema de análisis lineal, modal espectral y método del pushover, en libros, artículos, trabajos de investigación y normas ecuatorianas de construcción. También se debe indagar temas relevantes a la vulnerabilidad sísmica de las estructuras.

Investigación experimental

En esta fase se procede a recolectar datos de la geometría de la vivienda tipo, después se realiza la inspección visual rápida en campo con el formato de la NEC-15 para cuantificar la vulnerabilidad sísmica a todas las viviendas del sector, finalmente llevo a cabo los ensayos no destructivos con el esclerómetro a los elementos estructurales (viga, columna, losa) para obtener la resistencia a compresión del hormigón.

Investigación empírica

Una vez recabado toda la información experimental se procede a realizar los cálculos pertinentes tomando siempre en consideración las especificaciones de las normas ecuatorianas de construcción y proceder a realizar el análisis de resultados, con el software estructural para la revisión del desempeño que presente la vivienda.

3.2. RECOLECCION DE INFORMACIÓN.

3.2.1. INSPECCIÓN VISUAL RÁPIDA.

En el presente proyecto se inicia con la inspección visual rápida de 10 viviendas del barrio Agua Potable, ubicado en “San Juan - Pueblo Viejo - Los Ríos” para la inspección visual de la estructura utilizando el formulario de inspección visual

rápido de la NEC-15, la cual se basa en la FEMA P-154, que permiten evaluar construcciones formales o informales sus componentes se encuentran explicados en el marco teórico capítulo 2.6.1.

Al realizar el levantamiento de información en campo los días 13,14,15 de diciembre del 2021, a las 10 casas que son utilizados como viviendas, bodegas, locales, observando como pisos máximos de 3 pisos en la zona de estudio.

A continuación, se detalla los datos obtenidos.

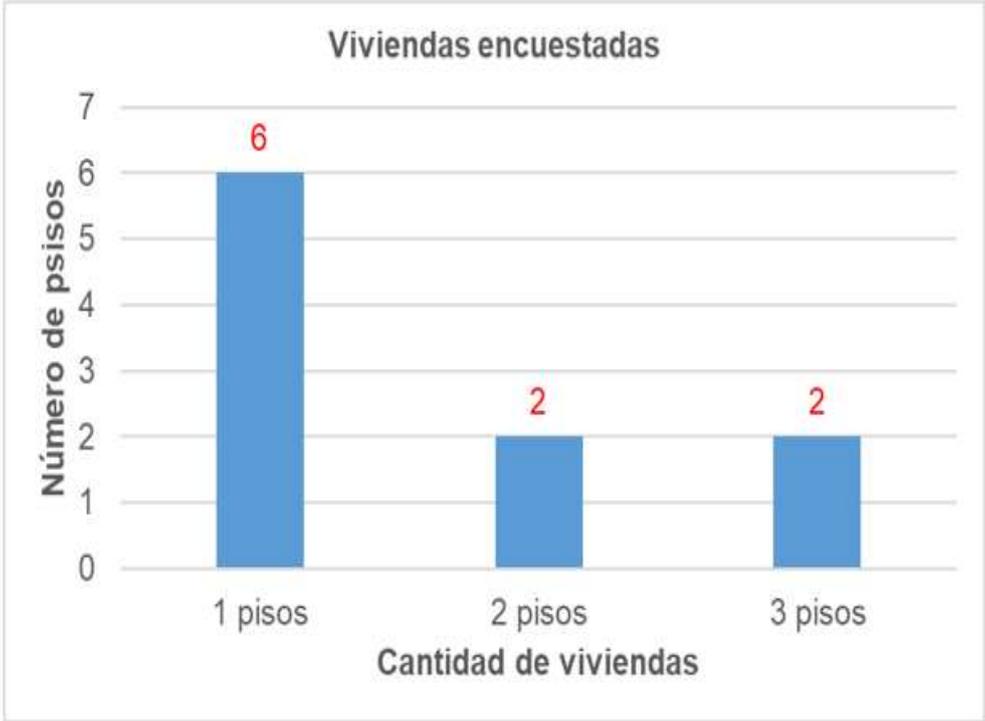


Ilustración 22. Cantidad de viviendas encuestados con el formulario NEC-15.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la tipología de estructuras del barrio tienen el 73% de estructuras de hormigón armado (8 viviendas), y el resto son de acero con paredes de mampostería, mixto (hormigón–madera) y mampostería sin refuerzo, sus construcciones están entre 5 a 9 años levantadas informalmente, no cuentan con plano arquitectónico ni estructural, contruidos por un maestro mayor, sin ningún criterio técnico.

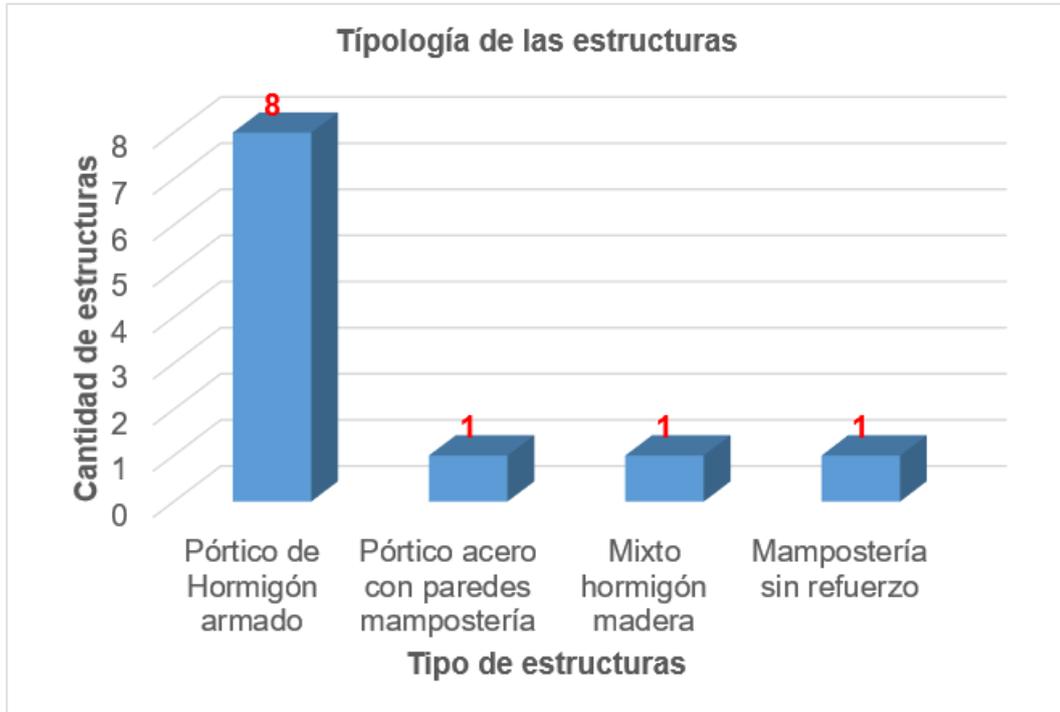


Ilustración 23. Tipos de estructuras del barrio analizado.

Fuente: Elaboración propia

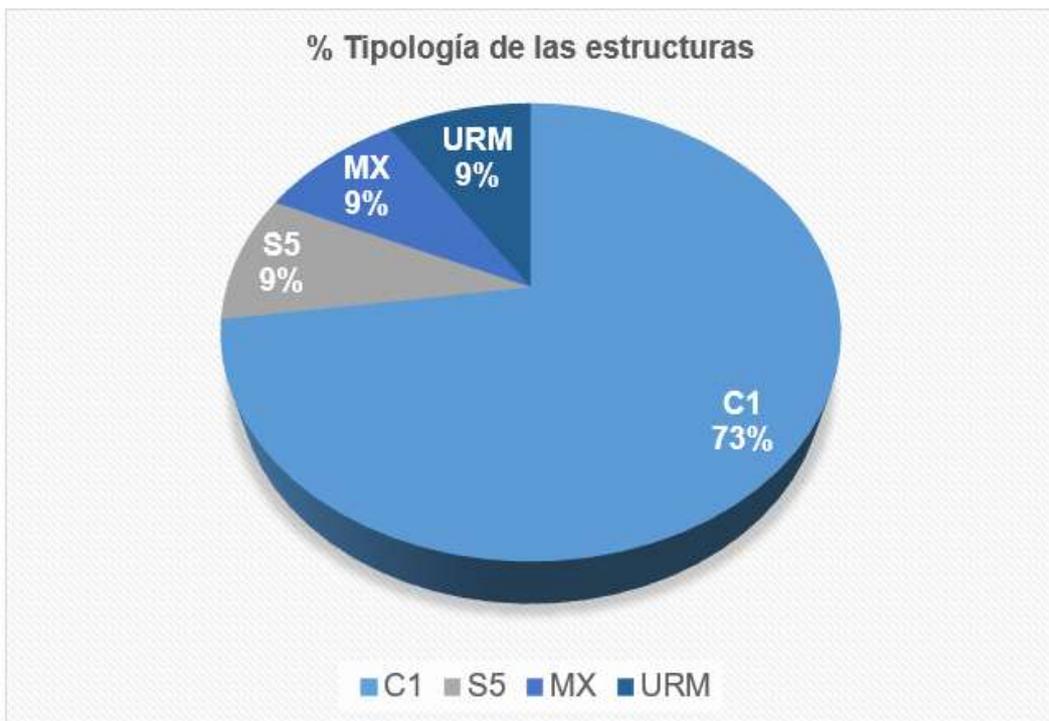


Ilustración 24. Tipologías de las viviendas de la zona analizada en porcentaje.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los datos recolectados y realizados la tabulación se concluye que todas las viviendas del barrio Agua Potable, tienen alta vulnerabilidad sísmica y necesitan una evaluación profunda con un técnico especialista experto en diseño sísmico.



Ilustración 25. Grado de vulnerabilidad sísmica.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La información de la evaluación visual rápida de todas las casas del barrio Agua potable se encuentra en Anexos 1. Levantamiento de información.

3.3. SELECCIÓN DE LA VIVIENDA TIPO PARA EL ANÁLISIS DE DESEMPEÑO

Una vez realizado el levantamiento de información de las viviendas de la zona analizado y tabulados sus datos, se procede a elegir una vivienda tipo para aplicar el análisis lineal, modal espectral y no lineal, para conocer la vulnerabilidad del barrio.

La vivienda elegida fue construida en el 2015 de manera informal, no posee plano estructural ni arquitectónico, a continuación, se describe la información necesaria de la estructura:

- Área de construcción de 137,38 m²

- Estructura de 3 niveles, con entrepisos de 2,80.
- La primera planta contiene local y bodega.
- La segunda y tercera planta son de uso vivienda.



Fotografía 1. Fachada posterior y lateral de la casa tipo.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la inspección visual rápida de la vivienda y tabular sus datos se tiene una estructura con un puntaje final de vulnerabilidad sísmica de -0.8, evidentemente requiere de un estudio técnico profundo, como se muestra en la tabla 38.



Fotografía 2. Inspección visual de la casa tipo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Datos de la evaluación visual rápida para el análisis de vulnerabilidad sísmica.

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES														
										DATOS DE LA EDIFICACION:				
										Dirección: Fermin Chavez y Sn				
Nombre de la edificación: Casa 1										Sitio de referencia: Cerca del tanque de Agua Potable				
Tipo de uso: Residencial					Fecha de evaluación: 13/12/2022					Año de construcción: 2015				
Año de remodelación:					Área construida (m ²): 137,38					Número de pisos: 3				
DATOS DEL PROFESIONAL														
Nombre del evaluador: Gladys Toza										C.I: 080414347-9				
Registro SENECYT:														
TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
Madera	W 1	Pórtico Hormigón Armado			C1	Pórtico Acero Laminado			S1					
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H, Armado con muros estructurales			C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales			S2					
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada			C3	Pórtico Acero Doblado en frío			S3					
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX	sin refuerzo				Pórtico Acero Láminado con muros estructurales de hormigón armado			S4					
		H. Armado prefabricado			PC	Pórtico Acero con paredes mampostería			S5					
PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S														
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5	
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2	
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN														
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION														
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN														
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2	
Costruido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1	
TIPO DE SUELO														
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8	
PUNTAJE FINAL, S					0,2									
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA														
5<2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial								X		 Firma Responsable de evaluación			
2.0>5 >2.5	Media Vulnerabilidad													
5<2.5	Baja Vulnerabilidad													
OBSERVACIONES:														

Fuente: Elaboración propia.

3.4. ENSAYO NO DESTRUCTIVO CON EL ESCLERÓMETRO.

El ensayo no destructivo con el esclerómetro sirve para hallar la resistencia a compresión del hormigón como se explica detalladamente en el marco teórico cap. 2.6.2.

Una vez concluido con la evaluación visual de campo, realizamos el ensayo con el esclerómetro a los elementos (viga, columna, losa) de los 3 pisos de la casa tipo mencionado anteriormente.

Para este ensayo se debe preparar una superficie libre de mortero e imperfecciones, por lo cual para el proyecto se tomó en cuenta lo antes mencionado teniendo elementos libres de recubrimientos. Se trazó cuadrículas centradas como se ve en la fotografía 3.



Fotografía 3. Cuadrículas de ensayo.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra fotografías del ensayo realizado a la vivienda.



Fotografía 4. Toma de lecturas en columna, viga y losa.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 5. Ensayo del esclerómetro de la columna del piso 3.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.1. RESULTADOS PROMEDIOS DE LAS LECTURAS DE REBOTES

En la tabla 36,37,38 se muestra los rebotes de los 3 pisos y la tabulación de los resultados promedios de las lecturas.

Tabla 36. Resultado de rebotes del ensayo del esclerómetro Piso 1.

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
Proyecto:	"Evaluación de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Agua Potable perteneciente a la parroquia San Juan, cantón Pueblo Viejo, provincia de los Ríos".					
Fecha:	26 de Noviembre del 2021	Temperatura:	28°	Hora:	15:00 pm	
Equipo:	Esclerómetro mod.C380-01	Angulo de Rebote:	0°,-90°	Norma:	NTE INEN - 3121	
Propietario:	Sr. Julio Tuapanta	Responsable:	Gladys Toaza			
ELEMENTOS DEL PISO 1						
N° de lecturas	COLUMNA		VIGA		LOSA	
	Golpes	Diferencia	Golpes	Diferencia	Golpes	Diferencia
1	32	0,40	30	1,50	30	-0,60
2	31	1,40	34	-2,50	30	-0,60
3	30	2,40	29	2,50	32	-2,60
4	34	-1,60	29	2,50	28	1,40
5	34	-1,60	32	-0,50	28	1,40
6	30	2,40	29	2,50	28	1,40
7	33	-0,60	30	1,50	28	1,40
8	32	0,40	34	-2,50	33	-3,60
9	34	-1,60	34	-2,50	28	1,40
10	34	-1,60	34	-2,50	29	0,40
Promedio de lecturas=	32,40		31,50		29,40	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Resultado de rebotes del ensayo del esclerómetro Piso 2.

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
Proyecto:	"Evaluación de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Agua Potable perteneciente a la parroquia San Juan, cantón Pueblo Viejo, provincia de los Ríos".					
Fecha:	27 de Noviembre del 2021	Temperatura:	28°	Hora:	14:00 pm	
Equipo:	Esclerómetro mod. C380-01	Angulo de Rebote:	0°,-90°	Norma:	NTE INEN	
Propietario:	Sr. Julio Tuapanta	Responsable:	Gladys Toaza	3121		
ELEMENTOS DEL PISO 2						
N° de lecturas	COLUMNA		VIGA		LOSA	
	Golpes	Diferencia	Golpes	Diferencia	Golpes	Diferencia
1	26	2,30	37	-1,10	32	-2,80
2	30	-1,70	36	-0,10	29	0,20
3	30	-1,70	37	-1,10	28	1,20
4	27	1,30	34	1,90	30	-0,80
5	27	1,30	37	-1,10	28	1,20
6	30	-1,70	36	-0,10	29	0,20
7	28	0,30	36	-0,10	29	0,20
8	30	-1,70	34	1,90	27	2,20
9	26	2,30	36	-0,10	28	1,20
10	29	-0,70	36	-0,10	32	-2,80
Promedio de lecturas=	28,30		35,90		29,20	

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 38. Resultado de rebotes del ensayo del esclerómetro Piso 3.

 UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK FACULTAD DE ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
Proyecto:	"Evaluación de vulnerabilidad sísmica de las viviendas del barrio Agua Potable perteneciente a la parroquia San Juan, cantón Pueblo Viejo, provincia de los Ríos".					
Fecha:	28 de Noviembre del 2021	Temperatura:	26°	Hora:	16:00 pm	
Equipo:	Esclerómetro mod. C380-01	Angulo de Rebote:	0°,-90°	Norma:	NTE INEN	
Propietario:	Sr. Julio Tuapanta	Responsable:	Gladys Toaza	3121		
ELEMENTOS DEL PISO 3						
N° de lecturas	COLUMNA		VIGA		LOSA	
	Golpes	Diferencia	Golpes	Diferencia	Golpes	Diferencia
1	28	0,10	34	-1,70	28	1,80
2	28	0,10	34	-1,70	28	1,80
3	27	1,10	34	-1,70	30	-0,20
4	29	-0,90	33	-0,70	30	-0,20
5	29	-0,90	28	4,30	30	-0,20
6	27	1,10	30	2,30	32	-2,20
7	29	-0,90	32	0,30	30	-0,20
8	28	0,10	34	-1,70	32	-2,20
9	29	-0,90	34	-1,70	30	-0,20
10	27	1,10	30	2,30	28	1,80
Promedio de lecturas=	28,10		32,30		29,80	

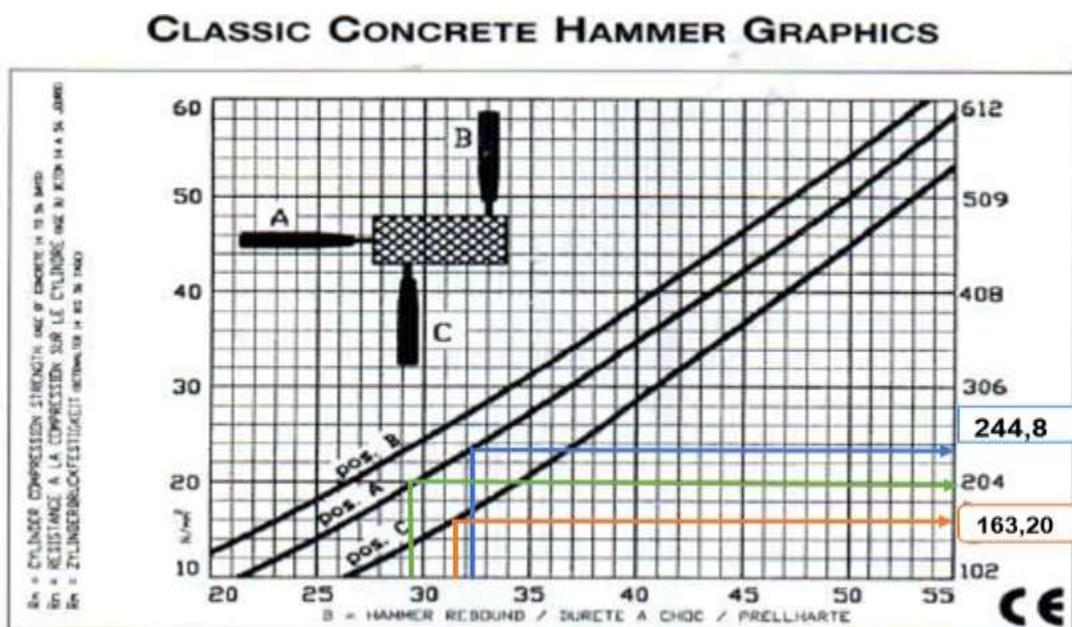
Fuente: *Elaboración propia.*

3.4.2. CALCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL HORMIGÓN SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORRECCIÓN.

Con los resultados de los rebotes, se tomó del diagrama las resistencias del hormigón, en unidades kg/cm² de cada uno de los elementos de todos los 3 pisos. Como se observa en la tabla 39.

El resultado se toma de acuerdo a la posición que fue colocado el esclerómetro.

Tabla 39. Resultados de del f'c del hormigón de los elementos estructurales del Piso 1.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las resistencias del hormigón de la viga, columna y losa, extraídos del diagrama anterior, se tiene en la tabla 40.

Tabla 40. Resultado de la resistencia a compresión del piso 1.

Piso 1			
Elemento	Dimensión(cm)	Promedio de rebotes	f'c (kg/cm ²)
Columna	30X30	32,400	244,800
Viga	30x20	31,500	163,200
Losa	e=20	29,400	204,000

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se tiene los resultados de la resistencia del hormigón del piso 2 y 3, que se muestra en la tabla 41 y 42.

Los diagramas de la resistencia a compresión del hormigón del piso 2 y 3 se encuentra en anexos 2.

Tabla 41. Resultado de la resistencia a compresión del piso 2.

Piso 2			
Elemento	Dimensión(cm)	Promedio de rebotes	f'c (kg/cm2)
Columna	25X25	28,300	183,600
Viga	30x20	35,900	224,400
Losa	e=20	29,200	204,000

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42. Resultado de la resistencia a compresión del piso 3.

Piso 3			
Elemento	Dimensión(cm)	Promedio de rebotes	f'c (kg/cm2)
Columna	25X25	28,100	183,600
Viga	30x20	32,300	173,800
Losa	e=20	29,800	204,000

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. CALCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORRECCION.

La norma japonesa recomienda utilizar un factor de corrección por edad para encontrar un valor adecuado de la resistencia del hormigón.

En la tabla 43,44,45 se tiene los resultados finales de la resistencia del hormigón de los elementos estructurales que son, la columna, losa y viga de los 3 pisos que tiene la vivienda tipo.

Este resultado se obtuvo multiplicando al resultado encontrado en el diagrama, por el factor de corrección (tabla 34) de la Norma Japonesa, se encuentra en el marco teórico cap.2.6.2.2.3.

Tabla 43. Resistencia a compresión del hormigón corregido piso 1.

Piso 1					
Elemento	Dimensión(cm)	Edad(días)	Resistencia sin corregir(kg/cm ²)	factor de corrección	Resistencia corregido(kg/cm ²)
Columna	30X30	2190	244,800	0,638	156,182
Viga	30x20	2190	163,200	0,638	104,122
Losa	e=20	2190	204,000	0,638	130,152

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 44. Resistencia a compresión del hormigón corregido piso 2.

Piso 2					
Elemento	Dimensión(cm)	Edad(días)	Resistencia sin corregir(kg/cm ²)	factor de corrección	Resistencia corregido(kg/cm ²)
Columna	25X25	180	183,600	0,728	133,661
Viga	30x20	180	224,400	0,728	163,363
Losa	e=20	180	204,000	0,728	148,512

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 45. Resistencia del hormigón corregido piso 3.

Piso 3					
Elemento	Dimensión(cm)	Edad(días)	Resistencia sin corregir(kg/cm ²)	factor de corrección	Resistencia corregido(kg/cm ²)
Columna	25X25	180	183,600	0,728	133,661
Viga	30x20	180	173,800	0,728	126,526
Losa	e=20	180	204,000	0,728	148,512

Fuente: *Elaboración propia.*

3.4.4. RESUMEN FINAL DEL CALCULO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

En la tabla 46 se tiene finalmente la resistencia a compresión de las columnas, vigas y losas, con las que se va diseñar y analizar en el programa SAP 2000.

Tabla 46. Resistencia a compresión final de los elementos estructurales de la vivienda tipo.

Resistencia a compresión del hormigón		
Planta	Elemento	F[']c(kg/cm²)
Piso 1	Columna	156,182
	Viga	104,122
	Losa	130,152
Piso 2	Columna	133,661
	Viga	163,363
	Losa	148,512
Piso 3	Columna	133,661
	Viga	126,526
	Losa	148,512

Fuente: *Elaboración propia.*

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de desempeño de la vivienda tipo de 3 pisos de hormigón armado ubicado en la parroquia “San Juan, cantón Pueblo Viejo”, realizamos cálculos de manera manual para conocer el peso de la vivienda considerando las cargas muertas y vivas, para ello se considera la información recolectada ya descritas en capítulo 3.

Con los datos obtenidos anteriormente se realizó el análisis estático lineal en el SAP 2000, para encontrar las derivas de cada piso, los desplazamientos, periodos de vibración, participación de modales y finalmente la corrección del cortante basal.

4.1. DATOS DE LA ESTRUCTURA TIPO

En la visita a la vivienda tipo se pudo observar que la estructura posee vigas bandas, también no cumplen con la condición de columna fuerte viga débil, presentan irregularidad en planta por su forma de peldaños, como se muestra en la fotografía 7, no posee plano arquitectónico ni estructural.



Fotografía 6. Vista frontal de la vivienda.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47. Dimensiones de los elementos estructurales de la vivienda.

Elementos estructurales	Primer piso	Segundo piso	Tercer piso
Vigas	30x20 cm	30x20 cm	30x20 cm
Columnas	30x30 cm	25x25 cm	25x25 cm
Losa	20 cm	20 cm	20 cm
Altura de entrepiso	2,80 m	2,80 m	2,80 m

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. MATERIAL DE LA ESTRUCTURA.

4.1.1.1. RESISTENCIA A LA COMPRESION.

El valor de la resistencia a compresión de cada elemento estructural se encuentra mediante el ensayo del esclerómetro, su tabulación se muestra en el capítulo 3.3.

Cada elemento como columnas, losas y vigas tienen diferentes resistencias a compresión, que vamos a utilizar para el análisis estructural, como indica la tabla 48.

Tabla 48. Resumen de la resistencia a compresión de la estructura.

Resistencia a compresión del hormigón		
Planta	Elemento	F'c(kg/cm²)
Piso 1	Columna	156,182
	Viga	104,122
	Losa	130,152
Piso 2	Columna	133,661
	Viga	163,363
	Losa	148,512
Piso 3	Columna	133,661
	Viga	126,526
	Losa	148,512

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Para el cálculo del módulo de elasticidad, utilizaremos el valor de 115058,90 kg/cm², de la mitad del Mundo(Quito) extraído de la investigación realizada por la “Universidad Central del Ecuador” (Gonzalo A, 2013) , que se muestra en marco teórico cap. 2.4.

Para calcular el módulo de elasticidad utilizaremos la ecuación 16.

$$E = 115058,90 * \sqrt{f'c}$$

Ecuación 16. Módulo de elasticidad.

Fuente: “Universidad Central del Ecuador” (Gonzalo A, 2013).

Finalmente, en la tabla 49 se tiene el resultado final del módulo de elasticidad para cada elemento las mismas se utilizan para ingresar al SAP 2000.

Tabla 49. Resumen del cálculo del módulo de elasticidad de la estructura.

Planta	Elemento	Resistencia del hormigón (kg/cm ²)	Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)
Piso 1	Columna	156,182	1437925,097
	Viga	104,122	1174060,925
	Losa	130,152	1312640,019
Piso 2	Columna	133,661	1330216,241
	Viga	163,363	1470609,387
	Losa	148,512	1402171,034
Piso 3	Columna	133,661	1330216,241
	Viga	126,526	1294228,006
	Losa	148,512	1402171,034

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. RESISTENCIA A FLUENCIA DEL ACERO.

Fy=4200 kg/cm²

Módulo de Young del acero Es=200000 Mpa

Grado 60

Para conocer el acero estructural se utiliza el mínimo valor en el acero superior e inferior, para los elementos longitudinales y transversales, porque la estructura no cuenta con plano estructural y no se conoce los valores exactos, para ello es necesario realizar el ensayo del pachómetro para conocer las secciones del acero.

$$A_{min} = \frac{14 * b * d}{F_y}$$

Ecuación 17. Acero mínimo.

Fuente: "Institute, 2019"

Tabla 50. Acero mínimo.

b(cm)	h(cm)	d(cm)	fc kg/cm2	fy kg/cm2	Amin m	Acero mínimo cm
30	20	17	104,12	4200	1,7	0,00017

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. EJES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

En la tabla 51 y 52 se observa las dimensiones de cada elemento y la posición de cada uno de acuerdo a sus ejes.

Tabla 51. Dimensiones de las columnas de la estructura.

Columnas				
Piso 1			Piso 2-3	
Ejes	Base(m)	Altura(m)	Base(m)	Altura(m)
A	0,3	0,3	0,25	0,25
B	0,3	0,3	0,25	0,25
C	0,3	0,3	0,25	0,25
1	0,3	0,3	0,25	0,25
2	0,3	0,3	0,25	0,25
3	0,3	0,3	0,25	0,25
4	0,3	0,3	0,25	0,25
5	0,3	0,3	0,25	0,25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. Dimensiones de las vigas de la estructura.

Vigas		
Pisos 1,2,3		
Ejes	Base(m)	Altura(m)
A	0,3	0,2
B	0,3	0,2
C	0,3	0,2
1	0,3	0,2
2	0,3	0,2
3	0,3	0,2
4	0,3	0,2
5	0,3	0,2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53. Dimensiones de las losas de la estructura.

Losa	
Pisos 1,2,3	
e(cm)	20

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. AGRIETAMIENTOS DE COLUMNAS Y VIGAS.

De acuerdo a la norma NEC-15, para agrietamientos el momento de inercia en columnas tenemos 0,8 y para vigas de 1 por ser bandas.

Tabla 54. Factor de agrietamiento para las columnas y vigas de la estructura.

	Elemento	base(m)	Altura (m)	Área	Inercia Agrietada
PISO 1	Columnas	0,30	0,30	0,09	0,8
	Vigas	0,30	0,20	0,06	1,0
PISO 2	Columnas	0,25	0,25	0,06	0,8
	Vigas	0,30	0,20	0,06	1,0
PISO 3	Columnas	0,25	0,25	0,06	0,8
	Vigas	0,30	0,20	0,06	1,0

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. CALCULO DE CARGAS.

4.1.6.1. Carga muerta.

Para el cálculo de la carga muerta de la estructura de hormigón armado se considera a las cargas verticales que son las columnas, vigas y losas:

4.1.6.1.1. *Calculo manual del peso de las columnas.*

Tabla 55. Peso de las columnas del piso 1.

Columnas del piso 1						
b (m)	h(m)	área(m2)	Altura del entrepiso	Numero de columnas	Peso específico del hormigón T/m2	Peso(Ton)
0,3	0,3	0,09	2,8	15	2,4	9,072

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56. Peso de las columnas del piso 2,3.

Columnas del piso 2,3						
b (m)	h(m)	área(m2)	Altura del entrepiso	Numero de columnas	W específico del hormigón T/m2	W(Ton)
0,25	0,25	0,0625	2,8	15	2,4	6,3

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6.1.2. *Calculo manual del peso de las vigas.*

Tabla 57. Peso de las vigas del piso 1,2,3.

Vigas						
Planta	b(m)	h(m)	Área(m2)	Distancia de vigas(m)	Peso específico del hormigón T/m2	Peso(Ton)
Piso 1	0,3	0,2	0,06	86,55	2,4	12,463
Piso 2	0,3	0,2	0,06	86,55	2,4	12,463
Piso 3	0,3	0,2	0,06	87,55	2,4	12,607

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6.1.3. *Calculo manual del peso de las losas.*

En la tabla 58 se detalla los cálculos para determinar la carga muerta de la losa alivianada.

Tabla 58. Calculo del peso de la losa por metro cuadrado.

Peso propio de losa/m²							
Elementos	Dimensiones del bloque		Dimensiones del nervio			Calculo	
	Espesor	Peso específico del bloque T	Numero de bloques		Distancia de largo por metro cuadrado	Peso específico del hormigo (T/m²)	Peso propio de la losa T/m²
Bloques alivianados (40)		0,0127	8				0,10
Nervio	0,15			0,2	1	2,4	0,07
Loseta en compresión	0,05				1	2,4	0,12
Total (T/m²)							0,29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59. Resumen del cálculo del peso de la losa de la estructura.

Planta	Área total	Peso por cada metro cuadrado	Peso total de la losa (Ton)
Piso 1	125,36	0,29	36,806
Piso 2	127,91	0,29	37,554
Piso 3	129,19	0,29	37,930

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6.1.4. *Mampostería.*

Para realizar el peso de la mampostería se utiliza como referencia los estudios realizados de la Universidad Católica del Ecuador en la Facultad de Ingeniería Civil, la dosificación de unión de bloques mortero 1:3 y para enlucido mortero de 1:4, porque poseen mayor densidad, como se muestra en la tabla 60.

En la región costa utilizan la arena directamente sin realizar ningún proceso para retirar las impurezas que afecten en la construcción.

Tabla 60. Resultados del peso de la mampostería.

			Bloques prensado			Bloque alivianado	
Ancho de bloque(cm)			10	15	20	10	15
Numero de bloques			11,2573	11,2573	11,2573	12,7885	12,7885
Peso de bloques(kg)			8,6800	10,3800	13,7300	4,1800	6,0200
Mortero de unión(m3)			0,0139	0,0208	0,0281	0,0123	0,0202
Mortero de enlucido(m3)			0,0200	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
Espesor de pared(m)			0,1200	0,1700	0,2220	0,1030	0,1560
Mortero	Dosificación	Densidad(kg/m ³)	Peso por m ² de pared de mampostería (kg/m ²)				
Arena de río	1:3	1809,85	158,37	189,94	240,96	111,17	149,03
	1:4	1774,61					
Arena fina	1:3	1743,53	155,35	186,47	237	108,26	145,6
	1:4	1670,06					
Polvo amarillo	1:3	1681,67	153,32	184	234,09	106,33	143,17
	1:4	1611,17					
Valor máximo de pes por m ² (kg/m ²)			158,37	189,94	240,96	111,17	149,03

Fuente: "Universidad Católica del Ecuador", Páez Vargas 2014.

De acuerdo a la tabla 60 el peso de mampostería por m² es de 158,37 kg/cm², valor con el que se realiza los cálculos para la vivienda en estudio.

Tabla 61. Cálculo del peso de la mampostería del piso 1.

Piso 1					
Mampostería					
Secciones	Espesor(m)	Altura del entrepiso(m)	Distancia total(m)	Peso de mampostería (T/m ²)	Peso(Ton)
Paredes laterales	0,15	2,8	42	0,158	18,624
Divisiones	0,15	2,8	6,05	0,158	2,683
Paredes frontales	0,15	2,8	11,45	0,158	5,077
Total					26,384

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62. Cálculo del peso de la mampostería del piso 2.

Piso 2					
Mampostería					
Secciones	Espesor(m)	Altura del entrepiso(m)	Distancia total(m)	Peso de mampostería (T/m²)	Peso(Ton)
Paredes laterales	0,15	2,8	36,9	0,158	16,363
Divisiones	0,15	2,8	15,09	0,158	6,691
Paredes frontales	0,15	1,95	5,6	0,158	1,729
Total					24,784

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63. Cálculo del peso de la mampostería del piso 3.

Piso 3					
Mampostería					
Secciones	Espesor(m)	Altura del entrepiso(m)	Distancia total(m)	Peso de mampostería (T/m²)	Peso(Ton)
Paredes laterales	0,15	2,8	26,98	0,158	11,964
Divisiones	0,15	2,8	17,9	0,158	7,938
Paredes frontales	0,15	1,3	5,6	0,158	1,153
Total					21,054

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6.1.5. Acabados.

En la tabla 64, se visualiza lo especificado por la norma NEC-15 de cargas no sísmicas, donde indican los factores que se debe considerar al momento de calcular la carga viva, como el caso de la cerámica.

Tabla 64. Valores del peso de la cerámica.

Material	Peso Unitario KN/m3
Contrapiso y recubrimientos	KN/m2
Baldosa de mármol reconstituido con mortero, por cada cm, de espesor	0,22
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0,20
Contrapiso de hormigón ligero simple, por cada cm de espesor	0,16
Contrapiso de hormigón simple por cada cm de espesor	0,22

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

En la tabla 65 se tiene el cálculo de los acabados por cada m2, luego se multiplica por el área total, para obtener el resultado final.

Tabla 65. Resumen del cálculo de acabados de la estructura.

Acabados		
Masillado	3,000	cm
Enlucido	3,000	cm
Peso específico del mortero	2200,000	kg/m2
Cerámica	20,000	kg/m2
Total de enlucido y masillado	132,000	kg/m2
Instalaciones	20,000	kg/m2
Total de enlucido y masillado	372,000	kg/m2
	0,372	t/m2
Peso total	1,720	
Peso por cada piso	0,5733	

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la tabla 66 se tiene el total de carga muerta de toda la edificación, que incluye al peso de las losas, columnas, vigas, mampostería y acabados, explicados anteriormente el cálculo de cada uno.

Tabla 66. Resumen de la carga muerta total de la estructura.

Carga muerta de la estructura(T)	
Piso 1	83,698
Piso 2	81,675
Piso 3	78,465
W total(T)	243,837

Fuente: Elaboración propia.

4.1.7. CARGA VIVA.

Para realizar el cálculo de la carga viva o sobrecarga se revisa el uso que se le da a la estructura, la norma Nec-15 de cargas no sísmicas establecen ciertos factores que se debe usar para el diseño estructural, véase tabla 67.

Tabla 67. Carga viva para bodegas de acuerdo a la NEC-15.

Bodegas de almacenamiento(serán diseñadas para la mayor carga prevista)	
Livianas	6
Pesada	12

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

Tabla 68. Carga viva de las bodegas de acuerdo a la NEC-15.

Ocupación o uso	Carga uniforme(KN/m2)	Carga concentrada(KN)
Almacenes		
Venta al por menor		
Primer piso	4,8	4,5
Piso Superiores	3,6	4,5
Venta al por mayor.		
Todos los pisos	6	4,5

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

En la tabla 69, se tiene la carga viva total de la vivienda de acuerdo a la función que desempeña cada piso, cumpliendo las especificaciones de la norma ecuatoriana de la construcción.

Tabla 69. Resumen de la carga viva.

Resumen de carga viva			
Planta	Ocupación	Peso	
		(KN/m2)	T/m2
Piso 1	local	4,8	0,4848
	Bodega	12	1,212
Piso 2	Vivienda	2	0,202
Piso 3	Vivienda	2	0,202

Fuente: Elaboración propia.

4.2. ANÁLISIS SÍSMICO CON LOS PARÁMETROS DE LA NORMA NEC-15.

Para realizar el análisis sísmico se toma en cuenta la región de la vivienda tipo, la misma es de hormigón armado, de 3 pisos, la cual cuenta en la primera planta bodega y local, el segundo y tercera planta de uso vivienda.

4.2.1. ZONIFICACIÓN SÍSMICA, FACTOR Z.

Tabla 70. Factor Z de la zona analizado.

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	factor Z
San Juan	San Juan	Puebloviejo	Los Ríos	0,3

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

Tabla 71. Nivel de zona sísmica.

Zona sísmica	III
Valor factor Z	0,3
Caracterización del peligro sísmico	Alta

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

4.2.2. ZONA GEOGRÁFICA.

En el Ecuador se tiene 6 tipos de suelos, pero para este proyecto se tomó el tipo D, porque según la Microzonificación sísmica de (Aguiar R, 2017), la mayor parte del Ecuador tienen tipo D, no existe estudios de suelos para la zona analizada.

Tabla 72. Tipo de suelo.

Tipo de suelo	D
----------------------	---

Fuente: (Aguiar R, 2017)

4.2.3. COEFICIENTE DEL PERFIL DE SUELOS.

Los valores F_a , F_d y F_s , se toma de acuerdo al suelo tipo D y con relación de la zona sísmica III, especificadas en la norma (NEC-SE-DS, 2015), véase en la tabla 6,7,8 del capítulo 2.5.3 del marco teórico.

4.2.3.1. Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

Tabla 73. Valor del coeficiente de amplificación.

F_a	
Tipo de perfil de subsuelo	Zona sísmica y factor Z
	III
D	1,3

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

4.2.3.2. Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.

Tabla 74. Valor de amplificación de las ordenadas del espectro.

F_d	
Tipo de perfil de subsuelo	Zona sísmica y factor Z
	III
D	1,36

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

4.2.3.3. Comportamiento no lineal de los suelos.

Tabla 75. Valor de comportamiento no lineal.

F_s	
Tipo de perfil de subsuelo	Zona sísmica y factor Z
	III
D	1,11

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

4.2.4. RAZÓN ENTRE LA ACELERACIÓN ESPECTRAL SA Y EL PGA (η).

Este valor se toma porque la vivienda se encuentra ubicado en la región costa.

Tabla 76. Valor de la relación de amplificación espectral.

Relación de amplificación espectral	Región del Ecuador
$\eta=1,80$	Provincias de la Costa, excepto Esmeraldas

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

4.2.5. CALCULO DEL PERIODO DE VIBRACIÓN.

Para el cálculo del periodo de vibración es necesario conocer el tipo de estructura y los coeficientes de reducción sísmica que especifica la norma NEC-15, véase la tabla 77 y 78.

Tabla 77. Coeficiente de la estructura.

Tipo de estructura	C_t	α
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0,055	0,9

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

Tabla 78. Coeficiente de reducción sísmica.

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

De acuerdo a los cálculos realizados con las especificaciones de la norma se tiene los siguientes datos de la estructura, como indica la tabla 79.

Tabla 79. Datos de la estructura.

Ubicación	San Juan
Provincia	Los Ríos
Región	Costa
Z	0,30
Zona sísmica	III
Factor de Importancia I	1,00
Caracterización del peligro sísmico	Alta
Tipo de suelo	D
Fa	1,30
Fd	1,36
Fs	1,11
η	1,80
R	5,00
\emptyset_p	0,90
\emptyset_e	1,00
Hmax=	8,40
Ct=	0,055
α	0,90
r	1,00
Tc	0,639
To	0,116
T	0,373

Fuente: Elaboración propia.

Para conocer el estado estructural en la que se encuentra la vivienda se calcula el periodo de vibración con la ecuación 18.

$$T = Ct * H^\alpha$$

Ecuación 18. Calculo del periodo de vibración.

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

$$T = 0,055 * 8,40^{0,90}$$

$$T = 0,373$$

4.2.6. ESPECTRO ELÁSTICO.

Para conocer el comportamiento de la vivienda ante un sismo se calcula el espectro elástico, como se muestra a continuación:

$$Tc = 0,55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 19. Calculo del espectro elástico.

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

$$Tc = 0,55 * 1,11 * \frac{1,36}{1,30}$$

$$Tc = 0,639$$

$$0 \leq T \leq Tc$$

$$\mathbf{0,373 < 0,639}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos en la condición, para el cálculo del espectro se utiliza la ecuación 20, siguiendo los parámetros de la norma NEC-15.

$$S_{a=}\eta ZF_a$$

Ecuación 20. Calculo del espectro elástico.

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

$$S_{a=}1,80 * 0,30 * 1,30$$

$$S_{a=}0,702$$

4.2.7. PESO SÍSMICO.

Tabla 80. Peso total de toda la estructura.

Peso de la estructura por piso (T)						
Planta	Nivel Piso (m)	W losa (Ton)	W vigas	W columna	W acabados	W total (Ton)
3er piso	8,400	37,930	12,607	6,300	21,628	78,465
2da piso	5,600	37,554	12,463	6,300	25,357	81,675
1ra piso	2,800	36,806	12,463	9,072	26,958	83,697
TOTAL		112,290	37,534	21,672	73,942	243,836

Fuente: Elaboración propia.

4.2.8. COEFICIENTE ESTÁTICO.

Para el cálculo del coeficiente estático se realiza con las especificaciones de la norma NEC-15, véase en:

Irregularidad en planta en la tabla 14, cap. 2.5.8.1.

Irregularidad en elevación en la tabla 17, cap. 2.5.8.2.2.

Coeficiente de reducción en la tabla 10, cap. 2.5.10.

Espectro elástico en la ecuación 20, de este capítulo. 4.3.6.

Tabla 81. Datos para calcular el coeficiente estático.

Factor de Importancia I	1,00
R	5,00
Ø_p	0,90
Ø_e	1,00
S_a=	0,702

Fuente: Elaboración propia.

$$V = \frac{ISa(Ta)}{R\phi_P\phi_E}$$

Ecuación 21. Cálculo del coeficiente basal.

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

$$V = \frac{1 * 0,702}{5 * 0,90 * 1}$$

$$V = 0,156$$

4.2.9. CORTANTE BASAL DE DISEÑO V.

$$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_P \phi_E} * W$$

Ecuación 22. Calculo del cortante basal.

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

$$V = \frac{1 * 0,702}{5 * 0,90 * 1} * 243,837$$

$$V = 38,039 T$$

4.2.10. ESPECTRO ELÁSTICO DE ACELERACIONES NEC-15.

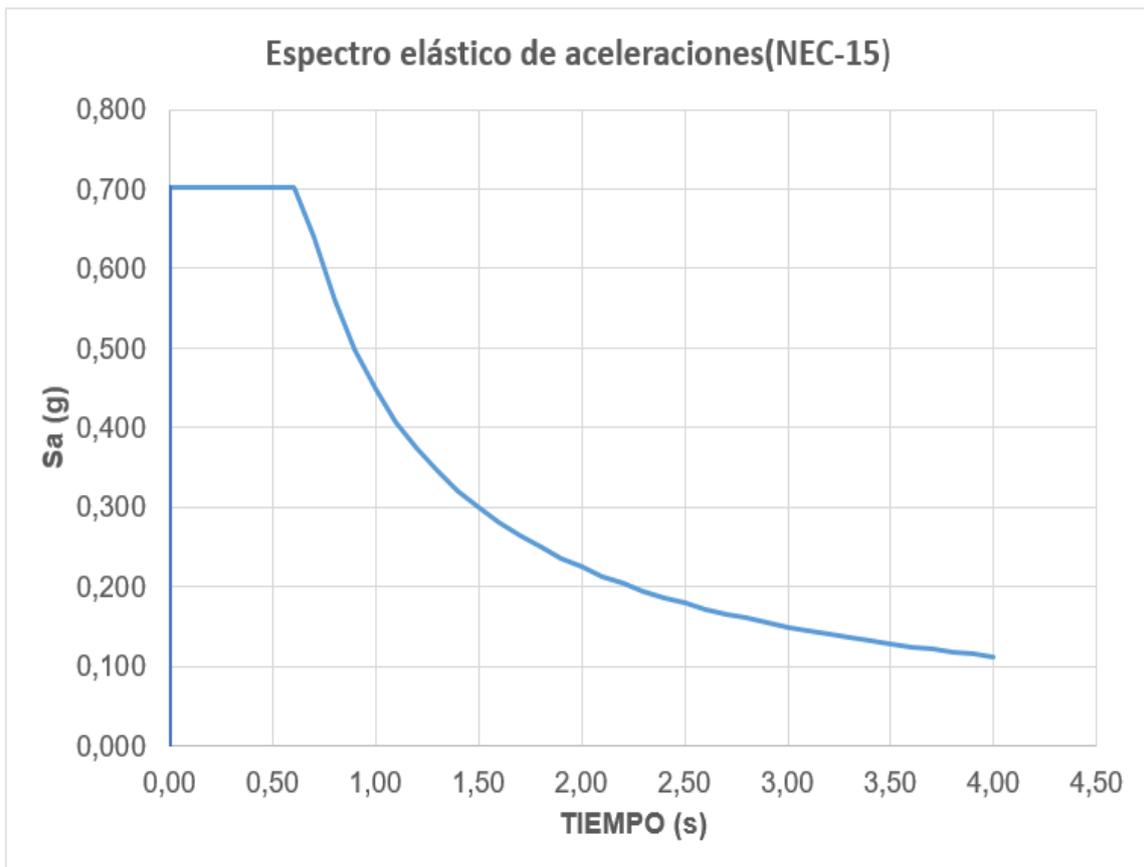


Ilustración 26. Diagrama del espectro elástico.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. MODELACIÓN.

Para realizar la modelación se debe considerar las secciones de los elementos estructurales (columna, viga y losa), considerando sus respectivas cargas muerta y viva, para este trabajo de investigación será utilizado el programa estructural SAP 2000.

4.3.1. UNIDADES

Al iniciar el modelamiento se debe asignar al programa las unidades en la que se establece en nuestro proyecto, como se ve en la ilustración

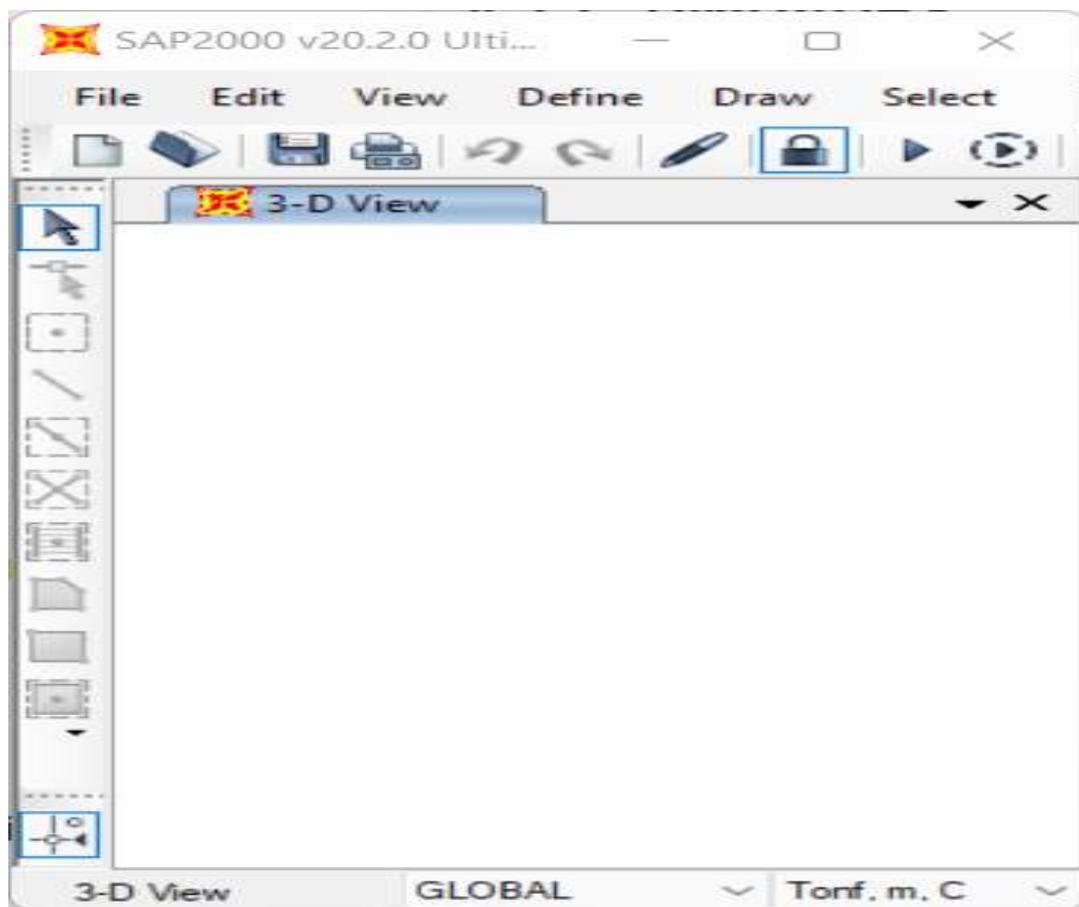


Ilustración 27. Unidades del software SAP 2000.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. CREACIÓN DE EJES.

Con la información levantada a la vivienda tipo se procede a crear los grid de eje a eje.

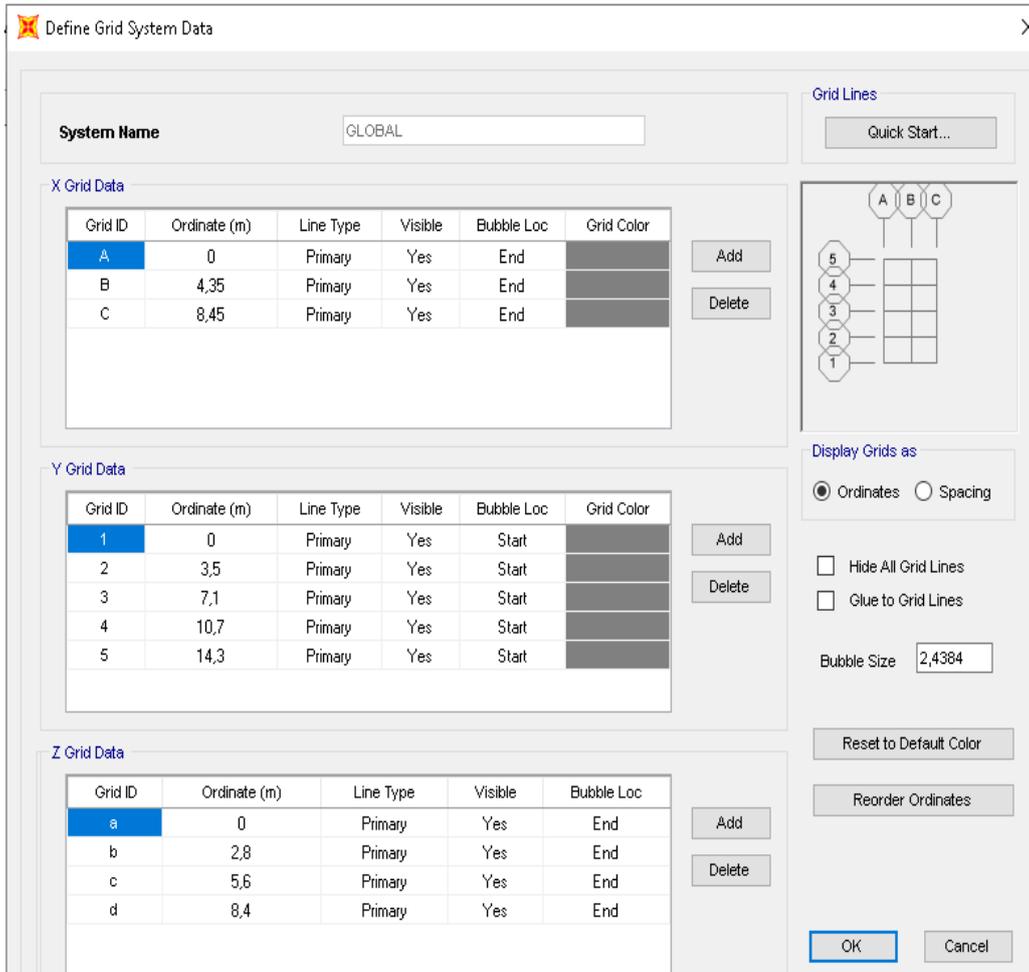


Ilustración 28. Definición de ejes en el SAP 2000.

Fuente: Elaboración propia

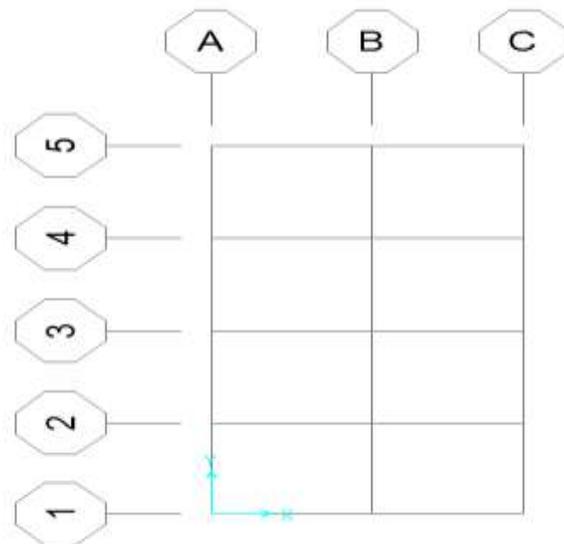


Ilustración 29. Vista en planta de ejes en el SAP 2000.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. CREACION DEL MATERIAL.

Para asignar los materiales se ve en la tabla 49 la resistencia a compresión de los elementos estructurales, y la tabla 49 los resultados del módulo de elasticidad.

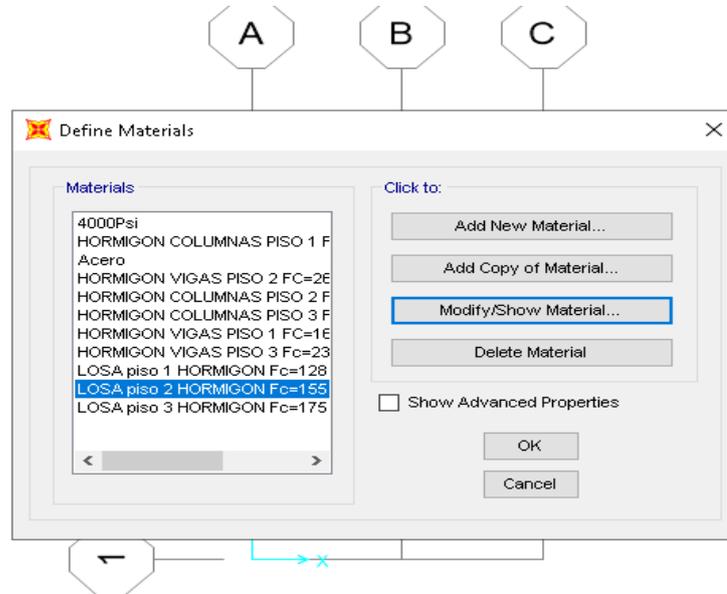


Ilustración 30. Creación de las resistencias del hormigón para cada elemento.

Fuente: Elaboración propia.

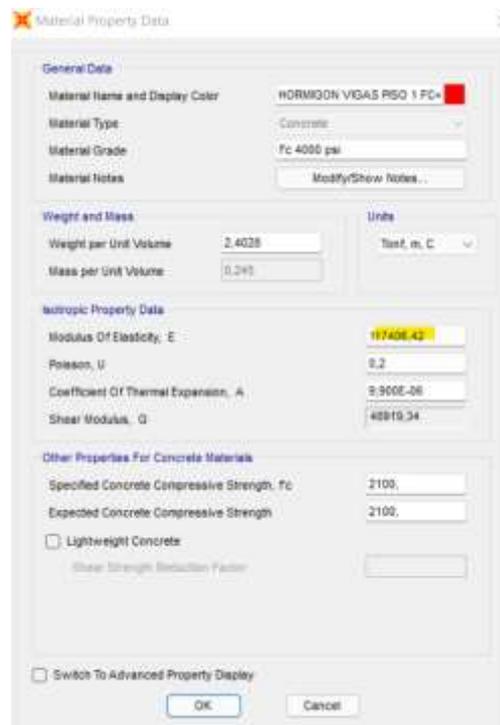


Ilustración 31. Creación del módulo de elasticidad por cada elemento.

Fuente: Elaboración propia.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Fy=4200 kg/cm2

Material Type: Rebar

Material Grade: Grade 60

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7,849

Mass per Unit Volume: 0,8004

Units

Tonf, m, C

Uniaxial Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 20389019,

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G:

Other Properties For Rebar Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 4200,

Minimum Tensile Stress, Fu: 63276,27

Expected Yield Stress, Fye: 46402,6

Expected Tensile Stress, Fue: 69603,89

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Ilustración 32. Creación del esfuerzo de fluencia del Acero.

Fuente: *Elaboración propia.*

Al realizar la asignación de los materiales en el SAP 2000, se utiliza diferentes valores para cada elemento estructural, tanto para la resistencia del hormigón como el módulo de elasticidad.

A continuación, en las siguientes ilustraciones se presenta todo el paso realizado para la columna. Viga y losa de los 3 pisos de la vivienda.

4.3.3.1. COLUMNAS DEL PISO 1-2-3

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color:

Material Type:

Material Grade:

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:

Mass per Unit Volume:

Units

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E:

Poisson, U:

Coefficient Of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c:

Expected Concrete Compressive Strength:

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Ilustración 33. Definición de las propiedades de la Columna piso 1, de 30x30 cm.

Fuente: Elaboración propia.

Material Property Data [Close]

General Data

Material Name and Display Color: [Color: Red]

Material Type:

Material Grade:

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:

Mass per Unit Volume:

Units

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E:

Poisson, U:

Coefficient Of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c:

Expected Concrete Compressive Strength:

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Ilustración 34. Definición de las propiedades de la Columna piso 2, de 25x25 cm.

Fuente: Elaboración propia.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: 

Material Type:

Material Grade:

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:

Mass per Unit Volume:

Units

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E:

Poisson, U:

Coefficient Of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c:

Expected Concrete Compressive Strength:

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Ilustración 35. Definición de las propiedades de la Columna piso 3, de 25x25 cm.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.2. VIGAS DEL PISO 1-2-3.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: HORMIGON VIGAS PISO 1 FC=

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c 4000 psi

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,4028

Mass per Unit Volume: 0,245

Units

Tonf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 11740632,

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 4891930,

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2812,2785

Expected Concrete Compressive Strength: 2812,2785

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Ilustración 36. Definición de las propiedades de la viga 30x20 del piso 1.

Fuente: Elaboración propia.

 Material Property Data X

General Data

Material Name and Display Color: 

Material Type:

Material Grade:

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:

Mass per Unit Volume:

Units

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E:

Poisson, U:

Coefficient Of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c:

Expected Concrete Compressive Strength:

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Ilustración 37. Definición de las propiedades de la viga 30x20 del piso 2.

Fuente: Elaboración propia.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: ■

Material Type:

Material Grade:

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume:

Mass per Unit Volume:

Units

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E:

Poisson, U:

Coefficient Of Thermal Expansion, A:

Shear Modulus, G:

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c:

Expected Concrete Compressive Strength:

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Ilustración 38. Definición de las propiedades de la viga del piso 3.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.3. LOSA

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: LOSA piso 1 HORMIGON Fc=1

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c 4000 psi

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,4028

Mass per Unit Volume: 0,245

Units

Units: Tonf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 13126400,

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 5469333,

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2812,2785

Expected Concrete Compressive Strength: 2812,2785

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Ilustración 39. Definición de las propiedades de la losa e=20 cm del piso 1.

Fuente: Elaboración propia.

Material Property Data ✕

General Data

Material Name and Display Color: LOSA piso 2 HORMIGON Fc=1' ■

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c 4000 psi

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass **Units**

Weight per Unit Volume: 2,4028 Tonf, m, C

Mass per Unit Volume: 0,245

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 14021710,

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 5842379,

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2812,2785

Expected Concrete Compressive Strength: 2812,2785

Lightweight Concrete

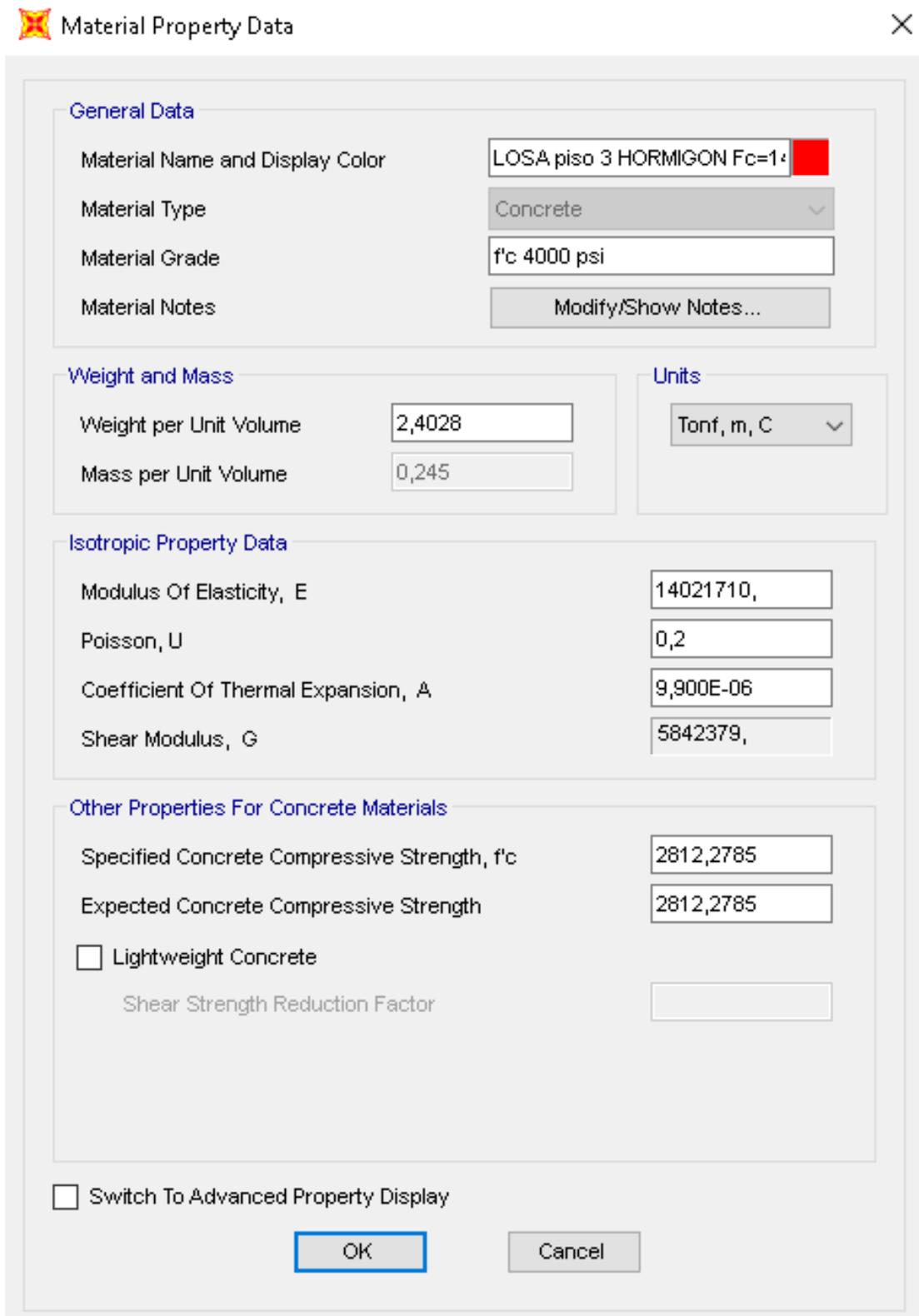
Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Ilustración 40. Definición de las propiedades de la losa del piso 2, e=20 cm.

Fuente: Elaboración propia.

 Material Property Data ✕

General Data

Material Name and Display Color: LOSA piso 3 HORMIGON Fc=14 ■

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c 4000 psi

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2,4028

Mass per Unit Volume: 0,245

Units

Tonf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 14021710,

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 5842379,

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 2812,2785

Expected Concrete Compressive Strength: 2812,2785

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Ilustración 41. Definición de las propiedades de la losa de e=20 cm piso 3.

Fuente: *Elaboración propia.*

4.3.4. CREACION DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

4.3.4.1. Columnas de 30x30cm.

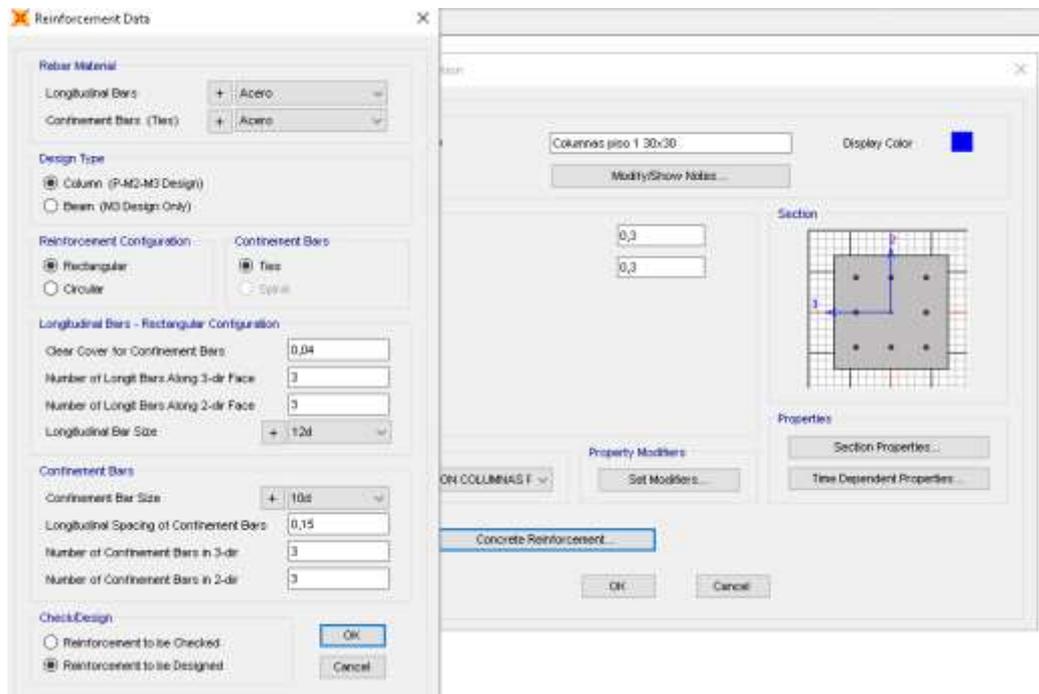


Ilustración 42. Creación de la columna del piso 1.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.2. Columnas de 25x25cm.

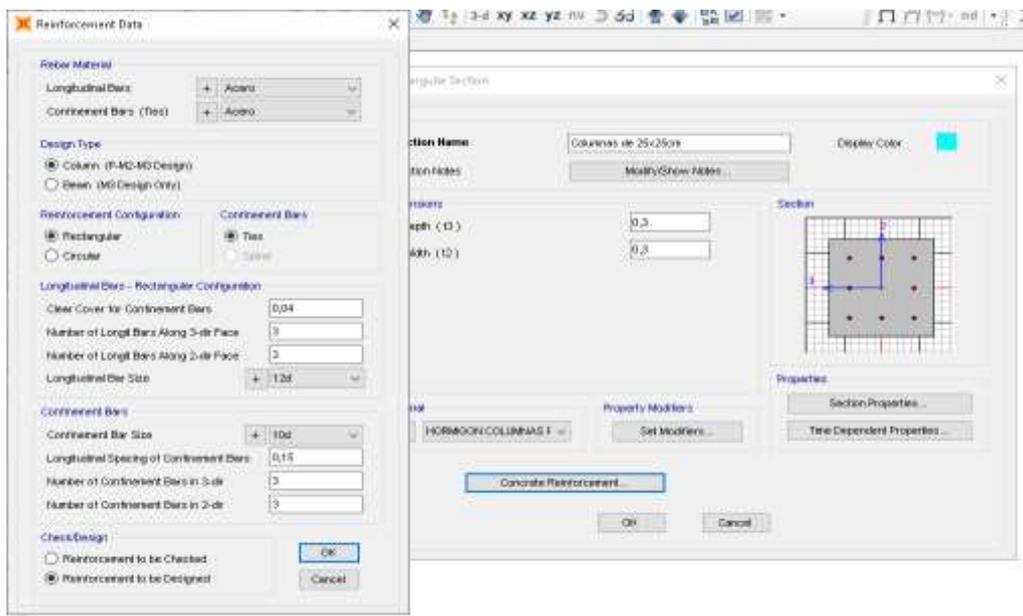


Ilustración 43. Creación de las columnas de 25x25 cm.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.3. Vigas del piso 1-2-3.

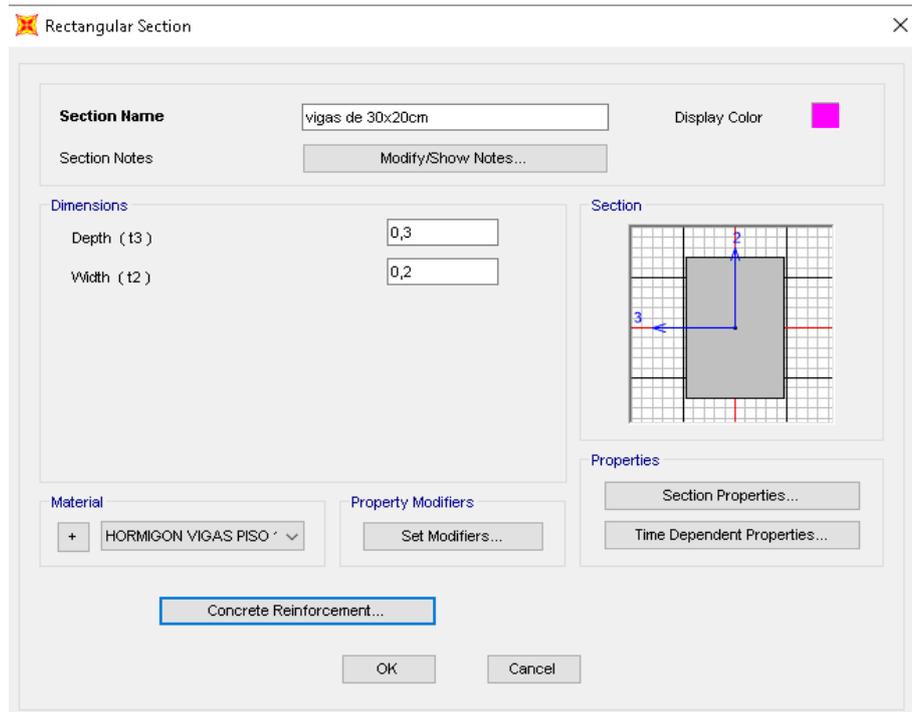


Ilustración 44. Creación de vigas en el SAP 2000.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5. AGRIETAMIENTO.

Para las columnas tenemos agrietamientos de 0,8.

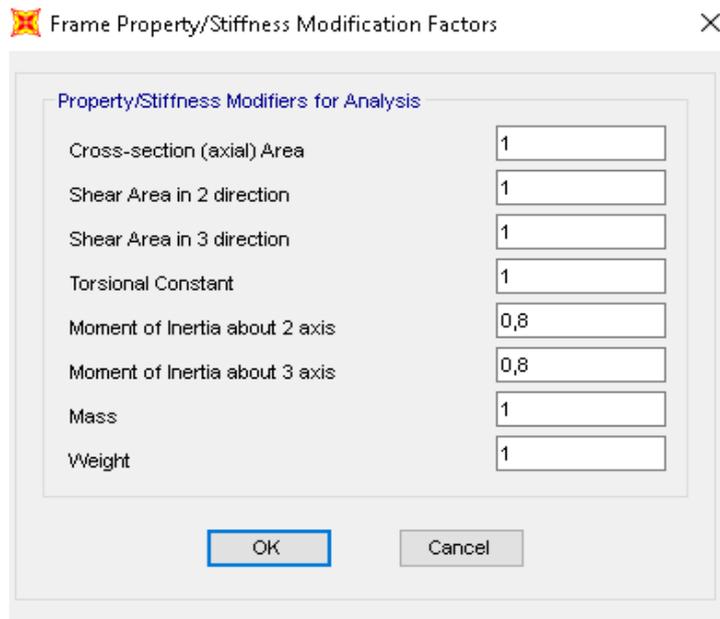


Ilustración 45. Colocación del factor de agrietamientos en columnas.

Fuente: Elaboración propia.

Para las vigas tenemos agrietamiento de 1 porque la estructura está conformada por vigas bandas.

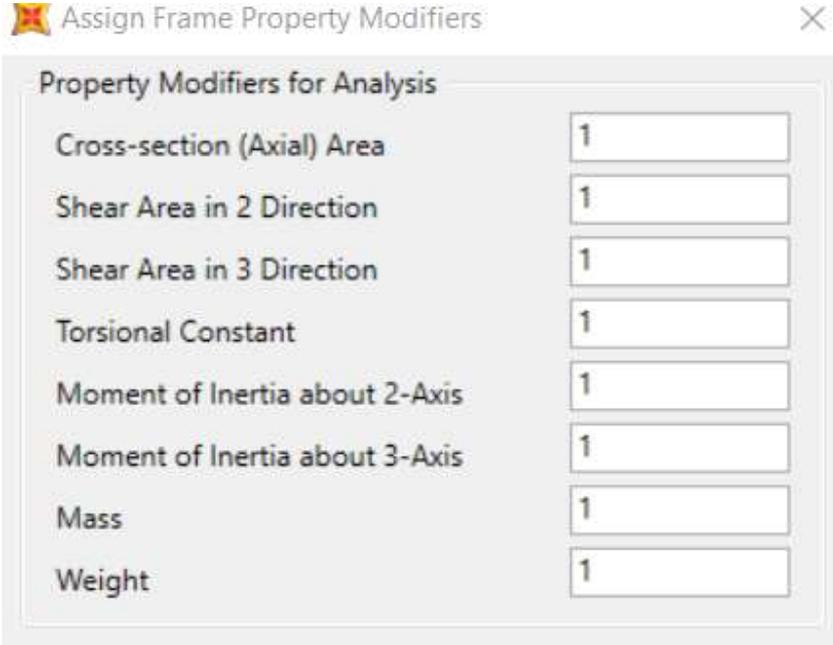


Ilustración 46. Creación de agrietamientos en vigas.

Fuente: Elaboración propia.

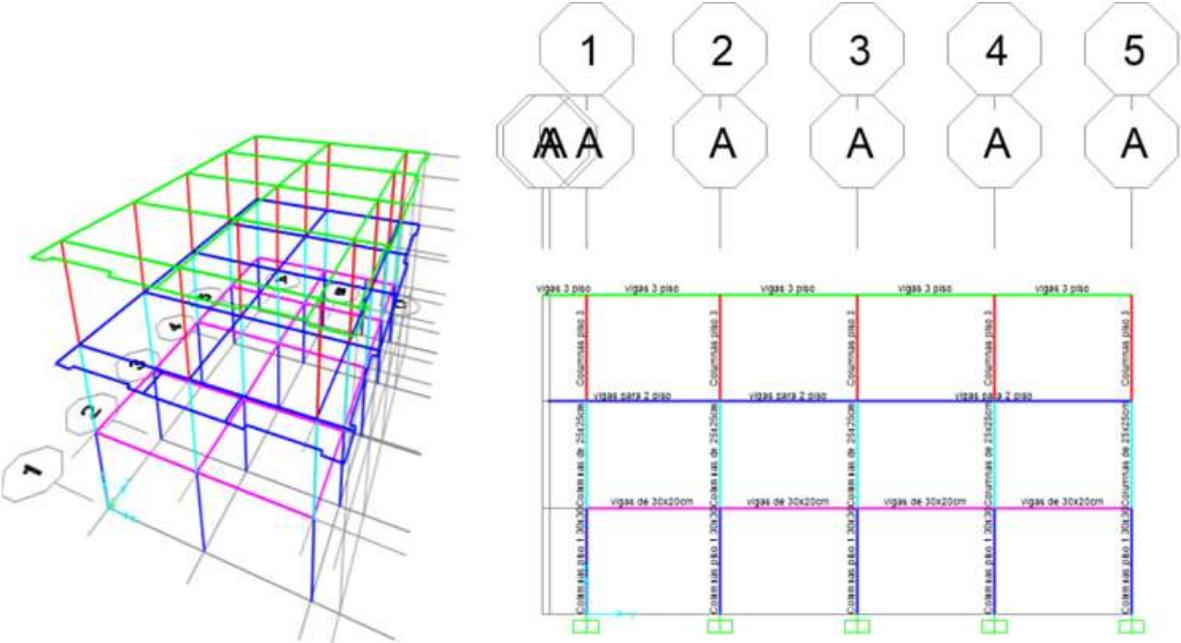


Ilustración 47. Definición de los elementos estructurales.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez creada las columnas y vigas se define las restricciones que tiene la base de las columnas, que son empotradas.

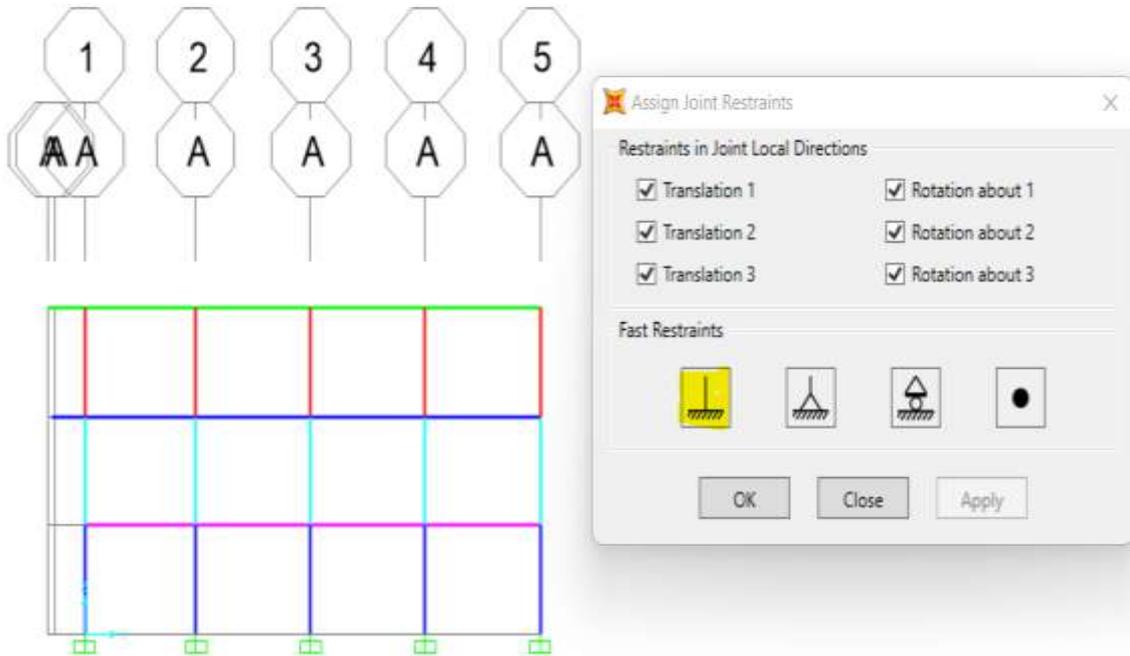


Ilustración 48. Base de las columnas empotradas.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6. MODELAMIENTO DE LOSAS.

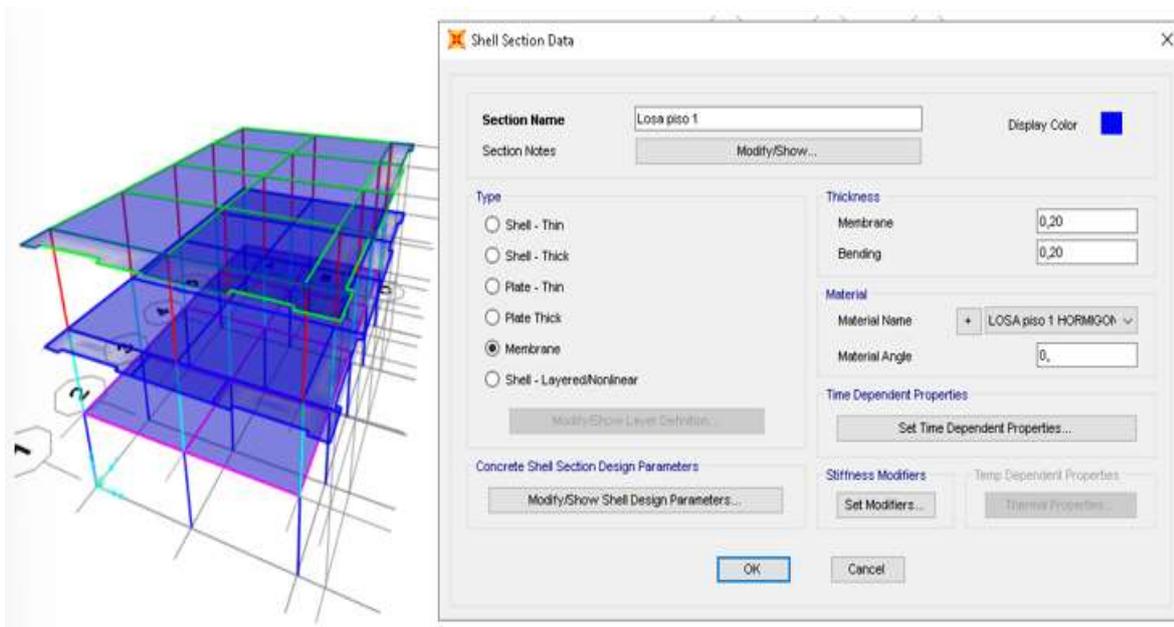


Ilustración 49. Creación de la losa.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.7. DEFINICION DE CARGAS.

Se ingresa los patrones de cargas con sus respectivos factores, como se ve en la ilustración. Donde se ingresa cargas sísmicas en x, y, con tipo de carga Quake, aquí se ingresa el cortante basal C y K.

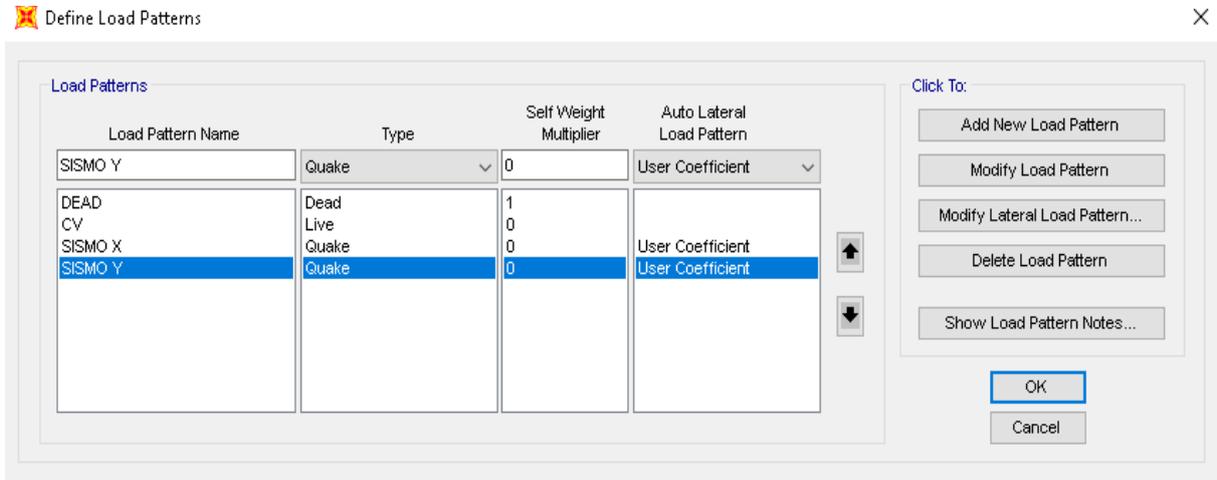


Ilustración 50. Definición de cargas en el SAP 2000 de la estructura.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.8. PESO SISMICO.

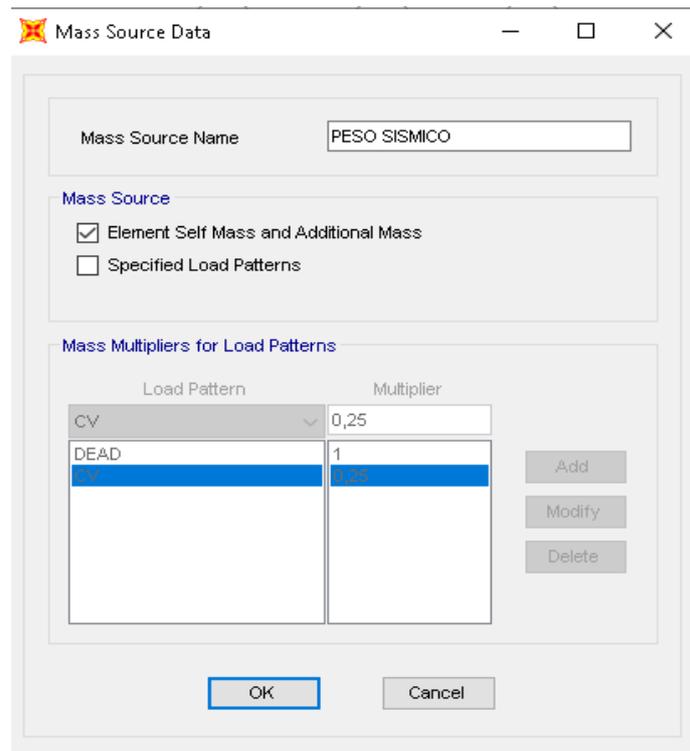


Ilustración 51. Definición del peso sísmico.

Fuente: Elaboración propia

4.3.9. COLOCACIÓN DE CARGAS.

4.3.9.1. Carga viva.

4.3.9.1.1. Cargas del primer piso.

Local = 0,48 T/m²

Assign Area Gravity Loads

General

Load Pattern: CV

Coordinate System: GLOBAL

Gravity Multipliers

Global X: 0

Global Y: 0

Global Z: 0,48

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Location Assignments Loads

Identification

Label: 1

Load Pattern	CM
Gravity Load	
Coordinate System	GLOBAL
UZ	0,37
Load Pattern	CV
Gravity Load	
Coordinate System	GLOBAL
UZ	0,48

Tonf, m, C

Ilustración 52. Asignación de la carga viva para el local.

Fuente: Elaboración propia

Bodega = 1,21 T/m²

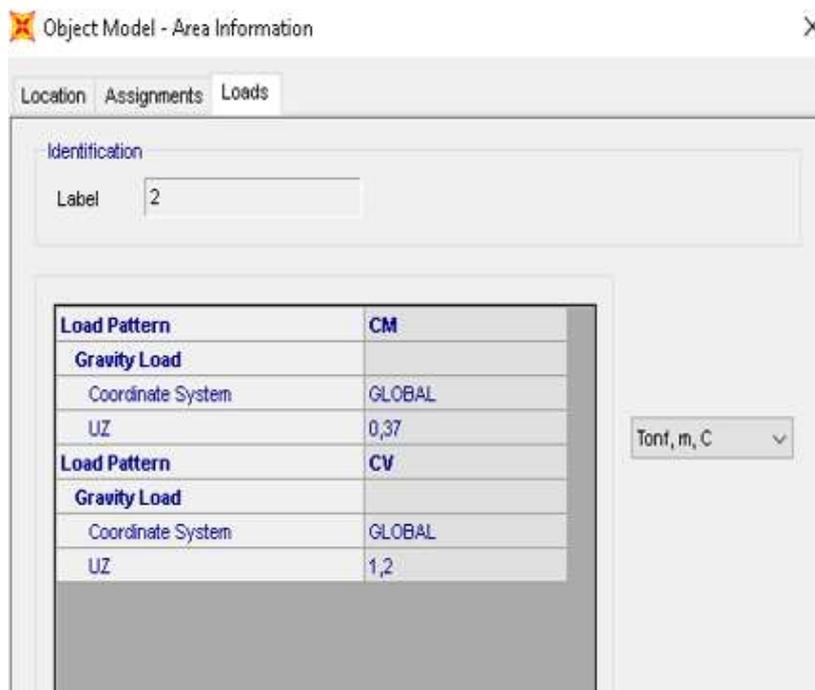
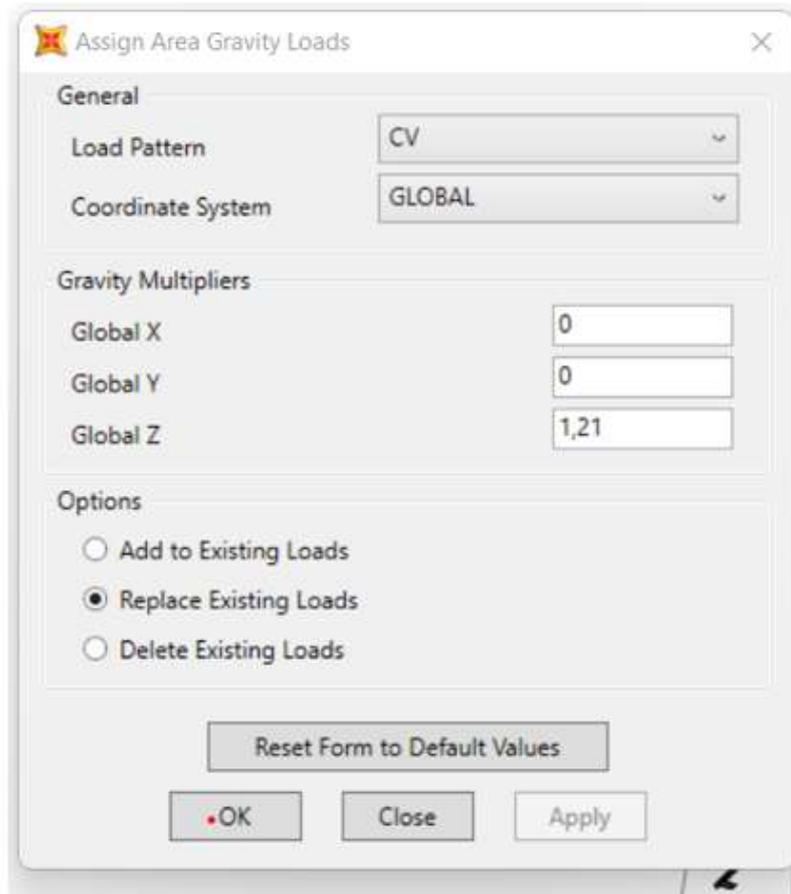


Ilustración 53. Asignación de la carga viva en bodega.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.9.1.2. Cargas del 2do y tercer piso.

Vivienda = 0,202 T/m²

Assign Area Gravity Loads

General

Load Pattern: CV

Coordinate System: GLOBAL

Gravity Multipliers

Global X: 0

Global Y: 0

Global Z: 0.20

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Location Assignments Loads

Identification

Label: 18

Load Pattern	CM
Gravity Load	
Coordinate System	GLOBAL
UZ	0,37
Load Pattern	CV
Gravity Load	
Coordinate System	GLOBAL
UZ	0,2

Tonf, m, C

Ilustración 54. Definición de la carga viva para la vivienda.

Fuente: Elaboración propia

4.3.9.2. Carga muerta.

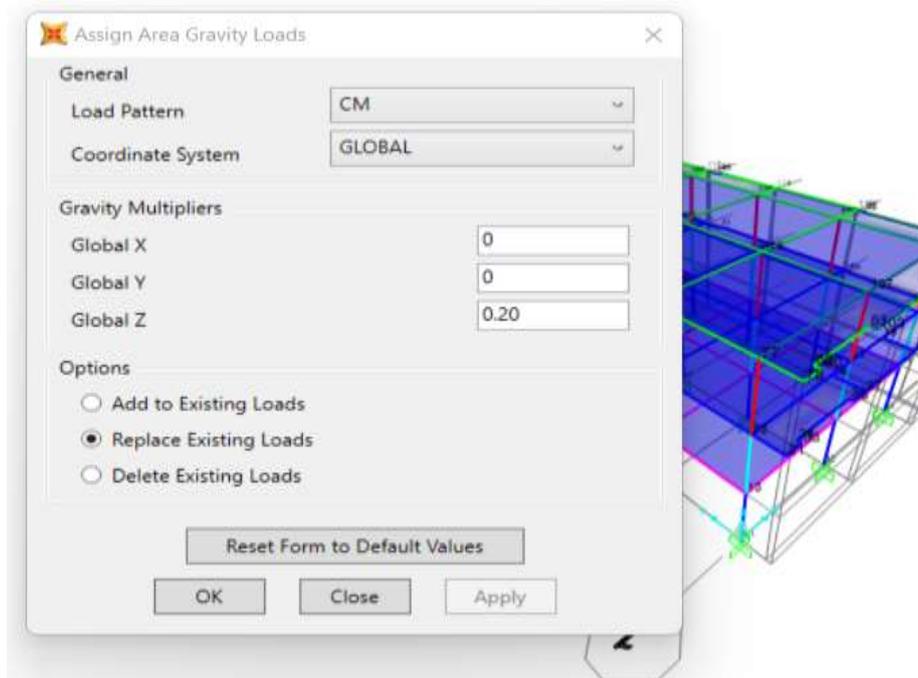


Ilustración 55. Asignación de la carga muerta.

Fuente: Elaboración propia

4.3.10. CREACIÓN DE DIAFRAGMAS.

Se crea los diafragmas con el fin de tener en todos los pisos los mismos desplazamientos, como se ve en la ilustración 58.

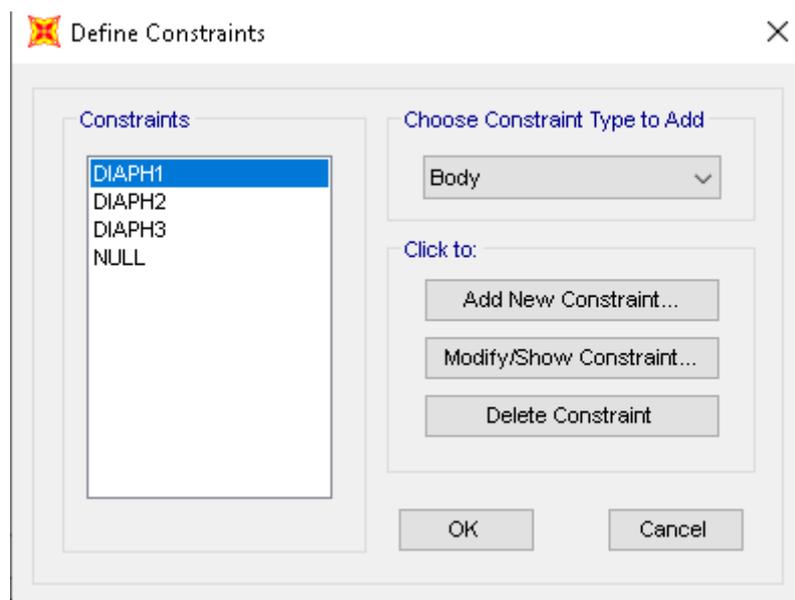


Ilustración 56. Creación de diafragmas para cada piso.

Fuente: Elaboración propia.

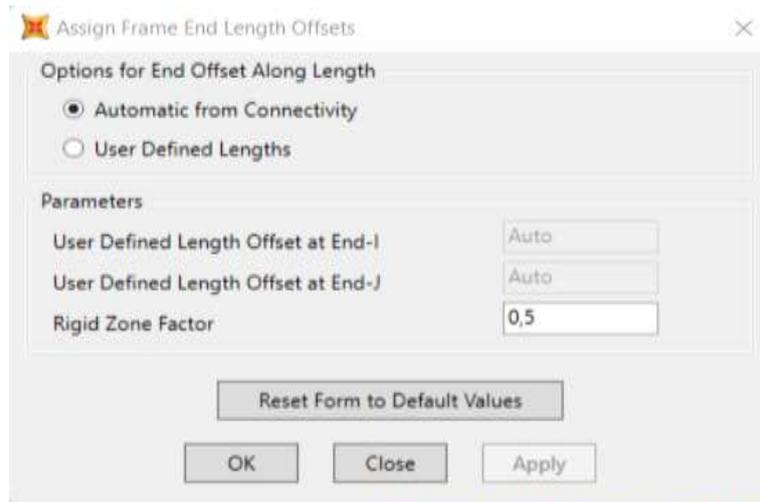


Ilustración 57. Asignar para dar rigidez.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.11. COLOCACIÓN DEL ESPECTRO NEC 2015.

Al calcular el cortante basal, con su respectivo R, se ingresa el espectro de manera manual para su mayor precisión, desde un archivo txt.

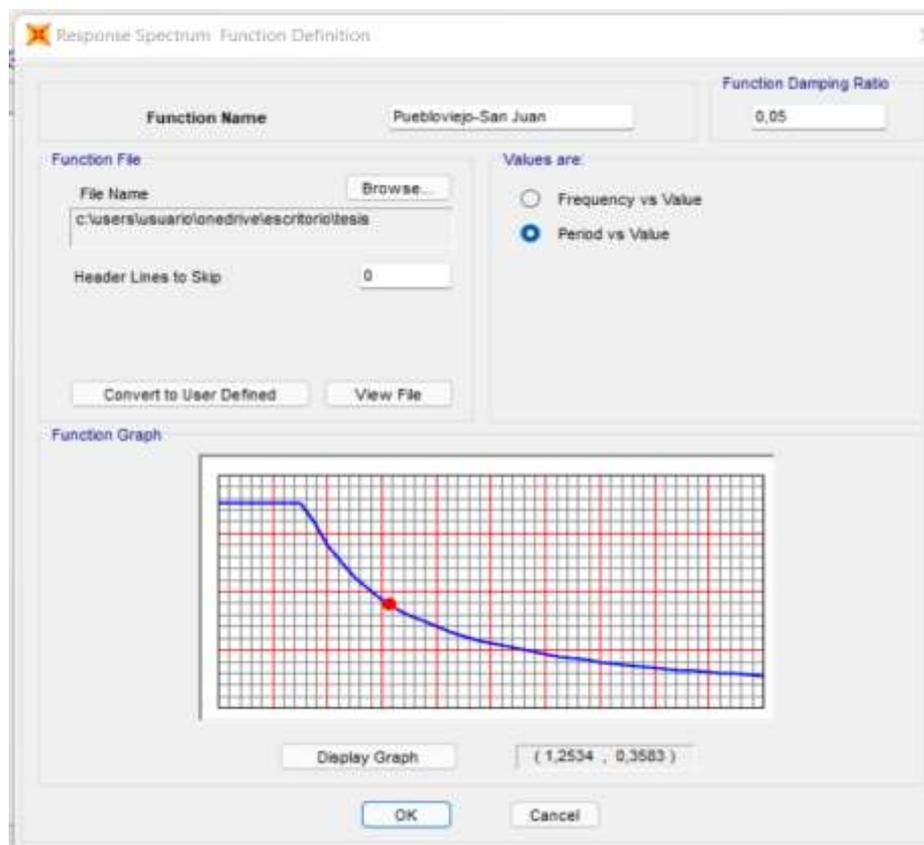


Ilustración 58. Ingreso del espectro NEC-15.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.12. COEFICIENTE ESTÁTICO.

Se ingresa el coeficiente estático en x, y, calculado manualmente en la ecuación 21, cap. 4.3.8.

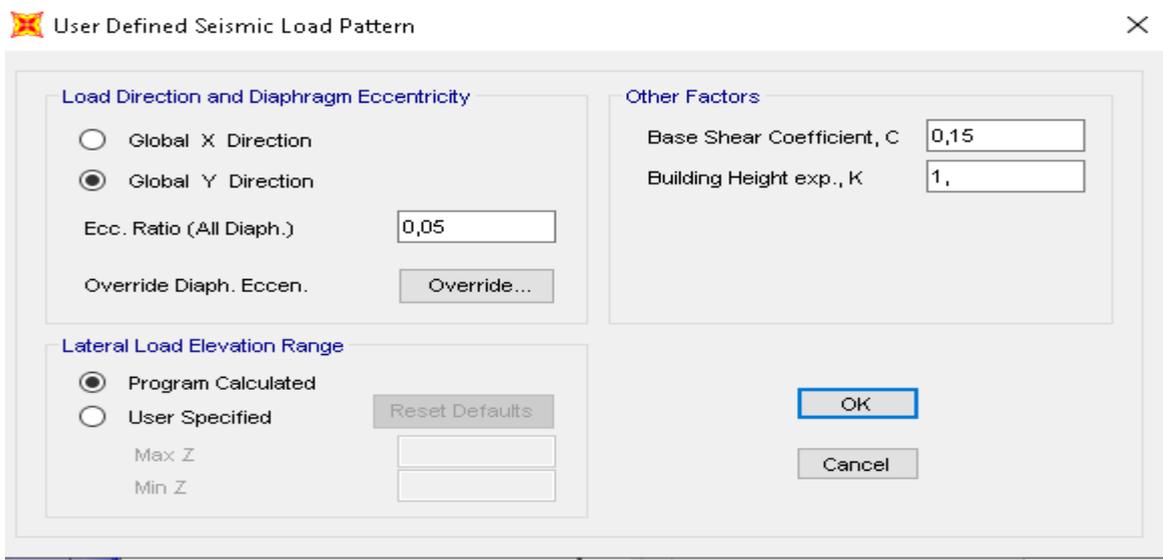


Ilustración 59. Coeficiente estático C y K en y.

Fuente: Elaboración propia

4.3.13. COMBINACIONES DE CARGA DE LA NEC-15.

Para el ingreso de las combinaciones de las cargas se rige en la norma Nec-15.

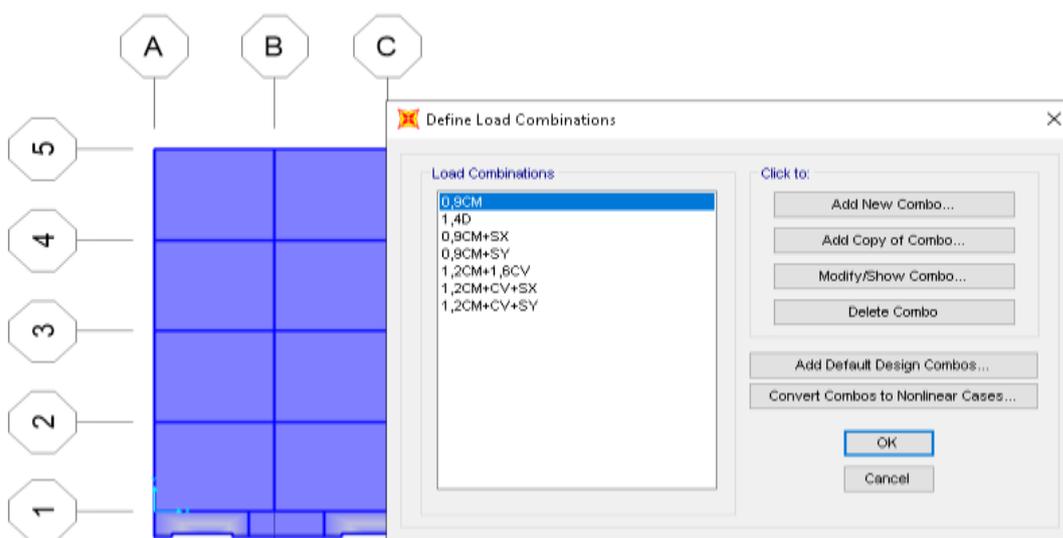


Ilustración 60. Colocación de la combinación de carga de la NEC-15.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. RESULTADOS.

4.4.1. ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL.

4.4.1.1. Chequeo del cortante basal

Son valores que nos dan el programa SAP 2000, y se chequea con lo calculado manualmente.

4.4.1.1.1. Fuerza lateral de cada piso del SAP 2000.

LoadPat Text	AutoLdType	Diaphragm Text	DiaphragmZ	FX Tonf	FY Tonf	FZ Tonf	MX Tonf-m	MY Tonf-m	MZ Tonf-m
SISMO X	USER COEFF	DIAPH3	8,4	15,4337	0	0	0	5,483E-14	-42,51371
SISMO X	USER COEFF	DIAPH2	5,6	10,988	0	0	0	2,928E-14	-33,79039
SISMO X	USER COEFF	DIAPH1	2,8	4,7646	0	0	0	4,232E-15	-2,04643
SISMO Y	USER COEFF	DIAPH3	8,4	0	15,4337	0	-5,483E-14	0	-27,05969
SISMO Y	USER COEFF	DIAPH2	5,6	0	10,988	0	-2,928E-14	0	-16,15575
SISMO Y	USER COEFF	DIAPH1	2,8	0	4,7646	0	-4,232E-15	0	-4,24281

Ilustración 61. Fuerza de cada piso extraída del SAP2000.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.1.2. Fuerza lateral de cada piso calculado manualmente

Tabla 82. Calculo manual de las fuerzas laterales de cada piso.

Nivel	$H_i(m)$	W_i	H_i^k	$W_i \cdot H_i^k$	$V(T)$
3er piso	8,4	78,465	8,400	659,106	18,560
2da piso	5,6	81,675	5,600	457,377	12,879
1ra piso	2,8	83,697	2,800	234,351	6,599
Sumatoria=				1350,835	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83. Comprobación de las cargas laterales por niveles.

Comprobación de cargas laterales			
Nivel	Resultados del SAP(T)	Calculo manual (T)	Observación
8,40	15,4337	18,560	ok
5,60	10,998	12,879	ok
2,80	4,7646	6,599	ok
Σ	31,1963	38,038	ok

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.2. CHEQUEO DEL PESO DE LA ESTRUCTURA.

4.4.1.2.1. *Peso de la estructura del SAP 2000.*

	LoadPat Text	Dir Text	PercentEcc Unitless	EccOverride	UserZ Yes/No	C Unitless	K Unitless	WeightUsed	BaseShear Tonf
▶	SISMO X	X	0,05	No	No	0,15	1	243,3055	36,4958
	SISMO Y	Y	0,05	No	No	0,15	1	243,3055	36,4958

Ilustración 62. Peso de la estructura del SAP 2000.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.2.2. *Peso de la estructura calculado manualmente.*

Tabla 84. Calculo manual del peso de cada piso.

Peso por cada piso (ton)	
Piso 1	83,6979
Piso 2	81,6745
Piso 3	78,4651
W total	243,8375

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85. Comparación del cálculo manual y el SAP 2000.

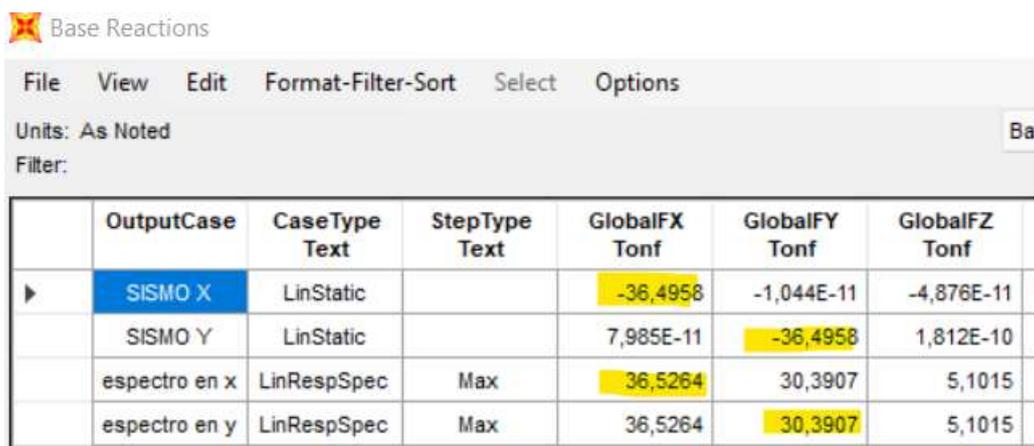
W calculado (Ton)	243,837
W Sap2000(Ton)	243,306

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.3. Resultado del cortante basal por análisis espectral.

Para el cálculo del cortante basal es indispensable realizar correcciones a estructuras regulares menor del 80% y a estructuras irregulares menores al 85%.

Para dicha corrección se obtiene los valores del SAP 2000 como muestra la ilustración 63.



	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf
▶	SISMO X	LinStatic		-36,4958	-1,044E-11	-4,876E-11
	SISMO Y	LinStatic		7,985E-11	-36,4958	1,812E-10
	espectro en x	LinRespSpec	Max	36,5264	30,3907	5,1015
	espectro en y	LinRespSpec	Max	36,5264	30,3907	5,1015

Ilustración 63. Resultados del cortante basal.

Fuente: Elaboración propia

Para este proyecto la estructura es irregular por lo tanto el cortante basal no debe ser menor del 85%, pero si lo tuviere se realiza un factor de corrección para aumentar el modal espectral.

$$\text{sentido x} = \frac{36,5343}{36,4958} * 100 = 100,10\% > 85\% \quad \text{No necesita corrección}$$

$$\text{sentido y} = \frac{30,3273}{36,4958} * 100 = 83,098\% < 85\% \quad \text{Necesita corregir.}$$

$$\text{correccion} = \frac{36,4958}{30,3273} = 1,2034$$

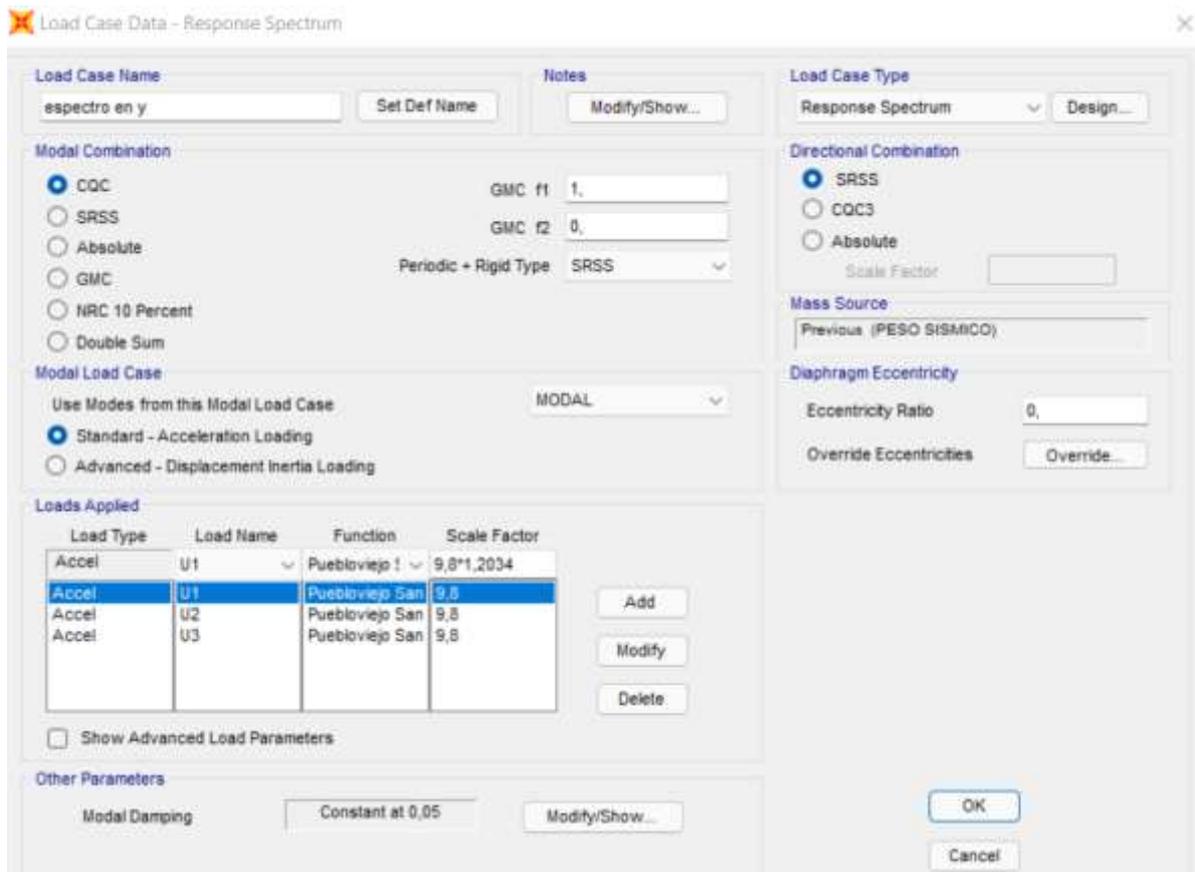


Ilustración 64. Corrección del factor en sentido y.

Fuente: Elaboración propia

Una vez corregido el cortante basal se corre el programa y se tiene los siguientes valores igualados como se muestra en la ilustración 65.

Base Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted

Filter:

	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf
▶	SISMO X	LinStatic		-36,4958	-1,044E-11
	SISMO Y	LinStatic		7,985E-11	-36,4958
	espectro en x	LinRespSpec	Max	36,5264	30,3907
	espectro en y	LinRespSpec	Max	43,9559	36,5722

Ilustración 65. Cortante basal corregidos.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.1. Participación de la masa.

Al realizar el chequeo la norma NEC-15 especifica que el ultimo modo en x e y deben tener participación de masa del 90%, por lo que en la tabla 86 se puede observar que desde el modo 6 supera lo recomendado, es decir es aceptable de acuerdo a la norma.

OutputCase	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Acceleration	UX	99,9357	98,4047
MODAL	Acceleration	UY	99,7365	93,9373

Ilustración 66. Comprobación de la participación de modales.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 86. Modales de la estructura NEC 2015 con el programa SAP 2000.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,301163	0,1366	0,355554	0,000038	0,1366	0,355554	0,000038	0,011865	0,010607	0,398843	0,011865	0,010607	0,398843
MODAL	Mode	2	0,268198	0,676945	0,17319	0,000272	0,813545	0,528743	0,00031	0,006496	0,049725	0,007976	0,018361	0,060331	0,406818
MODAL	Mode	3	0,228933	0,04505	0,332759	0,00006607	0,858596	0,861503	0,000316	0,013492	0,002793	0,458766	0,031853	0,063124	0,865584
MODAL	Mode	4	0,110527	0,000665	9,222E-07	0,04777	0,859261	0,861504	0,048086	0,003389	0,018504	0,000055	0,035242	0,081628	0,865639
MODAL	Mode	5	0,087667	0,01709	0,019381	0,000602	0,876351	0,880885	0,048688	0,04477	0,063924	0,010397	0,080012	0,145552	0,876036
MODAL	Mode	6	0,083991	0,041915	0,021421	0,00042	0,918265	0,902306	0,049107	0,049682	0,130505	0,000129	0,129694	0,276056	0,876166
MODAL	Mode	7	0,077859	0,001361	0,013552	0,002503	0,919626	0,915858	0,051611	4,432E-09	0,000372	0,01228	0,129694	0,276429	0,888445
MODAL	Mode	8	0,074607	0,005847	0,011177	0,001357	0,925473	0,927035	0,052968	0,047746	0,022667	0,037483	0,17744	0,299096	0,925928
MODAL	Mode	9	0,052452	0,057345	0,001907	0,000191	0,982817	0,928941	0,053158	0,003207	0,058141	0,000108	0,180647	0,357237	0,926036

Fuente: Elaboración propia.

El primer modal tiene un valor de $T_a=0,301$ s, y al realizar el cálculo manual se tiene $T=0,373$ s, el periodo fundamental T_a , no debe ser mayor en un 30% al valor de T .

$$T_{max}(T_a) = 0,373 * 1,3 = 0,4849s$$

Como se puede observar el periodo no cumple, por ende, el periodo máximo es de 0,4849 s y el obtenido es de 0,301 s por lo que es un valor inferior demostrando que es una estructura flexible

4.4.1.2. DERIVAS DE PISO NEC 2015.

En la evaluación estructural se verifica las derivas de piso, como se explican en el marco teórico cap. 2. Para ello se debe elegir los nodos para tomar valores en la parte superior e inferior, mediante un reporte de tablas.

La norma NEC-SE-DS, nos indica que las estructuras de hormigón armado deben cumplir un desplazamiento máximo del 2%.

Tabla 87. Calculo de derivas en sentido x.

Sentido X										
Planta	Método	Ux (m)	Uy(m)	U total(m)	altura(m)	Deriva elástica	R	Dmax(inelástica)	D limite	Verificación
3	Estático X	0,3681	0,0010	0,3681	8,4	0,0305	5	1,1436E-01	0,02	No cumple
2	Estático X	0,2827	-0,0023	0,2827	5,6	0,0626	5	2,3460E-01	0,02	No cumple
1	Estático X	0,1075	-0,0031	0,1075	2,8	0,0384	5	1,4403E-01	0,02	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88. Calculo de derivas en sentido y.

Sentido Y										
Planta	Método	Ux (m)	Uy(m)	U total(m)	Altura(m)	Deriva elástica	R	Dmax(inelástica)	D limite	Verificación
3	Estático Y	0,1522	0,2850	0,3231	8,4	0,0267	5	1,0006E-01	0,02	No cumple
2	Estático Y	0,1286	0,2125	0,2484	5,6	0,0565	5	2,1187E-01	0,02	No cumple
1	Estático Y	0,0476	0,0766	0,0902	2,8	0,0322	5	1,2078E-01	0,02	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

Todos los valores tanto en sentido x como y de las derivas que se muestra en la tabla 87-88 no cumplen con lo especificado la norma NEC-15 que debe estar dentro del 0,02.

De acuerdo al resultado se puede deducir que la estructura es inestable le falta rigidez, es decir la estructura no cuenta con secciones mínimas.

4.4.2. ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL (PUSHOVER).

Al realizar el modelamiento con el método del pushover nos permite conocer el desempeño de la estructura, mediante los criterios del FEMA 356 y el ASCE 41-17, para conocer las rotulas plásticas que se forman en las columnas y vigas.

4.4.2.1. Definición de carga gravitacional no lineal.

Para las combinaciones de cargas se toma en cuenta de la NEC-15, que especifican para no lineales.

También el FEMA 356, menciona que la carga muerta debe cumplir la ecuación 23.

$$1,1D+1,1(0.25L)$$

Ecuación 23. Ecuación de la carga muerta.

Fuente: FEMA-356.

Por ende, el espectro de respuesta se carga con factor de reducción de 1.

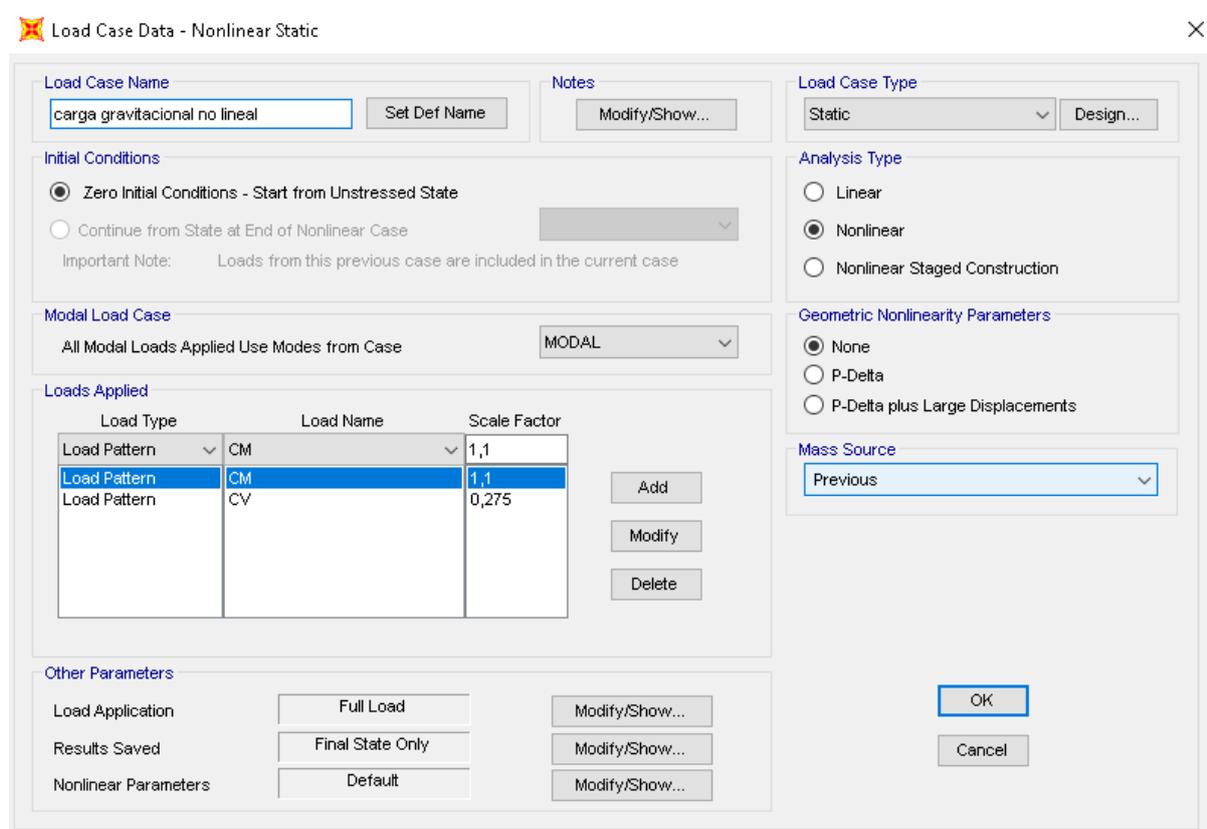


Ilustración 67. Creación de la carga gravitacional no lineal.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.2. Pushover.

La deriva global del método del pushover es el 4% es decir su valor es de 0.336, de acuerdo a la altura total de la estructura que es de 8.40 m, como la ecuación 24, pero la norma NEC-15 especifica que el desplazamiento máximo es del 2% de su deriva global, por lo que como criterio personal se va permitir a que el programa llegue hasta el 4% de desplazamiento.

$$\text{Desp} = h \cdot 0,04 = 8,40 \cdot 0,04 = 0.336$$

Ecuación 24. Aplicación de control.

Fuente: FEMA 440.

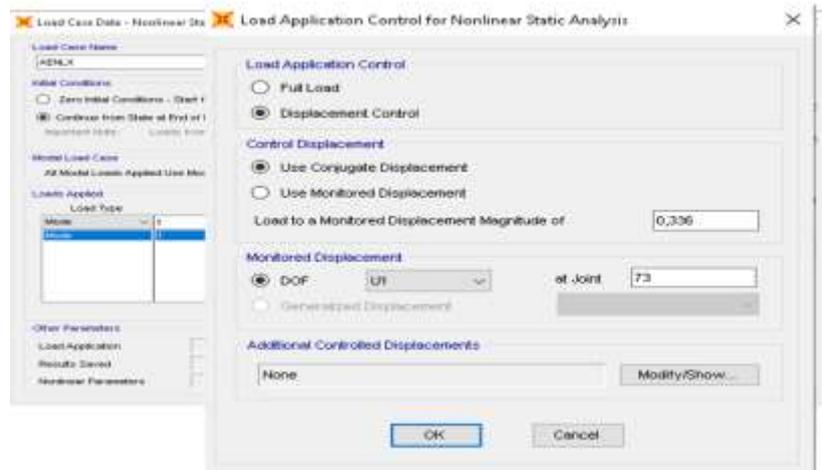


Ilustración 68. Creación del análisis no lineal.

Fuente: Elaboración propia.

Para los puntos X e Y, habilitamos los números de pasos para habilitar los puntos para realizar la curva de capacidad

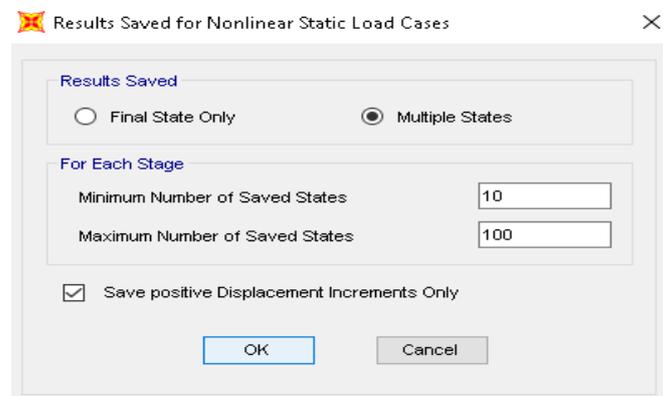


Ilustración 69. Convergencia del AENL a 10 iteraciones.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2.3. Espectro AENL

El factor de importancia para el análisis no lineal es de $R=1$.

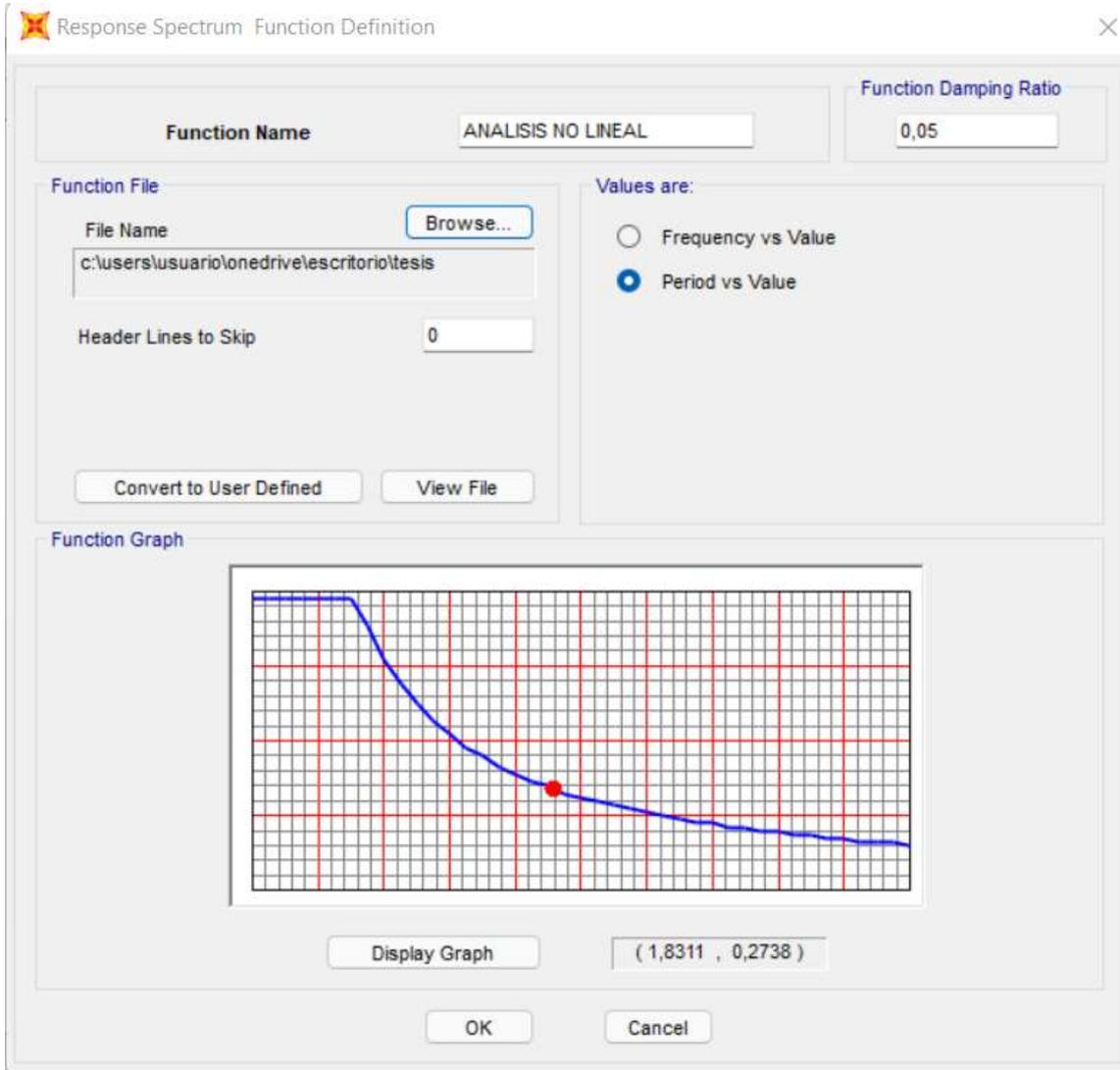


Ilustración 70. Espectro de AENL.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. INGRESO DE ROTULAS PLÁSTICAS.

FEMA 356 menciona que las rotulas plásticas se colocan al 5% y 95% de la longitud de las columnas, como en las vigas, para conocer las respectivas articulaciones donde se forman.

4.4.3.1. Colocación de las rotulas plásticas en columnas

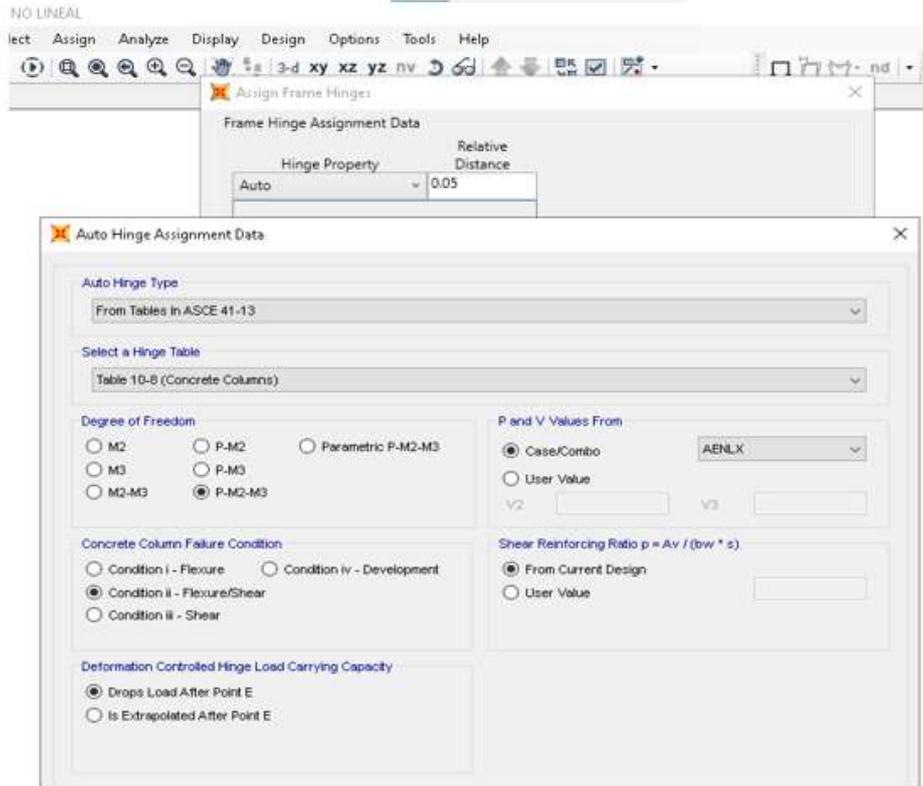


Ilustración 71. Aplicación de las rotulas plásticas.

Fuente: Elaboración propia.

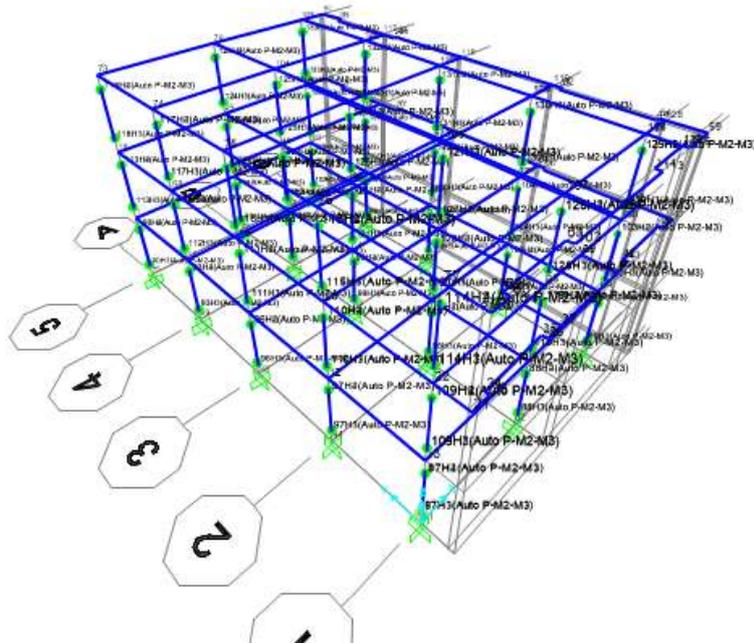


Ilustración 72. Columnas con Rotulas plásticas vista 3D.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3.2. Colocación de la rotulas plásticas en las vigas.

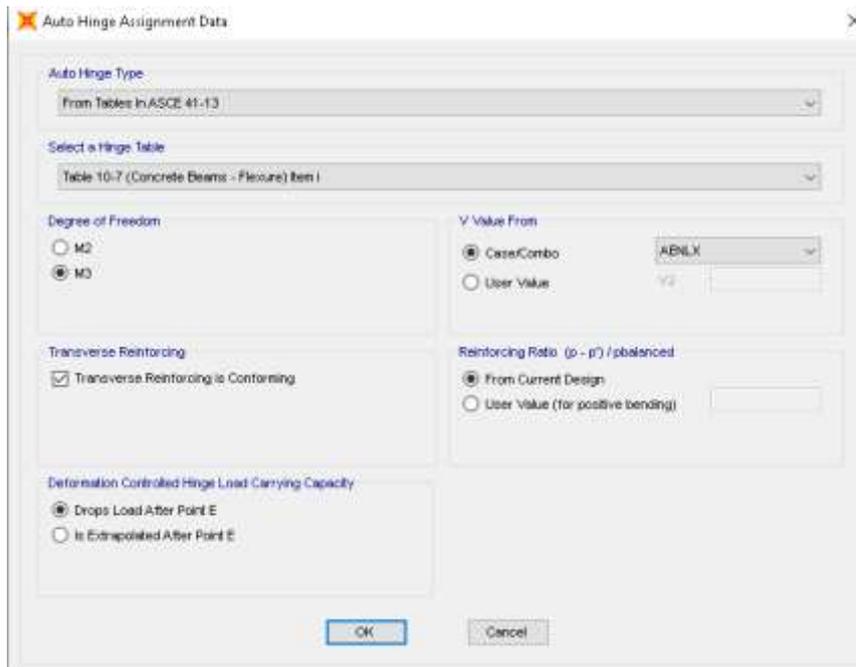


Ilustración 73. Aplicación de rotulas plásticas.

Fuente: Elaboración propia.

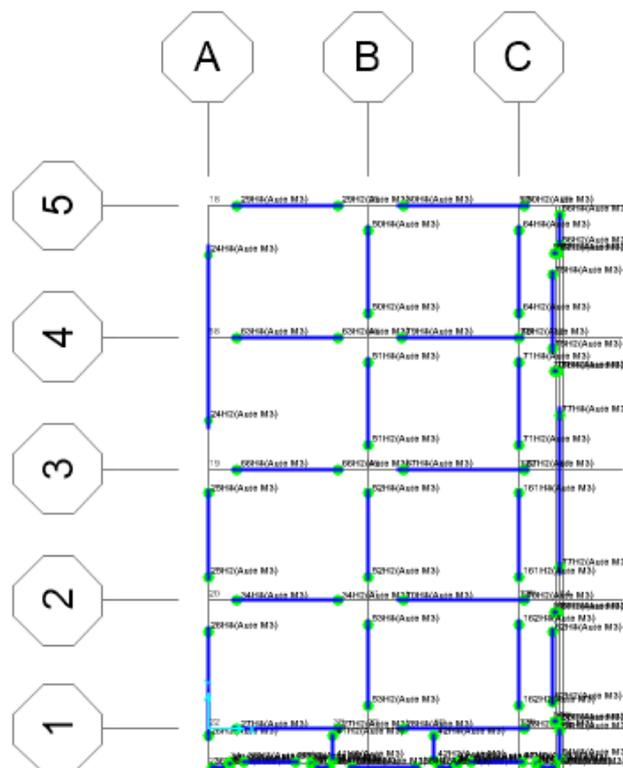


Ilustración 74. Vigas con la colocación de las rotulas plásticas.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. RESULTADOS DE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL

Al realizar el ingreso de las rotulas plásticas tanto en viga como en columnas, se procede a correr al programa para analizar el desempeño de la vivienda.

4.4.4.1. Curva capacidad ATC 40

Se puede observar mediante la curva de ATC 40 que la estructura no tiene punto de desempeño debido a que las líneas no se cruzan.

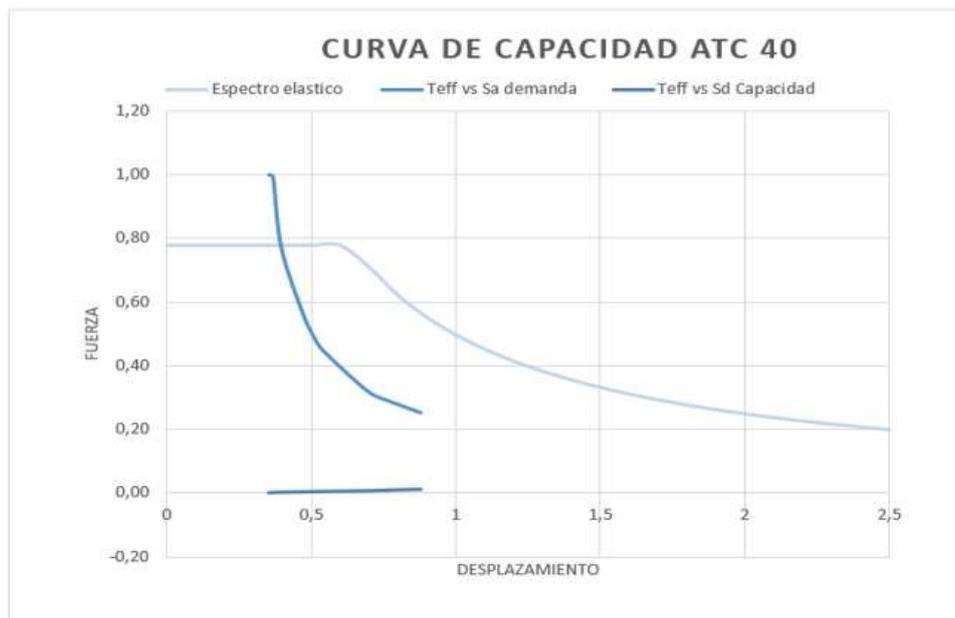
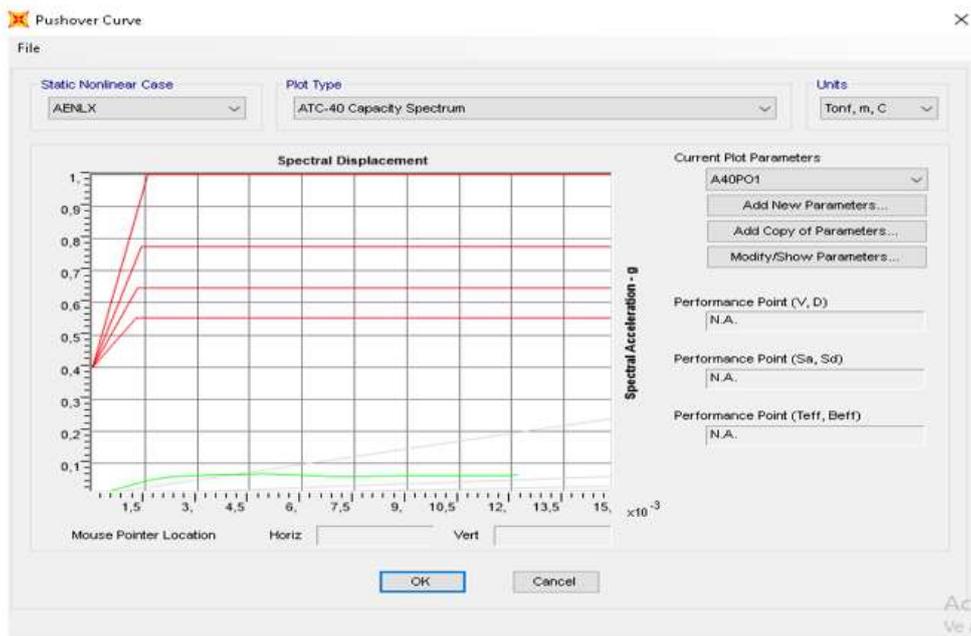


Ilustración 75. Curva de capacidad.

Fuente: Elaboración propia

4.4.4.2. Cálculo con el fema 356.

En FEMA 356 podemos observar el desplazamiento en X de 1,17 y en sentido Y no existe.

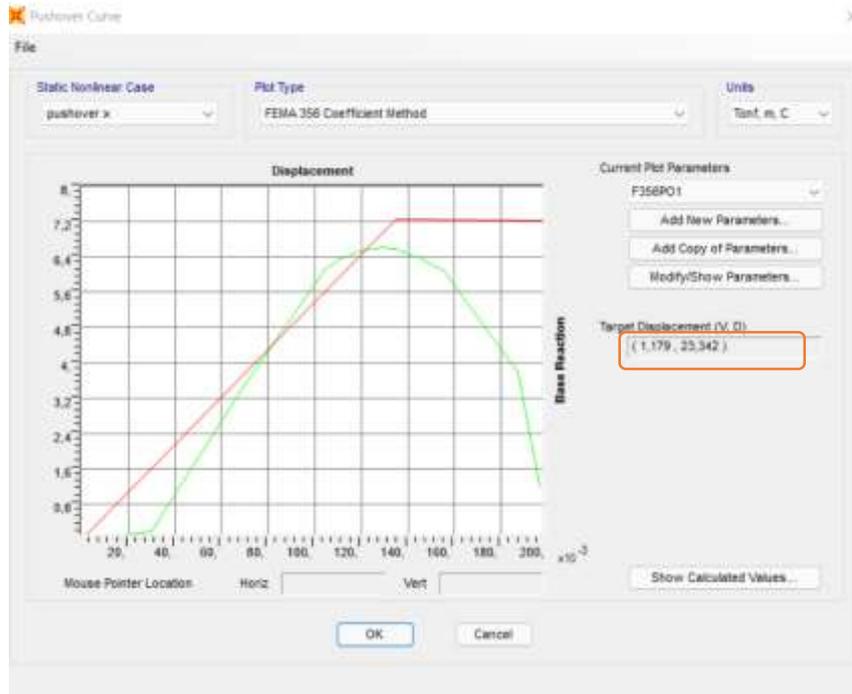


Ilustración 76. Método del coeficiente FEMA 356 R=1, en sentido x

Fuente: Elaboración propia.

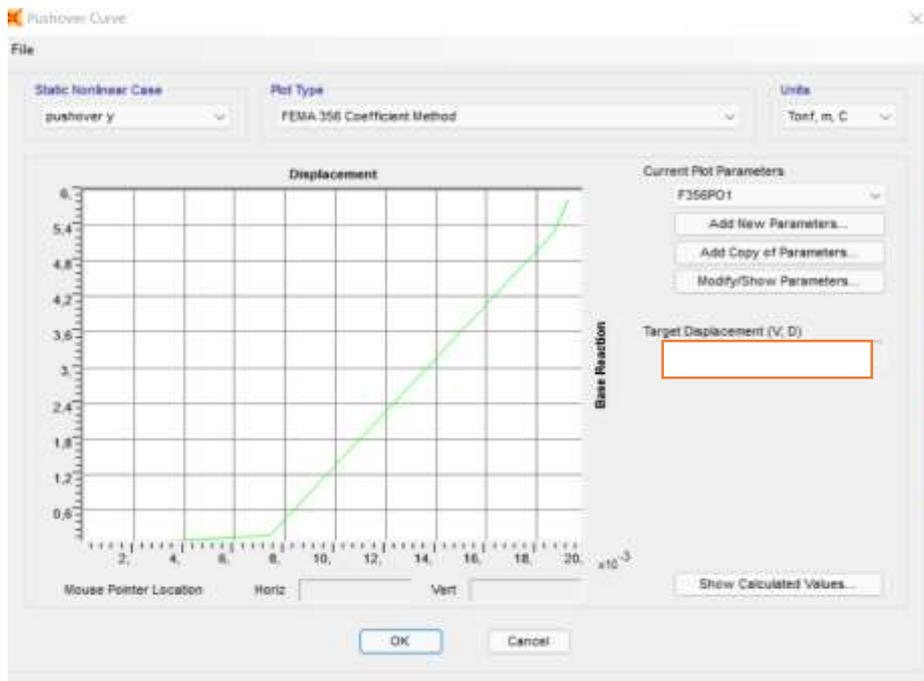


Ilustración 77. Método del coeficiente FEMA 356 R=1, en sentido y.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4.3. REVISION DE LA LINEALIDAD EQUIVALENTE FEMA 440

De acuerdo a revisión del FEMA 440 no existe punto de desempeño tanto en X, Y, porque la estructura llega al colapso.

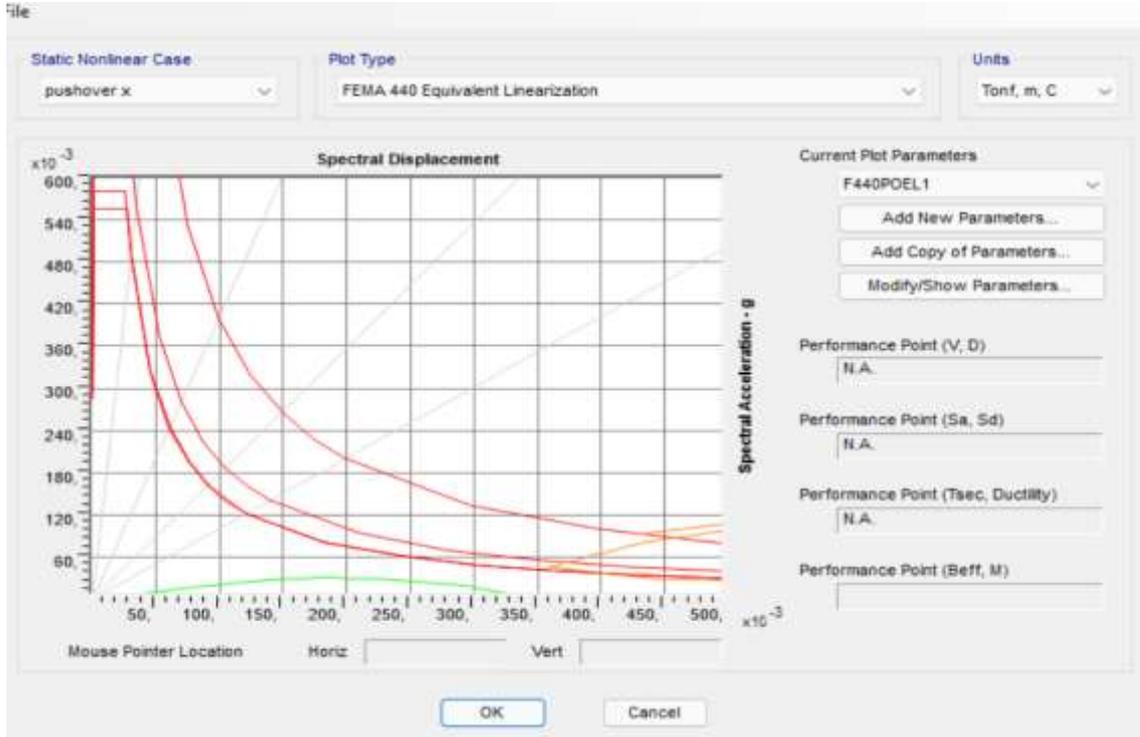


Ilustración 78. Curva FEMA 440 en x.

Fuente: Elaboración propia.

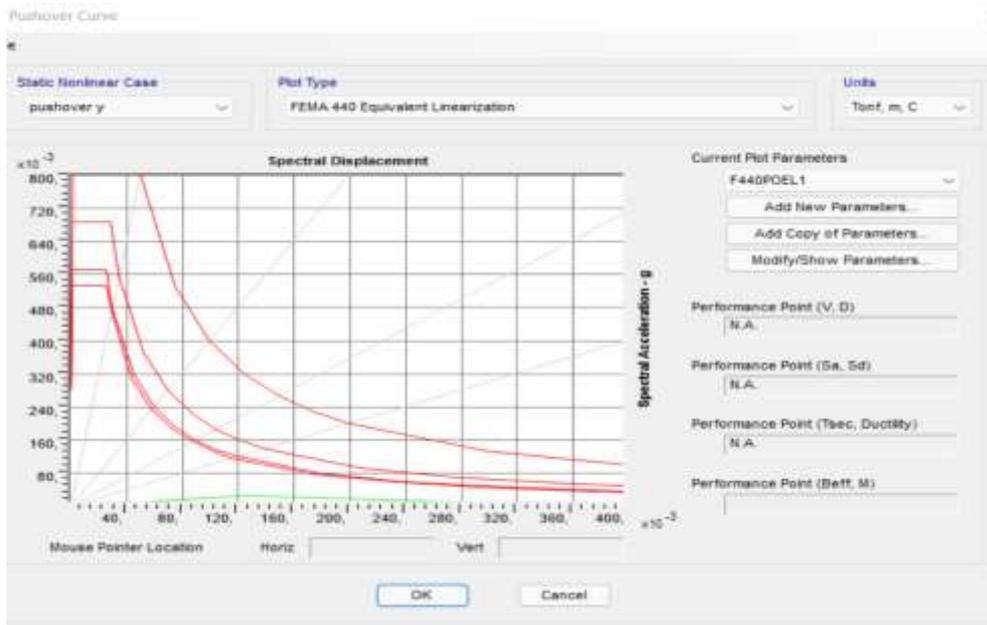


Ilustración 79. Curva de capacidad FEMA 440.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4.4. REVISION DE RÓTULAS PLÁSTICAS

Al realizar el análisis estático no lineal se considera los pasos que surgen en las rótulas plásticas en el sentido x e y, así que las primeras rótulas plásticas se manifiestan en la base de la columna en el Pushover X, Y.

4.4.4.4.1. PUSHOVER EN X

En este nivel la estructura inicia con pocas rotulas plásticas, pero al llegar al nivel 7 la estructura colapsa.

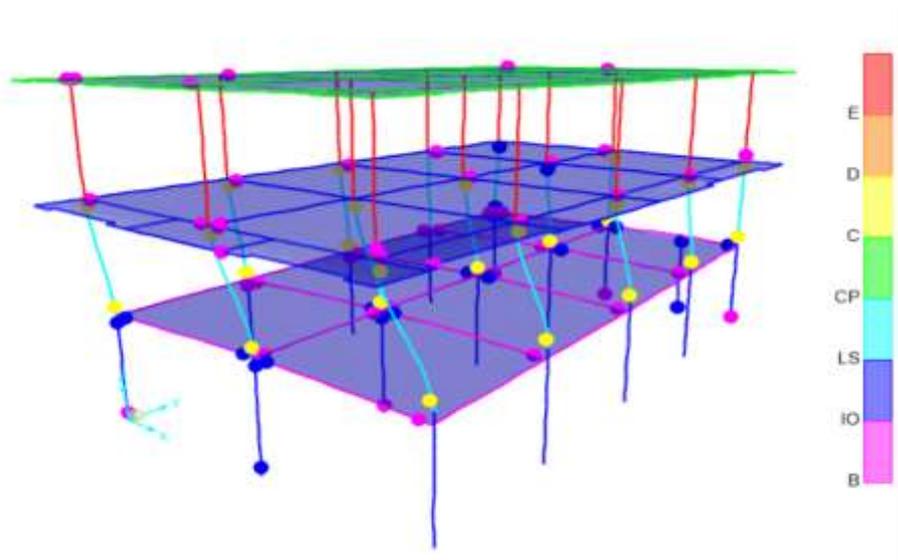


Ilustración 80. Rótulas plásticas, nivel 7.

Fuente: Elaboración propia.

En el sentido Y la estructura colapsa en el nivel 4, presentándose las rótulas plásticas en el pie y la cabeza de la columna.

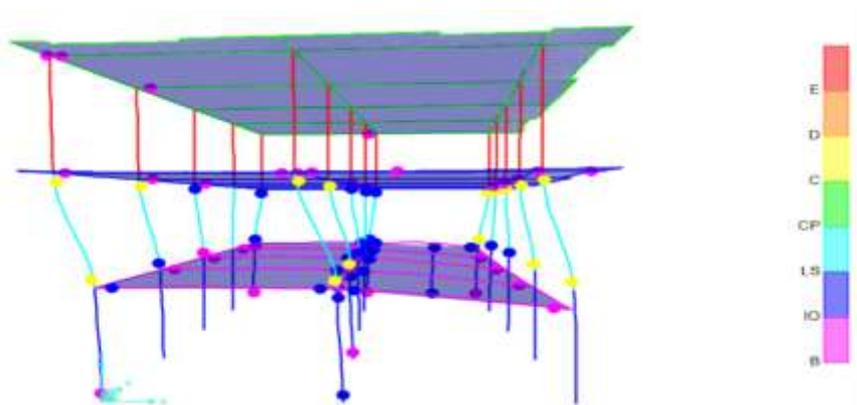


Ilustración 81. Rótulas plásticas en sentido y.

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Una vez concluido el trabajo de investigación en el barrio “Agua Potable, parroquia San Juan provincia de los Ríos” se puede decir que se cumplió con todos los objetivos planteados siguiendo los lineamientos de la metodología expuesta para la ejecución de este proyecto.

De acuerdo a la información levantada del barrio se puede decir que es una zona altamente vulnerable, ya que no cuentan con planos estructurales y las construcciones, lo hacen de manera informal exponiéndose al peligro ante un sismo.

En cuanto a la vivienda tipo es altamente vulnerable porque poseen losas en escalones debido a la reducción de secciones de las columnas, y el tener las vigas bandas, y no cumplir con la condición columna fuerte, viga débil.

Una vez concluido con el ensayo del esclerómetro se encontró resistencias de hormigones debajo del 210 kg/cm², debido a que el material que usan en la zona costa son de mala calidad por ende baja la resistencia en el concreto.

Al hacer el cálculo del peso total de la estructura se tiene un valor de 243,837 Ton, y con el programa SAP 2000 nos da un resultado de 243,306 Ton que nos da una diferencia de 0,219%, por lo tanto, se encuentra en un rango aceptable.

Al realizar el chequeo de las derivas que permiten conocer el desplazamiento horizontal entre dos puntos en la estructura, se concluye que no cumplen con los valores especificados por la norma NEC-15 que es el 2%, es decir la estructura es flexible.

Al concretar con el chequeo de los modos de vibración se observa que como primer modo se tiene mayor participación rotacional con valor de 0.39 s, y el segundo modo se desplaza en sentido x con un valor de 0.67 s, y el tercer modo nuevamente rotacional con un valor de 0.45 s, con lo que demuestra que es una estructura inestable.

Finalmente, el método del pushover, define que la estructura analizada no tiene punto de desempeño es decir la estructura colapsa, como se puede ir observando en capítulo 4.4.4.4.1 de los niveles de desempeño, que las rotulas plásticas empiezan aparecer en las columnas iniciando por el pie y luego por la cabeza, demostrando así, que influye las dimensiones de las columnas.

5.2. RECOMENDACIONES

Para reducir el periodo $T=0,373$ s, se recomienda tomar en cuenta a la mampostería, para rigidizar a la estructura y así poder cumplir con un valor bajo y adecuado y que este dentro del rango de aceptación.

Para conocer con exactitud el estado de la estructura es necesario hacer el ensayo del pachometro, que permite detectar elementos metálicos ocultos como el acero y conocer sus diámetros transversal y longitudinalmente, mediante una pantalla digital.

En el barrio analizado es necesario realizar un estudio de suelos más a profundos, para conocer sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, ya que no existen estudios de suelos, que permitan conocer con exactitud su comportamiento.

Para el cálculo del módulo de elasticidad se tomó como referencia los estudios realizados por la Universidad Central con minas de la mitad del mundo, ya que las calidades de suelos son bajos como en el caso de la zona costera que utilizan arena del rio por la inexistencia de canteras, por lo cual se recomienda realizar un estudio del material que emplean para la construcción para conocer la resistencia del hormigón.

Es necesario utilizar el software Etabs para el cálculo del análisis estático y el pushover, porque dicho programa permite realizar comparaciones con más exactitud a la realidad.

Es recomendable tomar en cuenta a la mampostería para realizar el análisis de desempeño ya que son parámetros que especifican la norma ATC-40 y FEMA 356.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar F. (2008). *Análisis sísmico de Edificios*. Quito-Ecuador: Centro de Investigación científica. Escuela Politecnica del Ejercito.
- Aguiar R. (2017). *Microzonificación sísmica de Quito, 2da Edición*. Quito.
- Aguiar, & Ruiz. (2002). *Ingeniería Sísmica*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Aguiar, R. (2003). *Análisis sísmico por desempeño*. Quito - Ecuador: Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politecnica del Ejercito.
- Aguiar, R. (2013). *Microzonificación Sísmica de Quito*. Quito - Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- Altamirano, D. A. (2019). *Evaluación del desempeño sísmico del edificio de la Oscus mediante comparación del análisis estático no lineal (pushover), análisis estático modal (pushover multimodal) y dinámico no-lineal (historia de respuesta)*.
- FEMA 273. (1997). *FEMA 273 NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington D.C.: Federal Emergency Management Agency.
- Filian, M. (2018). *Evaluación de una edificación de hormigón armado mediante el análisis no lineal Push-Over*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Gonzales, C. (2018). *Análisis Estático No lineal (Pushover) de estructura aporticada de hormigón armado con diferentes grados de ductilidad, aplicando la norma sismo resistente Colombiana 2010(NSR-10)*. . Valencia: Universidad Técnica de Valencia.
- Gonzalo A. (2013). *Modulo estatico del hormigon en base a su resientencia a la compresion*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Guía de Diseño, (NEC-2015). (2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Quito: Imprenta Activa Quito-Ecuador.
- INOCAR. (s.f.). *ejecutar expediciones y coordinar actividades de investigación científica que promuevan la proyección Geopolítica y Oceanopolítica del Ecuador en la Antártida*. Guayaquil, Guayaquil, Ecaudor.

- NEC-SE-CG. (2015). *Cargas no sísmicas*. Ecuador: MIDUVI-CAMICON.
- NEC-SE-DS. (2015). *Peligro sísmico diseño sismo resistente*. Ecuador: MIDUVI-CAMICON.
- NEC-SE-HM. (2015). *Rebound Number of Hardened Concrete 1. Annual Book of ASTM*. Ecuador : MIDUVI.
- NTE INEN 3121. (2016-11). *Hormigón Endurecido. Determinación del número de rebote. Método de ensayo*. Quito-Ecuador: INEN.
- Prato C, C. M. (2015). *Metodo Modal Espectral*. Catedra de Analisis Estructural: Carrera de Ingenieria Civil.
- Proaño , M. (2008). *Temas de Hormigon Armado*. Quito: Escuela Politecnica del Ejercito-Ecuador.
- Salto, L. (2019). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA SAN JUAN DE JUANA DE ORO DEL CANTON SAN FRANCISCO DE PUEBLOVIEJO* . San Francisco de Puebloviejo : Cantón San Francisco de Puebloviejo .
- Seiki, K. (2016). *Concrete Test Hammer N-6500, D-7500, R-7500 Operating*. Japan.
- Vasconez J. (2012). *Analisis del metodo del "PUSH-OVER" y su incidencia en el calculo de porticos de horigon armado en el canton AMBATO*. Ambato: Universidad Tecnica de Ambato.

ANEXOS

Anexos 1. Levantamiento de información



Fotografía 7. Inspección visual rápida de las casas del barrio Agua Potable.

Fuente: Elaboración propia.



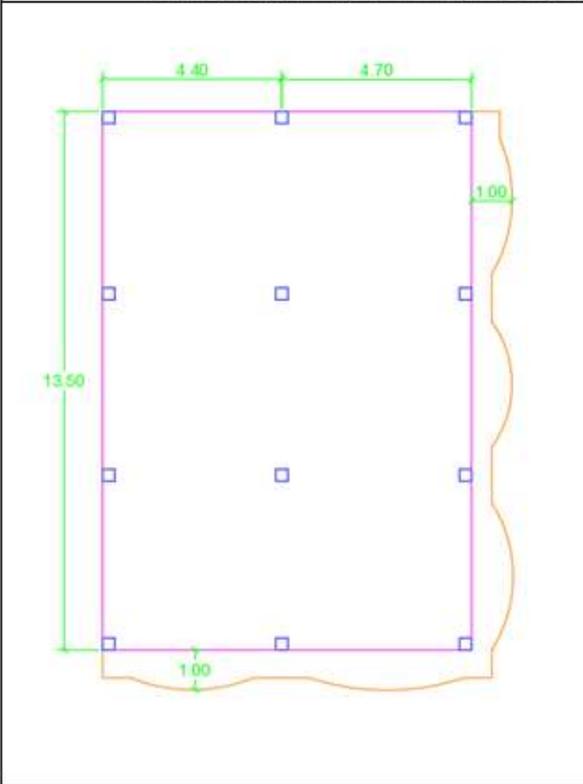
Fotografía 8. Levantamiento geométrico de las viviendas.

Fuente: Elaboración propia.

Anexos 2. inspección visual rápido de las casas del barrio Agua Potable.

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES													
				DATOS DE LA EDIFICACION:									
				Dirección: Fermin Chavez y Sn									
Nombre de la edificación: Casa 2													
Sitio de referencia: Cerca del tanque de Agua Potable													
Tipo de uso: Residencial							Fecha de evaluación: 13/12/2022						
Año de construcción: 2016							Año de remodelación:						
Área construida (m ²): 134,64							Número de pisos: 2						
DATOS DEL PROFESIONAL													
Nombre del evaluador: Gladys Toaza													
C.I: 060414347-9													
Registro SENECYT:													
TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL													
Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado			C1	Pórtico Acero Laminado			S1				
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H, Armado con muros estructurales			C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales			S2				
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada sin refuerzo			C3	Pórtico Acero Doblado en frío			S3				
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX					Pórtico Acero Láminado con muros estructurales de hormigón armado			S4				
		H. Armado prefabricado			PC	Pórtico Acero con paredes mampostería			S5				
PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Costruido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
PUNTAJE FINAL, S					0.7								
GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA													
5<2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial										X	 Firma Responsable de evaluación	
2.0>5 >2.5	Media Vulnerabilidad												
5<2.5	Baja Vulnerabilidad												
OBSERVACIONES:													

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES



DATOS DE LA EDIFICACION:	
Dirección:	Fermin Chavez y Sn
Nombre de la edificación: Casa 3	
Sitio de referencia: Cerca del tanque de Agua Potable	
Tipo de uso: Residencial	Fecha de evaluación: 13/12/202
Año de construcción: 2013	Año de remodelación:
Área construida (m ²): 146,45	Número de pisos: 3
DATOS DEL PROFESIONAL	
Nombre del evaluador: Gladys Toaza	
C.I: 060414347-9	
Registro SENECYT:	



TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H, Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada s in refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX			Pórtico Acero Láminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
		H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2

ALTURA DE LA EDIFICACIÓN

Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8

IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION

Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5

CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN

Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1

TIPO DE SUELO

Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8

PUNTAJE FINAL, S

					0,7								
--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA

5<2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial	X
2.0>5 >2.5	Media Vulnerabilidad	
5<2.5	Baja Vulnerabilidad	


 Firma Responsable de evaluación

OBSERVACIONES:

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

DATOS DE LA EDIFICACION:

Dirección: Calle Sindicato de choferes y Sn

Nombre de la edificación: Casa 4

Sitio de referencia: Cerca de la tienda Luisanita

Tipo de uso: Residencial

Fecha de evaluación: 14/12/202

Año de construcción: 2016

Año de remodelación:

Area construida (m2): 66,15

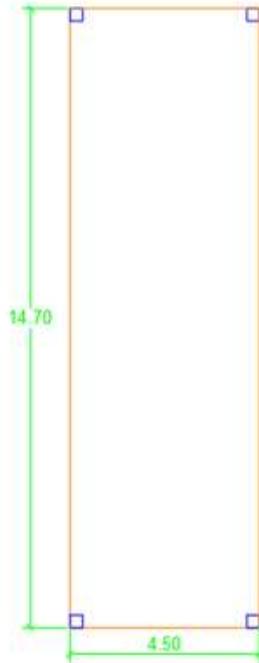
Número de pisos: 2

DATOS DEL PROFESIONAL

Nombre del evaluador: Gladys Toaza

C.I: 060414347-9

Registro SENE CYT:



TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H, Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX		PC	Pórtico Acero Láminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
		H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Costruido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Codigo Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
PUNTAJE FINAL, S													
													0.9

GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

5 < 2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial	X
2.0 > 5 > 2.5	Media Vulnerabilidad	
5 < 2.5	Baja Vulnerabilidad	


 Firma Responsable de evaluación

OB SERVACIONES:

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

	DATOS DE LA EDIFICACION:	
	Dirección: Calle Sindicato de choferes y Sn	
Nombre de la edificación: Casa 5		
Sitio de referencia: Junto a la tienda Luisanita		
Tipo de uso: Residencial		Fecha de evaluación: 14/12/2021
Año de construcción: 2016		Año de remodelación:
Area construida (m2): 127,88		Número de pisos: 1
DATOS DEL PROFESIONAL		
Nombre del evaluador: Gladys Toza		
C.I.: 060414347-9		
Registro SENECYT:		

TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H, Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX			Pórtico Acero Láminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
		H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE LA EDIFICACION													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION													
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCION													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Costruido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8
PUNTAJE FINAL, S					0,7								

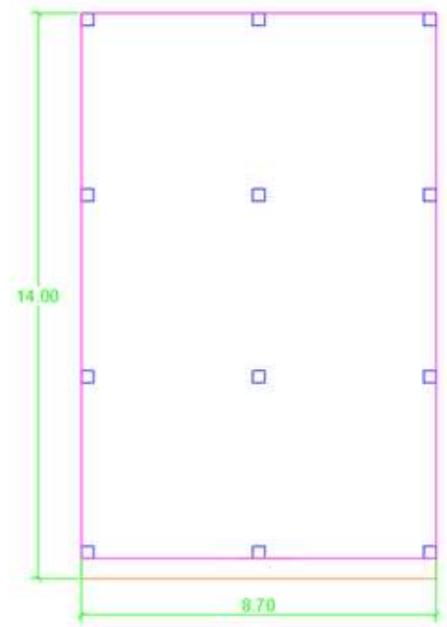
GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA

5 < 2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial	X
2.0 > 5 > 2.5	Media Vulnerabilidad	
5 < 2.5	Baja Vulnerabilidad	

Firma Responsable de evaluación

OBSERVACIONES:

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

	DATOS DE LA EDIFICACION:	
	Dirección: Sindicato de choferes y Sn	
Nombre de la edificación: Casa 6		
Sitio de referencia: Cerca del tanque de Agua Potable		
Tipo de uso: Residencial		Fecha de evaluación: 14/12/2021
Año de construcción: 2018		Año de remodelación:
Área construida (m ²): 121,8		Número de pisos: 1
DATOS DEL PROFESIONAL		
Nombre del evaluador: Gladys Toza		
C.I: 080414347-9		
Registro SENECYT:		
		

TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX			Pórtico Acero Láminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
		H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

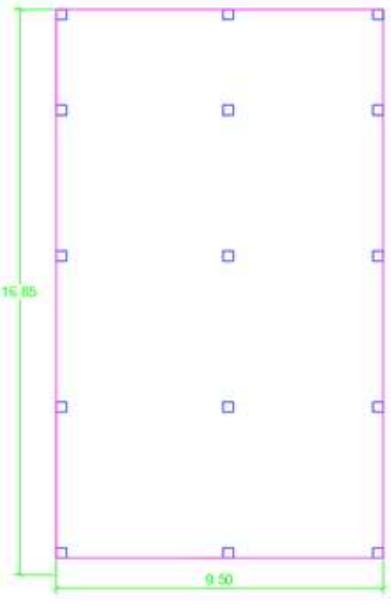
PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION													
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Costruido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8
PUNTAJE FINAL, S													
					0,7								
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA													
5<2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial										X		
2.0>5 >2.5	Media Vulnerabilidad												
5<2.5	Baja Vulnerabilidad												


 Firma Responsable de evaluación

OBSERVACIONES:

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

	DATOS DE LA EDIFICACION:	
	Dirección: Fermin Chavez y Sn	
	Nombre de la edificación: Casa 7	
	Sitio de referencia: Frente a la tienda Luis Anita	
	Tipo de uso: Residencial	Fecha de evaluación: 15/12/2021
	Año de construcción: 2014	Año de remodelación:
	Area construida (m2): 160	Número de pisos: 1
	DATOS DEL PROFESIONAL	
	Nombre del evaluador: Gladys Toaza	
	C.I: 080414347-9	
Registro SENECYT:		
		

TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H, Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX			Pórtico Acero Láminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
		H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S

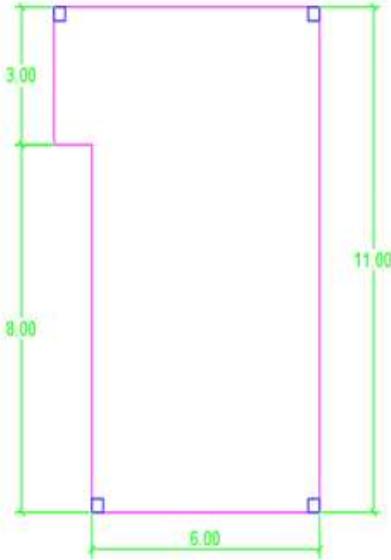
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,3	0,4	0,6	0,4	0,8	N/A	0,8	0,8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION													
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Costruido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8
PUNTAJE FINAL, S					0,7								

GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

5 < 2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial	X	 Firma Responsable de evaluación
2.0 > 5 > 2.5	Media Vulnerabilidad		
5 < 2.5	Baja Vulnerabilidad		

OBSERVACIONES:

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES



DATOS DE LA EDIFICACION:	
Dirección:	Calle Sindicato de Choferes y Sn
Nombre de la edificación:	Casa 8
Sitio de referencia:	Cerca del tanque de Agua Potable
Tipo de uso:	Residencial
Fecha de evaluación:	15/12/2021
Año de construcción:	2015
Año de remodelación:	
Area construida (m2):	69
Número de pisos:	1
DATOS DEL PROFESIONAL	
Nombre del evaluador:	Gladys Toaza
C.I.:	060414347-9
Registro SENE CYT:	



TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H, Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX			Pórtico Acero Láminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
		H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2

ALTURA DE LA EDIFICACIÓN

Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8

IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION

Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5

CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN

Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1

TIPO DE SUELO

Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8

PUNTAJE FINAL S

				-2									
--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

5 < 2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial	X
2.0 > 5 > 2.5	Media Vulnerabilidad	
5 < 2.5	Baja Vulnerabilidad	


 Firma Responsable de evaluación

OBSERVACIONES:

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES



DATOS DE LA EDIFICACION:

Dirección: Fermin Chavez y Sn

Nombre de la edificación: Casa 9

Sitio de referencia: Cerca del tanque de Agua Potable

Tipo de uso: Residencial

Fecha de evaluación: 15/12/2021

Año de construcción: 2012

Año de remodelación:

Area construida (m2): 97,80

Número de pisos: 1

DATOS DEL PROFESIONAL

Nombre del evaluador: Gladys Toaza

C.I: 080414347-9

Registro SENECYT:



TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H, Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX			Pórtico Acero Láminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
		H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.8	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION													
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Costruido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
PUNTAJE FINAL S		-0.5											

GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

5 < 2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial	X
2.0 > 5 > 2.5	Media Vulnerabilidad	
5 < 2.5	Baja Vulnerabilidad	

Firma Responsable de evaluación

OBSERVACIONES:

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES



DATOS DE LA EDIFICACION:

Dirección: Fermin Chavez y Sn

Nombre de la edificación: Casa 10

Sitio de referencia: Cerca del tanque de Agua Potable

Tipo de uso: Residencial

Fecha de evaluación: 15/12/2021

Año de construcción: 2016

Año de remodelación:

Area construida (m2): 127,80

Número de pisos: 1

DATOS DEL PROFESIONAL

Nombre del evaluador: Gladys Toaza

C.I: 060414347-9

Registro SENECYT:



TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixto acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX			H. Armado prefabricado	PC

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2

ALTURA DE LA EDIFICACIÓN

Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.3	0.4	0.6	0.4	0.8	N/A	0.8	0.8

IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION

Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5

CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN

Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Costruido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1

TIPO DE SUELO

Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8

PUNTAJE FINAL, S

					0,7								
--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

5 < 2.0	Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial	X
2.0 > 5 > 2.5	Media Vulnerabilidad	
5 < 2.5	Baja Vulnerabilidad	


 Firma Responsable de evaluación

OB SERVACIONES:

Anexos 3. Ensayo del esclerómetro.



Fotografía 9. Toma de medidas de la columna.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 10. Marcación de los puntos de rebote.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 11. Colocación del esclerómetro a 0° con el nivel para el impacto.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 12. Tomando la lectura del impacto.

Fuente: Elaboración propia.

Anexos 4. Diagramas de la obtención de la resistencia a compresión del hormigón.

CLASSIC CONCRETE HAMMER GRAPHICS

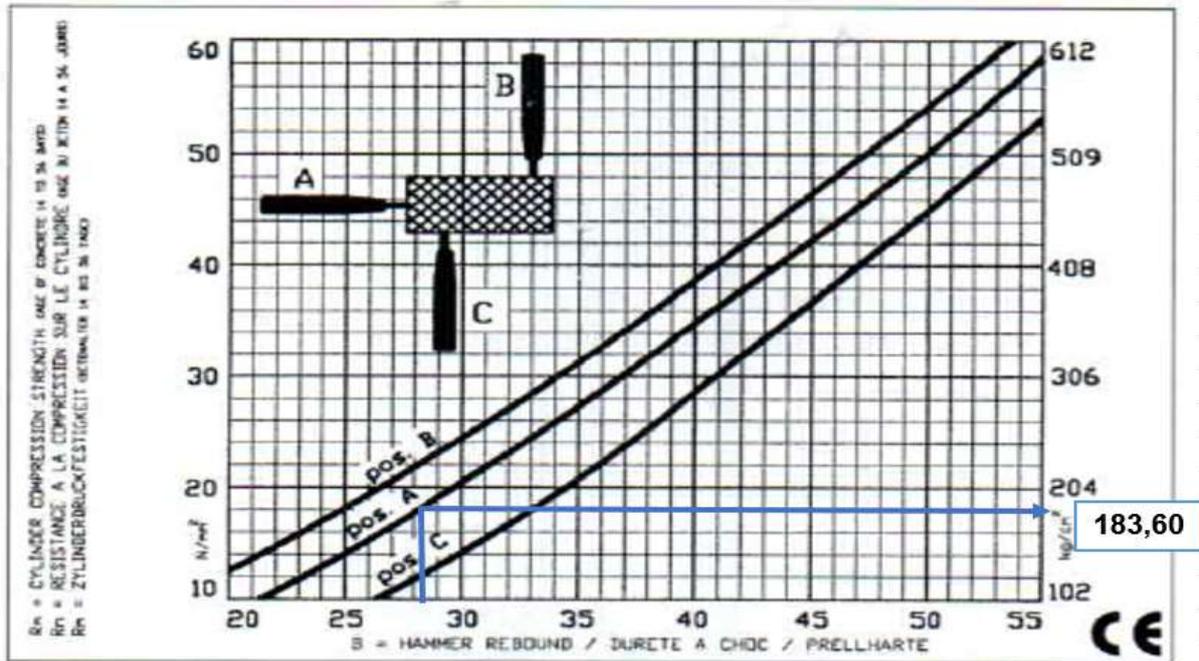


Ilustración 82. Columna del piso 2.

Fuente: Elaboración propia.

CLASSIC CONCRETE HAMMER GRAPHICS

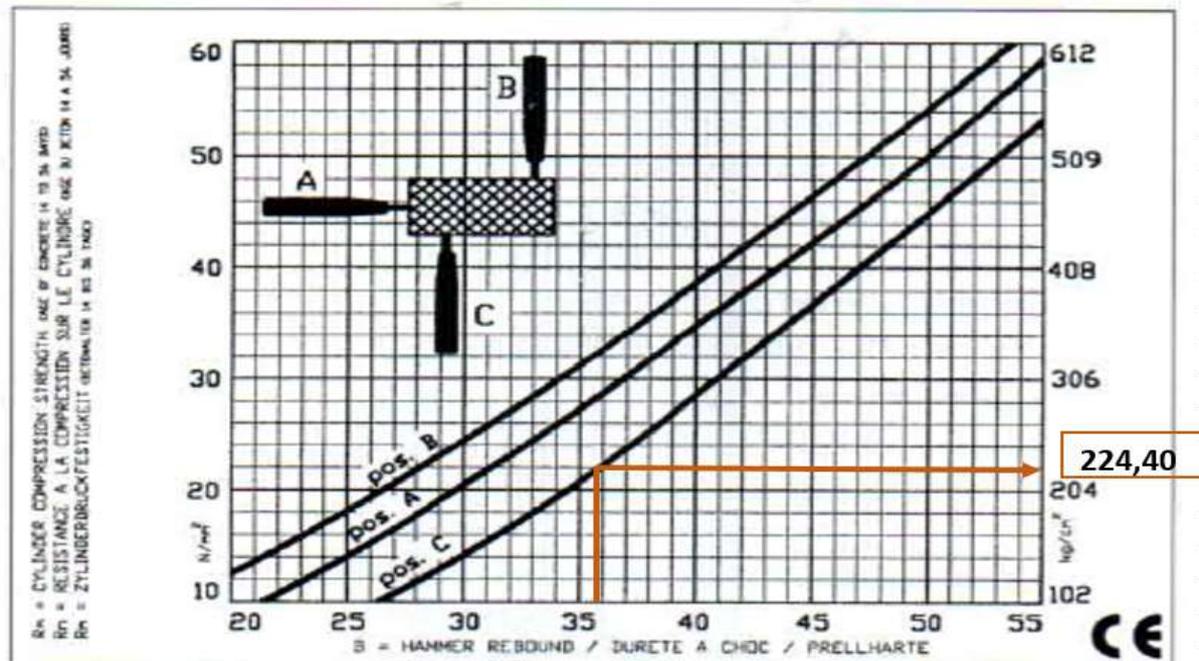


Ilustración 83. Viga del piso 2.

Fuente: Elaboración propia.

CLASSIC CONCRETE HAMMER GRAPHICS

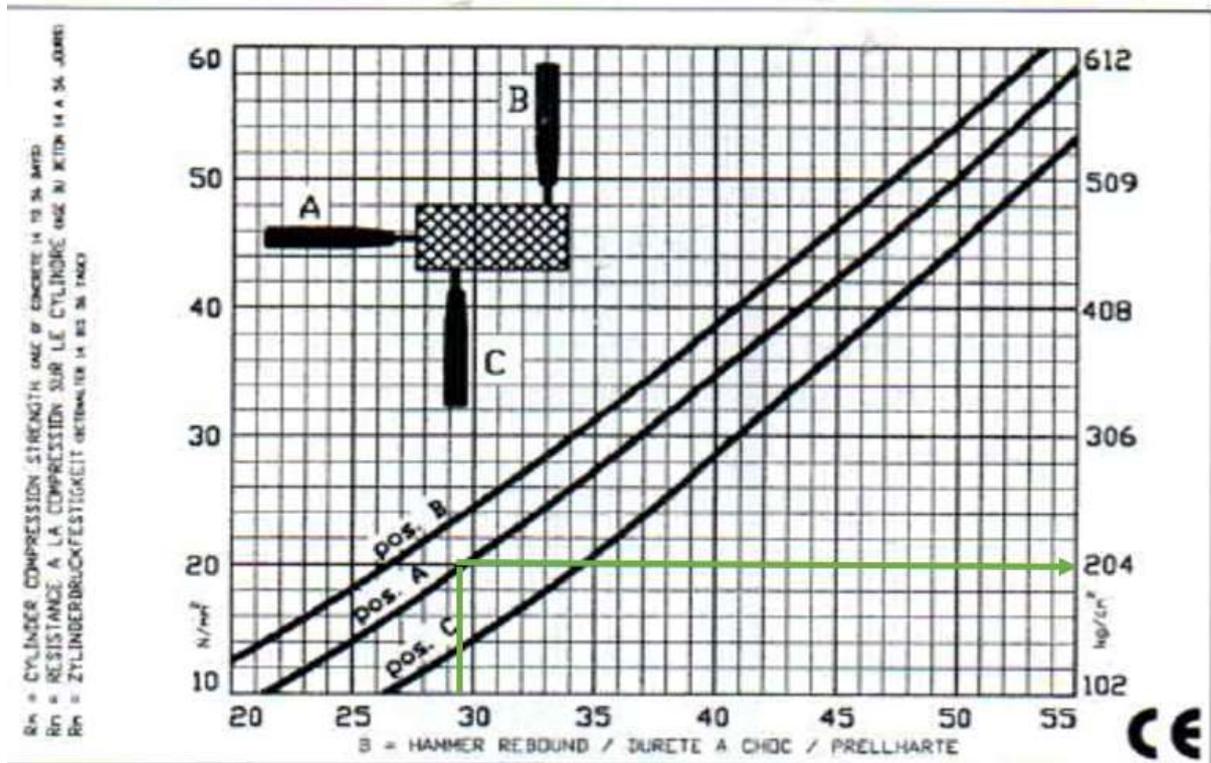


Ilustración 84. Losa del piso 2.

Fuente: Elaboración propia.

CLASSIC CONCRETE HAMMER GRAPHICS

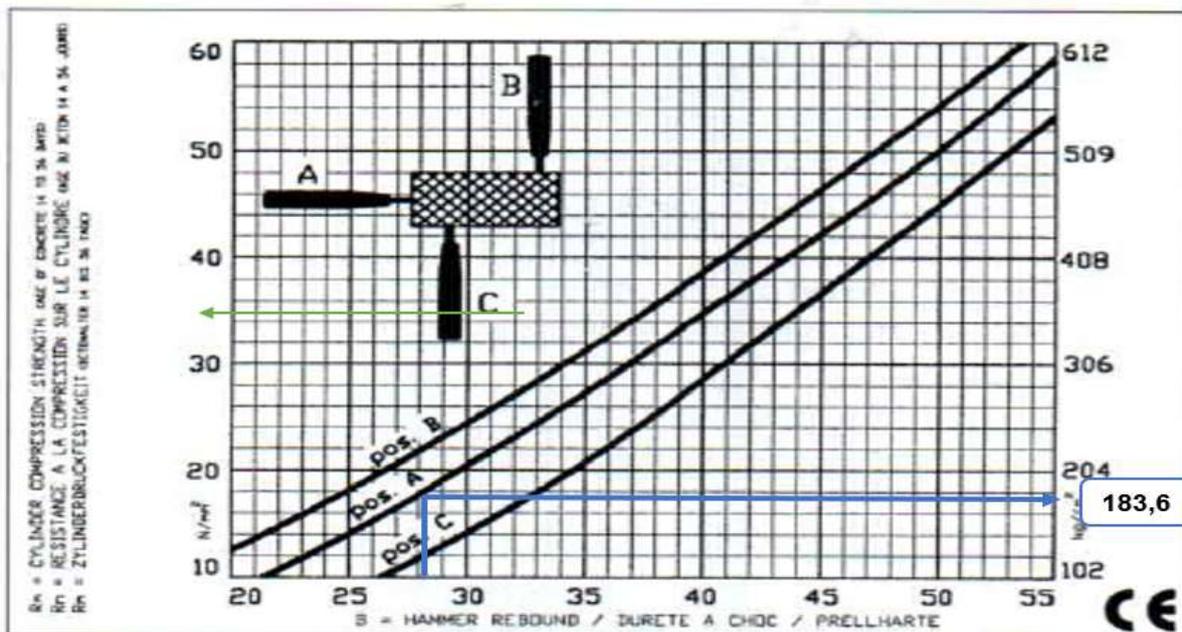


Ilustración 85. Columna del piso 3.

Fuente: Elaboración propia.

CLASSIC CONCRETE HAMMER GRAPHICS

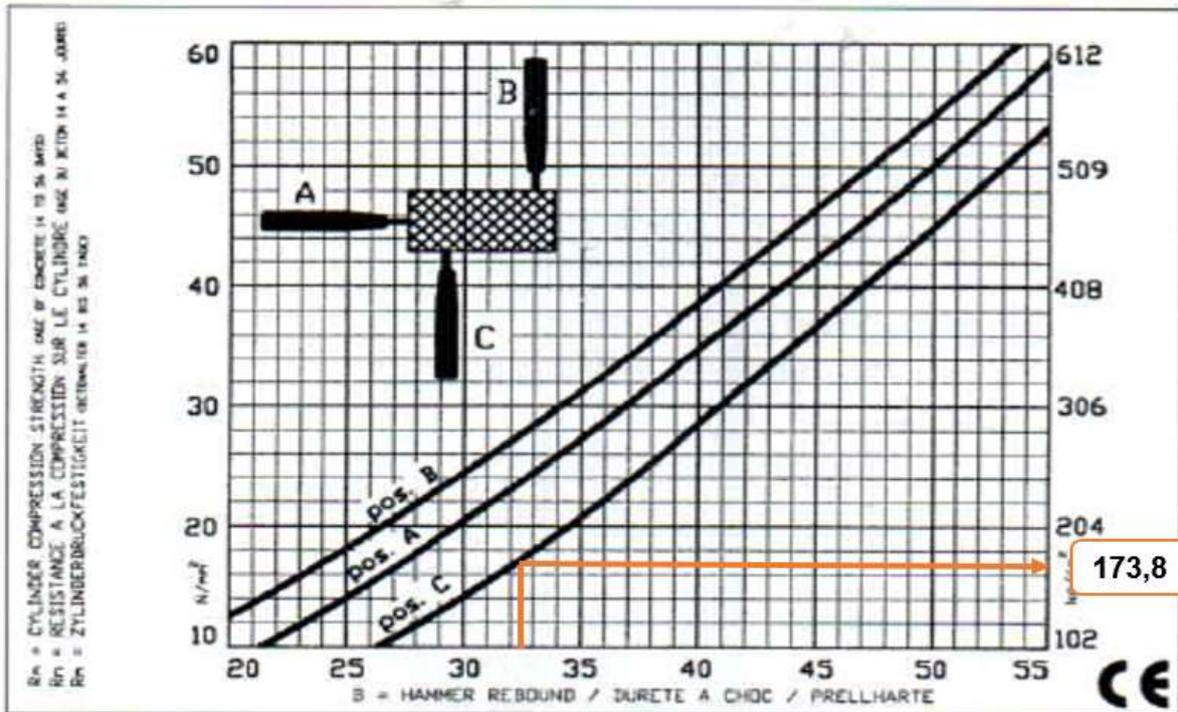


Ilustración 86. Viga del piso 3.

Fuente: Elaboración propia.

CLASSIC CONCRETE HAMMER GRAPHICS

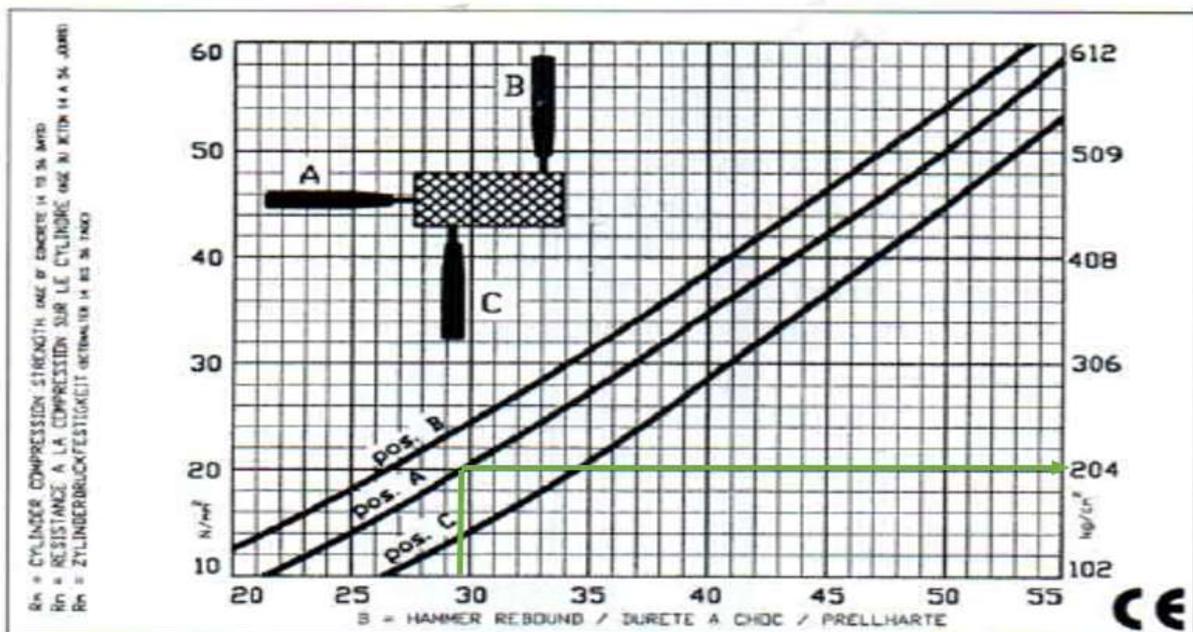


Ilustración 87. Losa del piso 3.

Fuente: Elaboración propia.