

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS:**

**“NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO N° 01 DE LA  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN RAMÓN (ANEXO CHONTAPACCHA)  
CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA”**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:

**Bachiller: WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA**

Asesor:

**Dr. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMÍREZ**

**Cajamarca – Perú**

**2019**

COPYRIGHT © 2019 by  
**WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS APROBADA:**

**“NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO N° 01 DE LA  
INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN RAMÓN (ANEXO CHONTAPACCHA)  
CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA”**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

Presentada por:

**Bachiller: WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA**

**JURADO EVALUADOR**

Dr. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez  
Asesor

M.Cs. José Luis Marchena Araujo  
Jurado Evaluador

M.Cs. Mauro Augusto Centurión Vargas  
Jurado Evaluador

M.Cs. Manuel Lincoln Minchan Pajares  
Jurado Evaluador

Cajamarca – Perú

2019



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**


Siendo las *4:00 pm* horas, del día 18 de octubre de dos mil diecinueve, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **M.Cs. JOSÉ LUIS MARCHENA ARAUJO, M.Cs. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS, M.Cs. MANUEL LINCOLN MINCHIÁN PAJARES**, y en calidad de Asesor el **Dr. HERMES ROBERTO MOSQUEIRA RAMÍREZ**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **"NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO N° 01 DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN RAMÓN (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA"**, presentada por el **Bach. en Ingeniería Civil WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA**

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó....*APROBADO* con la calificación de *BIEN Y SÍETE (17) EXCELENTE*....la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Ingeniería Civil WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Siendo las *4:59* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dr. Hermes Roberto Mosqueira Ramirez**  
Asesor

  
.....  
**M.Cs. José Luis Marchena Araujo**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**M.Cs. Mauro Augusto Centurión Vargas**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**M.Cs. Manuel Lincoln Minchán Pajares**  
Jurado Evaluador



## DEDICATORIA

**A: mi madre y a mi padre.**

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi asesor Dr. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, por el apoyo e interés mostrado en mi persona para el desarrollo profesional del presente trabajo.*

## ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ECUACIONES .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE TABLAS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.1. Contextualización .....	1
1.1.2. Descripción del problema .....	5
1.1.3. Formulación del problema. ....	6
1.2. Justificación e importancia.....	6
1.3. Delimitación de la investigación .....	7
1.4. limitación de la investigación.....	7
1.5. Objetivos .....	7
1.5.1. Objetivo general .....	7
1.5.2. Objetivos específicos .....	8
CAPITULO II.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial.....	9
2.2. Marco conceptual.....	16
2.2.1. Vibración libre de un grado de libertad. ....	16
2.2.2. Sistemas de un grado de libertad. ....	16
2.2.3. Vibración libre sin amortiguamiento. ....	17
2.2.4. Vibración libre con amortiguamiento. ....	20
2.2.5. Vibración libre de un edificio simple. ....	22
2.2.6. Frecuencia natural y modos de vibración.....	23
2.2.7. Análisis dinámico de sistemas de múltiples grados de libertad. ....	23
2.2.8. Análisis estático no lineal Pushover (NSP).....	26
2.2.9. Importancia en el Análisis Estático No Lineal (Pushover). ....	27
2.2.10. Definición Del Patrón De Cargas Laterales .....	29
2.2.11. Procesamiento según el FEMA. ....	32
2.2.12 Nivel de desempeño ATC -40. ....	36
2.3. Definición de términos básicos .....	38

CAPITULO III .....	44
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	44
3.1. Hipótesis.....	44
3.1.1. Hipótesis general .....	44
3.2. Variables .....	44
3.2.1. Variable uno .....	44
3.2.2. Variable dos.....	44
3.3. Operacionalización de los componentes de las hipótesis.....	45
CAPITULO IV .....	46
MARCO METODOLÓGICO .....	46
4.1. Ubicación geográfica. ....	46
4.2. Diseño de la investigación.....	46
4.3. Métodos de investigación.....	47
4.3.1. Obtención de datos.....	47
4.3.2. Modelamiento y análisis. ....	47
4.4. Población y muestra.....	48
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información. ....	48
4.5.1. Técnicas.....	48
4.5.2. Instrumentos .....	48
4.5.3. Procedimiento de la recopilación de información. ....	48
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	49
4.7. Equipos, materiales, insumos, etc.....	49
4.8. Matriz de consistencia metodológica.....	50
CAPITULO V.....	51
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	51
5.1 Presentación de resultados .....	51
5.1.1 Descripción de la edificación.....	51
5.1.2 Carga de diseño.....	51
5.1.1 Introducción de masa y cargas en Etabs.....	54
5.1.2 Periodo y participación de masa. ....	55
5.1.3 Generación de espectro de diseño .....	56
5.1.4 Introducción de cargas en Etabs.....	57
5.1.5 Introducción de casos de carga. ....	57
5.1.6 Introducción de casos de carga. ....	57
5.1.7 Análisis de corte Dinámica y estática.....	58
5.1.8 Análisis de derivas, modelamiento E.030 – 2018.....	58
5.1.9 Análisis de derivas, modelamiento ATC -40.....	59

5.2	Definición de parámetros No lineales, para la edificación. ....	59
5.2.1	Empuje lateral. ....	59
5.2.2	Carga Gravitacional no lineal. ....	59
5.2.3	Pushover en base a empuje lateral.....	60
5.2.3.1	Pushover con fuerzas laterales con efecto P-DELTA.....	61
5.2.3.2	Configuración de rotula. ....	61
5.2.3.3	Obtención de curva de capacidad. ....	63
5.2.3.4	Reducción de brazo rígido de la edificación. ....	64
5.2.3.5	Ubicación de modo para el sistema de la estructura.....	65
5.2.3.6	Agregar fuerzas horizontales en X y Y.....	67
5.2.3.7	Presentación de gráficas y figuras. ....	68
5.3	Muestra de resultados interacción suelo estructura. ....	70
5.3.1	Soluciones elásticas para las rigideces de cimentación superficiales.....	70
6.4.	Análisis, interpretación y discusión de resultados .....	74
6.4.1.	Análisis Edificación rehabilitada.....	74
6.4.2.	Análisis PUSHOVER .....	75
6.4.3.	Análisis interacción suelo estructura. ....	77
6.4.4.	Discusión de resultados.....	78
6.5.	Contrastación de hipótesis.....	80
CONCLUSIONES .....		81
RECOMENDACIONES. ....		82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		83
ANEXOS.....		85

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación. N° 1. Ecuación de movimiento que controla la deformación. ....	17
Ecuación. N° 2. Sistema sin amortiguamiento. ....	17
Ecuación. N° 3. Frecuencia natural. ....	17
Ecuación. N° 4. Frecuencia natural en la ecuación.....	18
Ecuación. N° 5. Frecuencia. ....	18
Ecuación. N° 6. Ecuación de amortiguación 2° grado. ....	18
Ecuación. N° 7. Radio y frecuencia natural a cero. ....	18
Ecuación. N° 8. Defición de radio positivo. ....	18
Ecuación. N° 9. Definición de radio negativo. ....	18
Ecuación. N° 10. Definición de la onda en u. ....	18
Ecuación. N° 11. Simplificación de onda. ....	18
Ecuación. N° 12. Ecuación primer grado de amortiguamiento. ....	18
Ecuación. N° 13. Condición de t en $u=u_0$ .....	19
Ecuación. N° 14. $u_1=u_0$ . ....	19
Ecuación. N° 15. Ecuación de base de la onda, $B= u_0$ . ....	19
Ecuación. N° 16. Amplitud de base. ....	19
Ecuación. N° 17. Reemplazando ecuación N° 15 en 12.....	19
Ecuación. N° 18. Amortiguamiento en primer grado. ....	19
Ecuación. N° 19.-u prima. ....	19
Ecuación. N° 20. Desplazamiento del amortiguamiento. ....	19
Ecuación. N° 21. Ecuación en C de la frecuencia. ....	19
Ecuación. N° 22. Angulo del periodo. ....	20
Ecuación. N° 23. Ecuación libre de un edificio.....	23
Ecuación. N° 24. Posible solución de forma. ....	23
Ecuación. N° 25. Derivado 2 veces respecto al tiempo. ....	23
Ecuación. N° 26. Condicional de cero, con el seno. ....	23
Ecuación. N° 27 Solución de valores A. ....	23
Ecuación. N° 28. A valores igual a cero. ....	23
Ecuación. N° 29. Auto vector del modo de vibración. ....	24
Ecuación. N° 30. Aproximación de ecuación de auto vectores.....	24
Ecuación. N° 31. Tercera derivada Newmark. ....	25
Ecuación. N° 32. Despegamiento de la aceleración. ....	25
Ecuación. N° 33. Condición de estabilidad de Newmark. ....	25
Ecuación. N° 34. Análisis de modo de vibración. ....	25
Ecuación. N° 35. Calculo máximo de vibración. ....	25
Ecuación. N° 36. Curva de capacidad.....	29
Ecuación. N° 37. Factor de distribución vertical de carga. ....	31
Ecuación. N° 38. Pseudo aceleración.....	51
Ecuación. N° 39. C para valores $T>T_l$ . ....	51
Ecuación. N° 40. C para valor $T_p<T<T_l$ .....	52
Ecuación. N° 41. C para valores $T<T_p$ . ....	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura. N° 1. Distribución de las principales placas tectónicas .....	1
Figura. N° 2. Cinturón de fuego del pacífico. ....	2
Figura. N° 3. Mapa de zona sísmica. ....	3
Figura. N° 4. Sistema de un grado de libertad.....	17
Figura. N° 5. Vibración libre de un sistema amortiguado.....	20
Figura. N° 6. Modelo simple o de cortante. ....	22
Figura. N° 7. Patrón de cargas laterales .....	26
Figura. N° 8. Aparición de rotulas en cada uno de los elementos. ....	27
Figura. N° 9. Espectro de diseño inelástico.....	28
Figura. N° 10. Curva de capacidad. ....	29
Figura. N° 11. Distribución vertical proporcional a la forma del modo fundamenta de vibración.....	30
Figura. N° 12. Distribución de fuerza lateral en cada nivel. ....	30
Figura. N° 13. Distribución vertical proporcional a la distribución de fuera de piso. ....	31
Figura. N° 14. Distribución de cargas proporcional de los valores $C_{vx}$ . ....	31
Figura. N° 15. Parámetros para relacionar Momento - Curvatura.....	33
Figura. N° 16. Vista de planta Etabs Ejes. ....	54
Figura. N° 17. Inserción de masa Etabs. ....	55
Figura. N° 18 . Inserción de carga muerta y viva. ....	57
Figura. N° 19. Intersección de casos load patterns. ....	57
Figura. N° 20. Load Cases .....	58
Figura. N° 21. Empuje lateral. ....	59
Figura. N° 22. CGNL.....	60
Figura. N° 23. Empuje lateral de CGNL.....	60
Figura. N° 24. Efecto P-DELTA. ....	61
Figura. N° 25. Configuración de rotulas Etabs.....	62
Figura. N° 26. Presencia de rotulas en el modelo.....	62
Figura. N° 27. Modificación de propiedades en vigas.....	63
Figura. N° 28. Modificación de propiedades de columnas. ....	64
Figura. N° 29. Reducción de brazo rígido.....	65
Figura. N° 30. Cortante en la base Vs Monitoreo de Desplazamiento. ....	66
Figura. N° 31. Asignación de cargas. ....	68
Figura. N° 32. Curva capacidad y esfuerzo.....	68
Figura. N° 33. Grafica de último momento en pushover. ....	69
Figura. N° 34. Falla de columna en estado inelástico.....	69
Figura. N° 35. Muestra en planta de fallas. ....	70
Figura. N° 36. Inserción de resultados de ecuación.....	71
Figura. N° 37. Cortantes aumentadas en suelo estructura.....	72
Figura. N° 38. Combine story Reponse – interacción suelo estructura y pushover .....	72
Figura. N° 39. Cortantes total en el nivel 1. ....	73
Figura. N° 40. Figura del modo 4 en el periodo de 0.056s. ....	73
Figura. N° 41. Muestra de cortante, en el periodo 0.056. ....	74
Figura. N° 42. Demanda espectral y espectro de diseño.....	76

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Evaluación de daños del Sector Educación. ....	5
Tabla N° 2. Valores de amortiguamiento recomendados.....	21
Tabla N° 3. Parámetros Nolinear Procedures Vigas.....	34
Tabla N° 4. Parámetros Nolinear Procedures Columnas. ....	35
Tabla N° 5. Niveles de desempeño estructural ATC -40.....	38
Tabla N° 6. Operacionalización de los componentes de la hipótesis. ....	45
Tabla N° 7. Tipo de investigación. ....	47
Tabla N° 8. Matriz de consistencia metodológica. ....	50
Tabla N° 9. Factores de zona “Z” .....	52
Tabla N° 10. . Categoría de la edificación .....	53
Tabla N° 11. Periodo y masa de participación .....	55
Tabla N° 12. Masas y pesos. ....	56
Tabla N° 13. Espectro de diseño.....	56
Tabla N° 14. Análisis de Corte dinámica y estática .....	58
Tabla N° 15. Derivas.....	58
Tabla N° 16. Resultados con 0.85% de rigidez. ....	59
Tabla N° 17. Pushover mode.....	65
Tabla N° 18. Periodo y masa de participación. ....	66
Tabla N° 19. Sd – Sa – Periodo.....	67
Tabla N° 20. Cortante – Relación – Fuerza.....	67
Tabla N° 21. Resultado de rigidez de cimentaciones superficiales. ....	71
Tabla N° 22. Tablas derives interacción, sin pushover.....	72
Tabla N° 23. Derivas de edificación rehabilitada. ....	74
Tabla N° 24. Valores máximos de Columna fuerte viga débil.....	75



## RESUMEN

La presente investigación se basa en el estudio de un edificio de “La Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha – Cajamarca” la cual está ubicada en una zona altamente sísmica, con una antigüedad mayor a 60 años de construcción y está en funcionamiento, al recaudar la información, se encontró que había sido recientemente rehabilitada en los últimos años de funcionamiento, en base a esto se evaluó con la norma FEMA 420, la cual establece utilizar una rigidez del 85%, debido a que es una edificación rehabilitada, con un proceso de encamisado, con un concreto de  $280\text{kg/cm}^2$ , obteniendo como resultados que el espectro de diseño tiene derivas, que se encuentran dentro de la normativa E.030. Para el análisis por desempeño sísmico se evaluó con la norma FEMA 420, la cual establece utilizar una rigidez del 75%, obteniendo parámetros en la curva de capacidad entre el punto “A-B” con una ductilidad de 5.74 y en su último punto de capacidad con una ductilidad de 6.78. Para el análisis por desempeño considerando la interacción suelo estructura se evaluó con la norma ATC-40, donde se pudo observar que las cortantes como las derivas aumentan, en comparación al análisis pushover anterior, donde los periodos de vibración, derivas y cortantes aumentan hasta en un 30% considerando la interacción suelo-estructura obteniendo como resultado, que las vibraciones aumentan hasta existir fallas significativas en la edificación. Los resultados en el diseño por capacidad de la edificación estudiada, han colocado a la estructura resistiendo a un sismo entre los rango de 6.1 a 6.9 en la escala de Richter, donde existirán daños moderados a precolapso pero necesariamente tendrá que ser evaluada por tratarse de una edificación rehabilitada y obteniendo como conclusión que la edificación se encuentra en un nivel de seguridad de vida según FEMA 420 al ser analizada por desempeño y en el nivel de seguridad limitada SP-4 según ATC-40 al ser analizada por desempeño considerando interacción suelo estructura.

Palabras Clave: Pushover, Desempeño e Interacción suelo estructura.

## ABSTRACT

This research is based on the study of a building of “The Educational Institution San Ramón Annex Chontapaccha - Cajamarca” which is located in a highly seismic zone, with an age greater than 60 years of construction and is in operation, when collecting the information, it was found that it had been recently rehabilitated in the last years of operation, based on this it was evaluated with the FEMA 420 standard, which establishes to use a stiffness of 85%, because it is a rehabilitated building, with a process of jacketed, with a concrete of 280 kg / cm<sup>2</sup>, obtaining as results that the design spectrum has derivatives, which are within the E.030 standard. For the analysis by seismic performance was evaluated with the FEMA 420 standard, the quality establishes a stiffness of 75%, obtaining parameters in the capacity curve between the point "AB" with a ductility of 5.74 and in its last capacity point with a Ductility of 6.78. For the analysis by execution, the interaction of the soil structure was evaluated with the ATC-40 standard, where the shear was observed as the increased leads, compared to the previous thrust analysis, where the periods of vibration, drifts and shears increase until in up to 30% of the soil-structure interaction obtaining as a result, that the vibrations increase until there are specific faults in the building. The results in the design by capacity of the studied building, have been placed to the structure resisting an earthquake between the ranges of 6.1 to 6.9 on the Richter scale, where there are moderate damages to pre-school, but they have to be controlled because they are a building rehabilitated and obtaining as a conclusion that the building is at a level of life safety according to FEMA 420 when analyzed for performance and at the level of limited safety SP-4 according to ATC-40 when analyzed for performance in accordance with the Soil structure evolution

Keywords: Pushover, Performance and Interaction ground structure.

# CAPITULO I

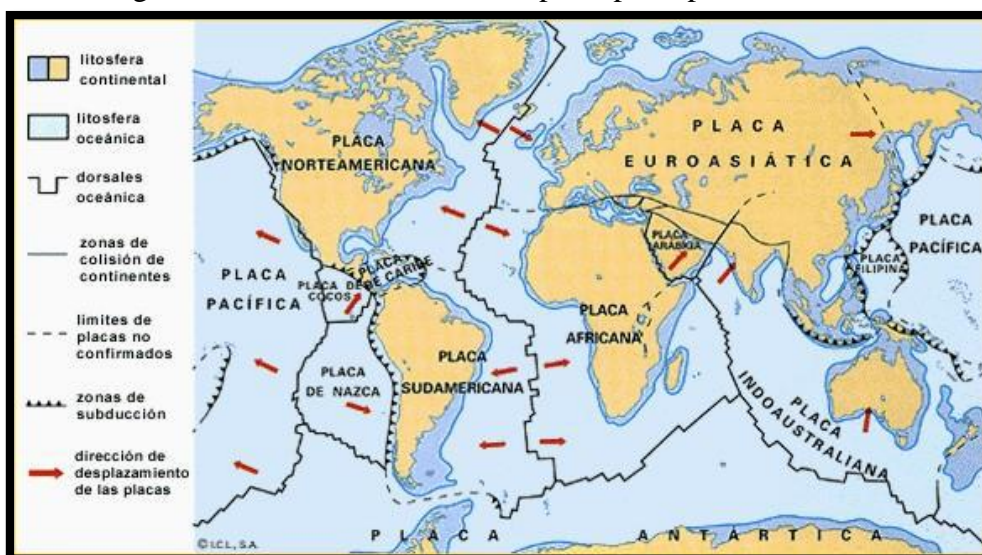
## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

#### 1.1.1. Contextualización

La actividad sísmica se debe a que el planeta está compuesto por placas tectónicas, las cuales hacen fricción debido a que están en un continuo rozamiento entre sí, lo que genera acumulación de energía, la cual a veces se libera originando un movimiento sísmico. El planeta está compuesto por cerca de 13 placas tectónicas, así como la placa; Antártica, africana, Euroasiática, Pacífica, Sudamericana, norteamericana, entre otras (ver figura N° 1). Dentro de los fenómenos causantes de que ocurran sismos se reconocen tres clases: los sismos de origen tectónico, los de origen volcánico y los artificialmente producidos por el hombre. Siendo los más devastadores los sismos de origen tectónico, debido a esto con la ayuda de la ingeniería podemos predecir el daño, con el objetivo de tomar medidas de prevención. (GOYTIA TORREZ, 2001)

Figura. N° 1. Distribución de las principales placas tectónicas



Fuente: WEGNER, 1915.

El Perú se encuentra ubicado en el llamado Cinturón de Fuego del Pacífico (ver figura N° 2); por lo tanto, está expuesto a ser afectado por la ocurrencia de terremotos, los mismos que son más frecuentes y de mayor tamaño cuando ocurren en el borde occidental de América del Sur. Ellos tienen su origen en la

interacción de las placas, grandes piezas del mosaico que forma la corteza terrestre, todas ellas en continuo movimiento a nivel mundial, solo la placa de Nazca alcanza velocidades de desplazamiento de 8-10 cm/año, es por ello que en nuestro país se producen los terremotos de mayor magnitud. Teniendo en cuenta la continua dinámica de las placas, siempre ocurrirán terremotos (IGP, 2016).

Figura. N° 2. Cinturón de fuego del pacífico.

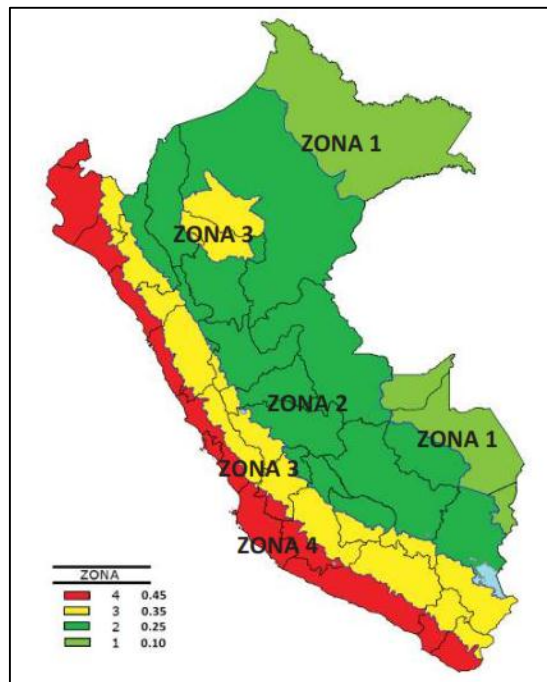


Fuente: PIÑONES, 2012.

El Perú está dividido en cuatro zonas, la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentro, así como en la información geotectónica. (NTP E.030, 2016)

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 3. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica, a cada zona se asigna un factor Z según sea la zona. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Figura. N° 3. Mapa de zona sísmica.



Fuente: (NTP S. R., 2019)

El terremoto de Pisco-Ica (2007) de magnitud 7.0 en la escala de Richter, fue el último terremoto de gran magnitud que sacudió al Perú, el cuál dejó cuantiosos daños, así como la pérdida de vidas humanas, las estructuras de adobe y quincha colapsaron así mismo las estructuras de concreto armado sufrieron daños severos, a diferencia de estos el colegio Reina de los Ángeles y la Universidad Agraria colapsaron debido a problemas con la estabilidad o la compactibilidad de suelos. (ORREGO, 2010)

El terremoto de Pisco dejó a dicha ciudad destruida casi en su totalidad, dejando un saldo de 434 mil 614 personas damnificadas, 221 mil 60 personas afectadas, 596 fallecidos, un total de 93 mil 708 viviendas entre destruidas e inhabitables, con pérdidas millonarias en daños materiales, infraestructura educativa, de salud, transportes, agricultura entre otros. (INDECI, 2009)

En la ciudad de Cajamarca en las últimas décadas no han ocurrido sismos de gran intensidad, sin embargo, debido a su formación geológica, naturaleza de sus suelos y presencia volcánica, existe una gran probabilidad de ocurrencia de sismos, cuyos efectos se amplificarían por las características de sus suelos, es por esto que se la considera zona de silencio sísmico. (MOSQUEIRA MORENO, 2012)

En este sentido, se ha impulsado una serie de propuestas para la evaluación y diseño de edificaciones basadas en los conceptos de desempeño sísmico, se engloban aquellas metodologías según las cuales los criterios estructurales se expresan en términos de determinados niveles de desempeño esperados. Entre las principales propuestas que impulsan el desarrollo de estos conceptos destacan las recomendaciones del Comité VISION 2000 y las del ATC-40. (SALVADOR, 2002)

La investigación sobre la ISE es necesaria, ya que no hay una edificación que pueda desarrollar su comportamiento sísmico natural, sin tener un contacto dinámico con el suelo. Lo que plantea la ISE es tomar en cuenta las propiedades elásticas del suelo, es decir, el suelo no es infinitamente rígido, como suele plantearse en la mayoría de análisis, sino que tiene cierto grado de amortiguación y absorbe parte de la energía entregada por el sismo. Esto va a ocasionar que una menor cantidad de energía llegue a la superestructura, por ende, los elementos estructurales soportarán menores fuerzas internas que lo que se obtiene del cálculo común sin ISE. Otro efecto de la ISE es el aumento de los desplazamientos generados por el sismo, ya que estos desplazamientos van a comenzar desde la base. (VALDERRAMA & MEZA, 2014)

Así mismo se puede acotar que, toda actividad sísmica origina pérdida de vidas y daños a las edificaciones ya sean viviendas, centros educativos, hospitales, entre otros; siendo la infraestructura educativa uno de los factores más importantes para el desarrollo de un país, es por esto que su análisis y diseño debe considerarse como un factor principal al momento de plantear la construcción de este tipo de edificaciones; para así tener un buen comportamiento sísmico ante la ocurrencia de un evento natural. (AQUINO & RODRIGUEZ, 2015)

Es por esto que un análisis y diseño adecuado es muy importante debido a que un evento sísmico de gran magnitud podría ocasionar daños en las edificaciones, así como pérdidas económicas y de vidas humanas, es aún más indispensable e importante realizar un análisis en aquellas edificaciones donde su tiempo de vida ha excedido los 20 años como lo son las edificaciones del centro histórico e instituciones educativas antiguas en la ciudad de Cajamarca.

### 1.1.2. Descripción del problema

Toda institución educativa se puede considerar segura para desastres cuando es capaz de garantizar condiciones en las que los eventuales daños en sus componentes físicos no afecten la integridad de sus ocupantes, y que durante el siniestro estos puedan evacuar de una manera segura, sin sufrir ningún daño.

Según INDECI, 2007, informa que el terremoto registrado en la ciudad de Pisco en el año 2007, originó daños a varios de los centros educativos existentes de la ciudad los cuales tuvieron que paralizar sus actividades ya que muchos de ellos sufrieron daños considerables. El Ministerio de Educación, a través de la oficina de infraestructura educativa - OINFE, se trasladó a la zona del desastre para realizar la evaluación de daños a los locales educativos. En la tabla N° 1 se muestra la evaluación de daños del sector educación en las regiones Ica, Lima, Ayacucho y Huancavelica.

Tabla N° 1. Evaluación de daños del Sector Educación.

REGION	Aulas sin daño estructural o daño leve	Daños moderados de aulas	Muros de cerco con daño estructural	otros ambientes con daño
Huancavelica	110	24	953	95
Lima	536	355	3302	214
Ica	1705	214	5690	84
Ayacucho	226	29	4	14
Total	2577	622	9949	407

Fuente: INDECI, 2009.

En Cajamarca como en el resto de departamentos del país cuenta con una cantidad significativa de instituciones educativas antiguas, las cuales han sido diseñadas y construidas con normativa no vigente, lo que nos llevaría a preguntarnos como responderían estas edificaciones ante un evento sísmico, ya que por ser edificaciones esenciales deben mantenerse en pie para salvaguardar la vida de sus ocupantes.

Se construyó por el presidente Manuel Odría en el transcurso de los años de 1950 a 1954, con el nombre de Gran Unidad Escolar JOSÉ GÁLVEZ, su funcionamiento se dio a partir del año 1955, pero con el nombre de San Ramón. Cuenta con la construcción de 03 edificios, 01 servicio higiénico antiguos y con 08

edificios, 02 servicios higiénicos, 02 losas deportivas, 01 coliseo nuevos. En la actualidad San Ramón atiende en sus niveles de primaria con más de 1100 alumnos, secundaria con más de 2700 alumnos y Educación Básica Alternativa con más de 250 alumnos, atendidos por más de 200 trabajadores entre profesores y personal administrativo.

La Institución Educativa San Ramón anexo Chontapaccha – Cajamarca, localizada en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca el cual en la actualidad se encuentra construido, al ser éste una institución educativa se encuentra según norma E.030 en la categoría de edificios esenciales, categorizándolo como A2, según NTP E.030, el cual se encuentra en una alta zona sísmica tipo 3, y ante un evento sísmico podría sufrir daños.

Debido a la antigüedad de la infraestructura a analizar se podría decir que la institución educativa no cuenta con un análisis sísmico ya que la normativa E.030 se implementó en 1970, por lo cual es importante considerar el tipo y el comportamiento del suelo mediante la Interacción Suelo Estructura, con ello se pretende averiguar en qué condiciones se encuentra la estructura ante la acción de un sismo: teniendo como resultados; espectro de capacidad y espectro demanda.

### **1.1.3. Formulación del problema.**

¿Cuál es el nivel de desempeño sísmico del edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón - Chontapaccha, considerando la interacción suelo estructura?

### **1.2. Justificación e importancia.**

El presente estudio de investigación tiene la finalidad de fomentar la investigación en el análisis sísmico de las estructuras teniendo en cuenta los avances científicos, las falencias en la aplicación de las diferentes metodologías al realizar el desempeño sísmico considerando la interacción suelo-estructura y sus consideraciones en el análisis sísmico han incentivado el desarrollo del mismo.

El edificio a investigar, es el módulo N° 01 de la Institución Educativa San Ramón anexo Chontapaccha - Cajamarca, tiene una antigüedad mayor a 50 años, según norma sismorresistente Peruana E.030, es una edificación esencial tipo A2, y se encuentra ubicada en una zona 3 en el mapa. Esta edificación esencial ante la



acción de un evento sísmico, debe mantenerse en pie, debido a que alberga un gran número de ocupantes (alumnos, docentes y público en general). Con el desarrollo de esta investigación se dará mayor importancia al análisis y diseño de estructuras por desempeño sísmico considerando la interacción suelo estructura, ya que esta filosofía nos permitirá conocer el comportamiento estructural real ya que no solamente se tiene en cuenta la superestructura sino que también se toman en cuenta las propiedades del suelo, haciendo un análisis completo de la cimentación conectada con la superestructura durante un movimiento sísmico, y así predecir posibles fallas en los elementos estructurales, con la finalidad de saber si es segura dicha edificación para la integridad de sus ocupantes, esto hará tomar conciencia en el diseño y construcción de edificaciones futuras, como también de las edificaciones existentes que pueden ser evaluadas y de acuerdo a ello tomar medidas de reforzamiento o de reconstrucción.

### **1.3. Delimitación de la investigación**

Este trabajo se realizó tomando como unidad de análisis la edificación de la Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha – Cajamarca, la cual ha sido rehabilitada en sus últimos años de funcionamiento.

Esta Institución Educativa rehabilitada ha sido analizada con la normativa E.030 (Diseño sísmo resistente), dando como resultado que se encuentra dentro de los parámetros que establece dicha norma, donde se recomendó utilizar la normativa FEMA 420, para el análisis de desempeño, agregado a esto se tuvo que utilizar la normativa ATC 40, para el estudio de la interacción suelo estructura.

### **1.4. Limitación de la investigación**

Esta investigación no cuenta con los ensayos de interacción suelo estructura, por lo que se trabajó en base al estudio de mecánica de suelos.

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo general**

- Determinar el nivel de desempeño sísmico del edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha – Cajamarca, la cual ha sido rehabilitada, considerando la interacción suelo estructura.

### 1.5.2. **Objetivos específicos**

- Realizar el análisis sísmico del edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha – Cajamarca, la cual ha sido rehabilitada con la E.030.
- Determinar el nivel de desempeño del edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha – Cajamarca, la cual ha sido rehabilitada en base a la FEMA 420.
- Realizar el análisis de desempeño con la interacción suelo estructura del edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha – Cajamarca, la cual ha sido rehabilitada en base a ATC-40.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial

##### A. Antecedentes Internacionales

Un importante avance consistió en identificar que una estructura aporticado podría comportarse mejor ante una acción sísmica, si pudiera garantizarse que las rotulas plásticas se formen en las vigas, y no en columnas (mecanismo de viga débil - columna fuerte), y si la resistencia de cortante de los miembros excediera a la correspondiente resistencia a flexión. Estos dos aspectos pueden ser considerados como el inicio de la nueva filosofía de diseño basada en el desempeño, por medio de la cual es posible controlar y predecir tanto el comportamiento de la estructura como el potencial de daño. (PAULAY, 1992, pág. 744).

El desempeño de una estructura se determina usando la curva de capacidad o pushover, esta ha sido aplicada también en numerosas investigaciones como la que se realizó en edificios monumentales como la iglesia de Santa María del Mar en Barcelona, aquí los investigadores realizaron un estudio con elementos finitos y análisis límite del equilibrio de la estructura de la iglesia, para construir su curva de capacidad y compararla con la demanda sísmica, usando el método del espectro de capacidad, de este modo se realizó el análisis de riesgo sísmico. (IRRIZARRY, 2003)

El estado del conocimiento actual ha permitido desarrollar normativas con bases para el diseño sísmico de estructuras con razonable seguridad para la vida, e incluso la aplicación de criterios económicos en el diseño sismo-resistente, optando por estructuras menos fuertes que lo necesario. Una estructura sometida a un movimiento sísmico severo puede sufrir daños controlados, sin llegar a colapsar, y disipar así una parte importante de la energía absorbida, lo que significa que al permitir degradarse la estructura puede salvarse del colapso y proteger las vidas que se encuentran en su interior. Por tanto, el comportamiento sísmico adecuado de una estructura depende, además de su resistencia, de su capacidad de disipar energía a partir del instante en que sus deformaciones exceden el límite elástico, es decir, de su ductilidad (VERA, 2011).

En la tesis doctoral del comportamiento dinámico de los medios porosos elásticos en relación con los problemas de interacción suelo - estructura y suelo - estructura de agua, concluye: (GARCIA, 2012):

- Los suelos porosos saturados en los cimientos tienen un aumento en la rigidez con respecto al suelo estático drenado de valores muy bajos de la frecuencia, este efecto es menos notable cuando el contenido del suelo disminuye en elasticidad y aumenta en la porosidad dando como resultado una relación de pila relativa / suelo, aumentando la impedancia dinámica, impedimento del suelo, por lo tanto, aumenta la vibración y la frecuencia del terremoto.
- La influencia de la constante de disipación (dependiendo de la viscosidad del medio y la permeabilidad intrínseca del esqueleto) en el comportamiento dinámico de las pilas es grande, ya que afecta significativamente las velocidades de propagación de las ondas en el suelo. En general, a medida que aumenta la constante  $b$ , se obtienen valores más altos de las impedancias dinámicas, tendiendo hacia los valores correspondientes a un suelo ideal elástico sin drenaje.
- Los suelos porosos muy permeables pueden tener menos rigidez horizontal que los suelos drenados elásticos ideales. Este efecto no es apreciable en el caso de la rigidez vertical.
- En relación con un solo pilote, la impedancia dinámica de un grupo de pilotes depende más de la frecuencia debido a los efectos de la interacción suelo-pilote.
- Estos efectos dependen de la separación entre pilas y propiedades del suelo.
- El grado de permeabilidad de la condición de contacto pila-tierra solo tiene una influencia apreciable en el caso de rigideces horizontales y valores muy bajos de  $b$ .
- Las mayores amplitudes de la respuesta, ya sea en términos de función de transferencia, espectros de aceleración máxima o desplazamientos máximos, se dan para altas alturas de llenado del depósito en ausencia de sedimentos del fondo.

- Los períodos fundamentales del sistema aumentan con la cantidad de agua contenida en la presa. Esto es especialmente evidente cuando no hay lecho sedimentario.
- La presencia de sedimentos introduce una amortiguación importante del conjunto, incluso con pequeños espesores, que afectan principalmente a situaciones con niveles importantes de agua. Con poca altura de agua embalsada, el efecto es mucho menos obvio.
- El aumento en el grosor de la capa de sedimento aumenta el grado de amortiguación en los casos afectados por la presencia de sedimentos más delgados, es decir, para grandes niveles de relleno.
- La presencia de sedimentos provoca un desplazamiento de las curvas hacia períodos más bajos, un fenómeno que aumenta con el aumento de la capa de sedimentos.
- Los efectos antes mencionados son más pronunciados en el caso de la incidencia de ondas P que en el caso de ondas SH. Aceleraciones en las direcciones "y" y "z" causadas por la incidencia vertical de las ondas SV y P, respectivamente.
- El nivel de llenado no altera significativamente la respuesta (onda P) o lo hace en el sentido de atenuarla a medida que aumenta la altura del agua represada (onda SV).
- El efecto de amortiguación introducido por los sedimentos es mucho menos relevante que en la dirección anteroposterior.
- Hay una disminución en la frecuencia fundamental del sistema junto con el aumento en el nivel de llenado del depósito (más notable en el caso de la onda SV).

En la tesis de Ceballos A. denominada “Análisis Modal Experimental Aplicado a la Calibración de Modelos de Sistemas con Interacción Suelo – Estructura”, presenta un procedimiento para el ajuste de parámetros de los modelos numéricos de sistemas con interacción suelo – estructura basado en funciones de

transferencia experimentales en la fundación y la incertidumbres en los parámetros de suelo diferenciado, esta clase de problemas de otros tipos de sistemas estructurales ampliamente estudiados con análisis modal experimental. Los modelos de estos sistemas comprenden todos los grados de libertad de la estructura y aquellos de la interfaz fundación – estructura. El modelo de coordenadas físicas de la fundación consiste en matrices independientes de la frecuencia derivadas de soluciones rigurosas de su rigidez dinámica a través de una nueva forma en un técnico experimental que procure matrices simétricas. Estudios de la sensibilidad de los parámetros del suelo y la estructura seleccionada para la calibración fueron realizados considerando el efecto de alternativas para la rigidez del amortiguamiento de los grados de libertad en la interfaz además de la rigidez dinámica rigurosamente derivada. Estas alternativas se refieren a la flexibilidad del bloque de fundación al suelo de un semi espacio homogéneo equivalente en lugar de las condiciones estratigráficas de suelo. La dispersión de los parámetros ajustados se expresa a través de la comparación de los valores de la rigidez flexional de estructuras predominantemente unidimensionales y la velocidad de ondas de corte del suelo para las alternativas consideradas. Los ensayos fueron realizados utilizando acelerómetros inductivos y equipos de adquisición de datos estándares. Los dispositivos de precisión de acuerdo a la masa del sistema analizado son circundantes a los obtenidos por el modelamiento aparte de comprobar que la variación entre los dos es de un 0.1% en estructuras de gran escala, convirtiéndolo en una herramienta muy útil en cuanto a las características numéricas asociadas con efecto interacción suelo – estructura. (Ceballos, 2004)

## **B. Antecedentes Nacionales:**

Durante el desarrollo de la sociedad, se han ido desarrollando tesis en pregrado como también en maestrías, ya que “el análisis no lineal, es el futuro de la ingeniería civil” (AGUILAR, 2008).

Análisis no lineal estático de estructuras y la norma E-030, menciona los siguientes objetivos de desempeño, observaciones y conclusiones (DELGADILLO, 2005):

- Los aceros de refuerzo en los elementos (vigas, columnas y placas), por simplificar el problema, se repitió en los cinco pisos, aun así, como sabemos, los diagramas momento giro no son iguales ni en elementos con igual configuración de acero que se encuentran en un mismo nivel, debido que soportan distintas cargas axiales.
- No se tomó en cuenta la rigidez lateral que aportan los muros de albañilería cuando la estructura fue sometida a cargas laterales.
- El programa para hallar el gráfico momento-giro, no toma en cuenta la efectividad de confinamiento que pudieran tener los estribos.
- El Análisis No Lineal Estático Pushover, es una forma mediante el cual podemos obtener la secuencia de la aparición de rótulas que llevan al colapso a la estructura, y utilizando la demanda sísmica dada por la Norma Peruana E-030 se puede hallar el nivel de daño ocurrido.
- El Análisis No Lineal Estático Pushover nos sirve para ver la magnitud del daño, mediante el monitoreo de la deformación de desempeño (giro o desplazamiento) de los elementos y poder calificarlos como daños aceptables o no, mediante los límites de aceptación.
- El procedimiento de modelación del comportamiento de una sección para un elemento y su posterior verificación del desempeño, viendo su deformación (Giro o desplazamiento) es muy laborioso como para hacerlo con todas las estructuras que se diseñan día a día.

Evaluación de la capacidad estructural del edificio de la biblioteca de las ingenierías y arquitectura, utilizando análisis estático no lineal (Pushover) (GUEVARA, 2006). Dentro de las conclusiones y recomendaciones planteadas acerca del análisis estático no lineal Pushover tenemos las siguientes:

- El análisis estático no lineal pushover, es un método para definir la respuesta no lineal de la estructura, y la secuencia en la que se generarían los posibles daños bajo una excitación sísmica de gran magnitud, que lleve el comportamiento de la estructura a un rango no lineal.

- La utilización del análisis de pushover, que es un método relativamente de fácil aplicación; en conjunto con las características de evaluación estructural de los niveles de desempeño, originan una metodología que proporcionan resultados que muestran de forma aproximada el comportamiento de la estructura. Además, se puede conocer la secuencia de aparición de daños en los elementos estructurales, para diferentes estados límites de comportamiento.
- El análisis de pushover es un método que optimiza tiempo y recursos en la obtención de resultados, ya que se puede obtener resultados con alto grado de precisión, relativamente en corto tiempo.

Análisis de interacción suelo-estructura de centros educativos con zapatas corridas en la Urb. Nicolás Garatea-Nuevo Chimbote” afirman que en el análisis de interacción suelo-estructura, la rigidez del suelo de fundación absorbe casi toda la energía transmitida por la estructura y la energía liberada por el sismo, también afirman que los modelos con un coeficiente de rigidez mayor absorben una cantidad mayor de energía de sismo. Así mismo al considerar la Interacción suelo-estructura, los desplazamientos de entrepiso incrementan en promedio un 22%, en las columnas los esfuerzos disminuyen un 3.6% para sismo en dirección X y un 12.5% para el caso de sismo en dirección Y; por otro lado, en las vigas, si bien es cierto que los esfuerzos tienden a disminuir, el esfuerzo de diseño aumenta un 15%. (MENDOZA & RODAS, 2015)

Interacción suelo-estructura en edificaciones con muros de ductilidad limitada sobre plateas de cimentación” afirman que la interacción suelo-estructura nos permite realizar un estudio más preciso del comportamiento del suelo de fundación con la edificación frente a eventos sísmicos reales, demostrando que el suelo permite una mejor distribución de esfuerzos en todos los elementos estructurales de la edificación, y la disipación de cierto porcentaje de energía inducida por un sismo. Además, el modelo considerando interacción suelo-estructura en comparación con un modelo empotrado permite que el periodo de vibración tenga un incremento de hasta 24.67% en el primera forma de vibración, los desplazamientos laterales máximos de entrepiso aumenten un 35% cumpliendo con la norma de diseño sismorresistente E.030, las fuerzas axiales máximas disminuyen en un 46%, las fuerzas cortantes máximas



disminuyen en un 42% y el momento flector disminuye en un 34%. (CERNA & ESPINOZA, 2008)

La presente investigación es una contribución importante en la actualización de la investigación sísmica, ya que hay una falta de información sobre la consideración de un análisis de interacción suelo-estructura. Con la interacción suelo-estructura, se observa que los desplazamientos del entrepiso y las fuerzas internas de los elementos son función de los coeficientes de rigidez y de las características del piso de cimentación y la dimensión de las zapatas. La comparación de los resultados obtenidos nos permite indicar que el mayor efecto de flexibilidad de la base está dado por los modelos analizados. A diferencia de los cálculos convencionales de uso común. Del análisis con interacción de la estructura del suelo se obtuvo que en el caso estático los períodos de vibración aumentan en un 36.87%, mientras que en el caso dinámico el aumento es del 35.56% de la evaluación de los modelos con interacción de la estructura del suelo, se obtuvo que: en el análisis estático, las desviaciones aumentan 168% en la dirección x, 57% en la dirección Y, los desplazamientos aumentan en la dirección x en un 90% y 70.85% en la dirección Y; mientras que en el caso dinámico las desviaciones aumentan 38% en la dirección x, 18% en la dirección Y, los desplazamientos aumentan en la dirección x en un 42% y 34% en la dirección Y; Asimismo, en el análisis de la historia del tiempo se obtuvo que las desviaciones aumentan 34% en la dirección x, 17% en la dirección Y, los desplazamientos aumentan en la dirección x en un 25% y 26% en la dirección Y, las fuerzas axiales de los elementos estudiados disminuyen notablemente con los métodos utilizados para la interacción de la estructura del suelo, como en el caso de la placa P6 donde en el análisis estático disminuye un promedio de 20.67%, en el caso dinámico disminuye en 43.14% y en el historial de análisis de tiempo disminuye un 9.24% en comparación con el análisis de base incrustado, las fuerzas axiales en las columnas analizadas disminuyen un promedio de 47.22% en el caso estático, 52.35% en el caso dinámico y 50.875 en el caso del análisis de historial de tiempo. Mientras que las fuerzas de corte disminuyen en un 36.58% en el análisis estático, 6.20% en el análisis dinámico, 31.63% en el historial de tiempo de análisis, los momentos de flexión en las columnas disminuyen en un promedio 49.29% en el análisis estático, 48.03% en el análisis dinámico y 45.24% en el historial de tiempo de análisis, las fuerzas de corte en la placa P6 disminuyen 25.68% en el análisis estático, 28.93% en el análisis dinámico y 8.79% en el historial de tiempo de análisis. Mientras

que los momentos de flexión en la placa P6 disminuyen 78.86% en el análisis estático, 79.01% en el análisis dinámico y 77.48% en el historial de tiempo de análisis. En pisos rígidos, se pueden construir estructuras flexibles que contribuyan a un cierto nivel de altura que permita cumplir con el requisito de deriva máxima, estructuras rígidas como las dobles y estructuras con paredes estructurales; En pisos flexibles no es aconsejable construir estructuras flexibles porque habría incrementos en los desplazamientos de pisos, aumentos en las desviaciones y fuerzas internas. Para el cálculo y diseño de estructuras utilizando la interacción de la estructura del suelo, se debe tener en cuenta que cumple con los estándares de nuestro país, como E-020, E-030, E-060. (JINES, 2017)

## **2.2. Marco conceptual**

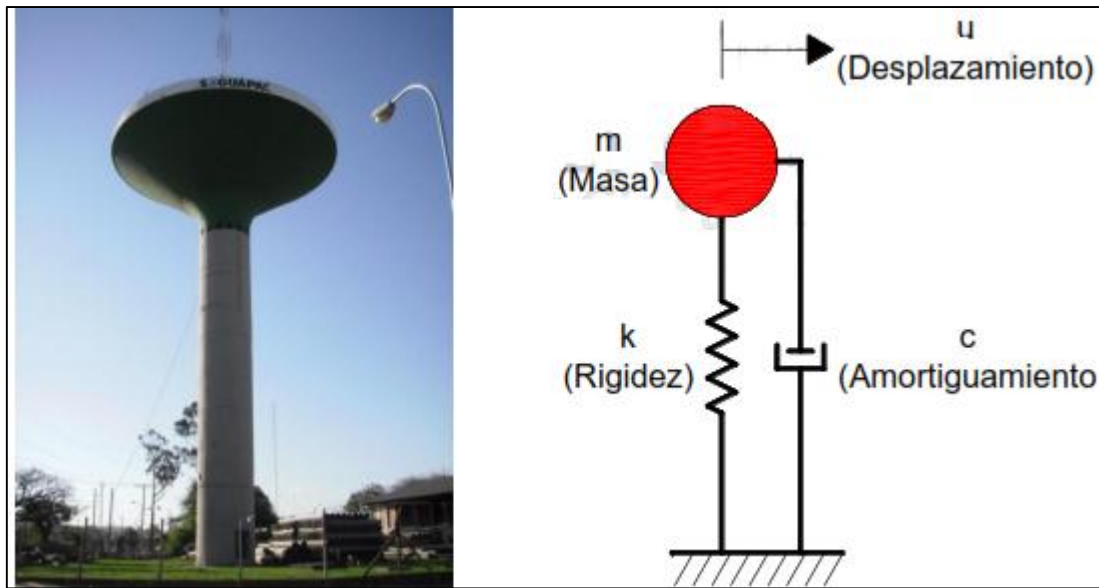
### **2.2.1. Vibración libre de un grado de libertad.**

Se dice que una estructura experimenta vibración libre cuando es perturbada de su posición de equilibrio estático y después se deja vibrar sin ninguna excitación dinámica externa. Aunque el amortiguamiento en las estructuras reales se debe a varios mecanismos de disipación de la energía que actúan de manera simultánea, un enfoque matemáticamente práctico consiste en idealizarlos mediante el amortiguamiento viscoso equivalente. (K. CHOPRA, 2014)

### **2.2.2. Sistemas de un grado de libertad.**

Un sistema de un grado de libertad (1 GDL) se define como aquel que solo es posible un tipo de movimiento, es decir, la posición del sistema en cualquier instante puede ser definida por la de una sola coordenada.

Figura. N° 4. Sistema de un grado de libertad.



Fuente: K. CHOPRA, 2014.

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = 0$$

Ecuación. N° 1. Ecuación de movimiento que controla la deformación.

Ésta es la ecuación de movimiento que controla la deformación o el desplazamiento  $u(t)$  de la estructura idealizada en la figura 2.1, que se supone elástica lineal, sometida a vibración libre.

### 2.2.3. Vibración libre sin amortiguamiento.

El movimiento de los sistemas lineales de 1GDL, visualizados como un sistema masa – resorte – amortiguador, sometido a vibración libre se rige por la ecuación N° 1. Para los sistemas sin amortiguamiento ( $c = 0$ ) se especifica como: (K. CHOPRA, 2014)

Definición de la ecuación de amortiguamiento.

$$\ddot{u} + \frac{k}{m}u = 0$$

Ecuación. N° 2. Sistema sin amortiguamiento.

Definiendo la frecuencia natural, el periodo y la frecuencia como:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega_n^2 = \frac{k}{m}$$

Ecuación. N° 3. Frecuencia natural.

La frecuencia de amortiguación con la frecuencia natural.

$$T = \frac{2\pi}{\omega_n} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Ecuación. N° 4. Frecuencia natural en la ecuación.

Definición de frecuencia.

$$f = \frac{1}{T}$$

Ecuación. N° 5. Frecuencia.

Reemplazando la ecuación N° 2 en N° 3.

$$\ddot{u} + \omega_n^2 u = 0$$

Ecuación. N° 6. Ecuación de amortiguación 2° grado.

Resolviendo la Ecuación N° 6.

$$r^2 + \omega_n^2 = 0$$

Ecuación. N° 7. Radio y frecuencia natural a cero.

Definición de radio en la frecuencia natural positivo.

$$r_1 = \alpha_1 + i\beta_1 = 0 + i\omega_n$$

Ecuación. N° 8. Deficion de radio positivo.

Definición de radio en frecuencia natural negativa

$$r_2 = \alpha_1 - i\beta_1 = 0 - i\omega_n$$

Ecuación. N° 9. Definicìon de radio negativo

Ecuación de la onda en la ecuación de amortiguamiento.

$$u = Ae^{\alpha_1 t} \text{sen}\beta_1 t + Be^{\alpha_1 t} \text{cos}\beta_1 t$$

Ecuación. N° 10. Definicìon de la onda en u.

Simplificación de la ecuación del amortiguamiento.

$$u = A \text{sen}\omega_n t + B \text{cos}\omega_n t$$

Ecuación. N° 11. Simplificación de onda..

Simplificación de primer grado en amortiguamiento.

$$\dot{u} = \omega_n A \text{cos}\omega_n t - \omega_n B \text{sen}\omega_n t$$

Ecuación. N° 12. Ecuación primer grado de amortiguamiento.

Condiciones de tiempo en "U"

$$Si: t = 0; u = u_0$$

Ecuación. N° 13. Condición de t en u=u0

Igualando la condición del tiempo y amortiguamiento en primer grado.

$$Si: t = 0; \dot{u} = \dot{u}_0$$

Ecuación. N° 14. u1=u0.

Reemplazando ecuación N° 12 en 10.

$$B = u_0$$

Ecuación. N° 15. Ecuación de base de la onda, B= u0.

Reemplazando ecuación N° 14 en 12.

$$A = \frac{\dot{u}_0}{\omega_n}$$

Ecuación. N° 16. Amplitud de base.

Reemplazando ecuación N° 15 en 12.

$$u = \frac{\dot{u}_0}{\omega} \text{sen}\omega_n t + u_0 \text{cos}\omega_n t$$

Ecuación. N° 17. Reemplazando ecuación N° 15 en 12.

Ecuación de 1° grado en el amortiguamiento

$$\dot{u} = \dot{u}_0 \text{cos}\omega_n t - \omega_n u_0 \text{sen}\omega_n t$$

Ecuación. N° 18. Amortiguamiento en primer grado.

Ecuación de 2° en el amortiguamiento

$$\ddot{u} = -\omega_n \dot{u}_0 \text{sen}\omega_n t - \omega_n^2 u_0 \text{cos}\omega_n t$$

Ecuación. N° 19.-u prima.

Ecuación del desplazamiento en el amortiguamiento.

$$u = C \text{sen}(\omega_n t + \emptyset)$$

Ecuación. N° 20. Desplazamiento del amortiguamiento.

Frecuencia expresada en C.

$$C = \sqrt{\left(\frac{\dot{u}_0}{\omega_n}\right)^2 + u_0^2}$$

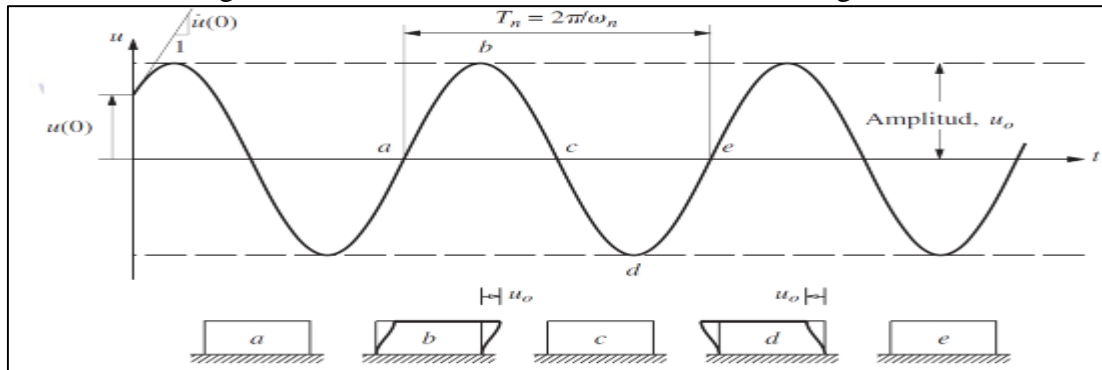
Ecuación. N° 21. Ecuación en C de la frecuencia.

Ecuación del ángulo del periodo.

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{u_0}{\dot{u}_0/\omega_n} \right)$$

Ecuación. N° 22. Ángulo del periodo.

Figura. N° 5. Vibración libre de un sistema amortiguado.



Fuente: K. CHOPRA, 2014

La porción a-b-c-d-e de la curva de tiempo-desplazamiento describe un ciclo de vibración libre del sistema. A partir de su posición de equilibrio estático (o no deformada) en a, la masa se mueve a la derecha, alcanzando su desplazamiento positivo máximo  $u_0$  en b, momento en el cual la velocidad es cero y el desplazamiento comienza a decrecer; luego la masa vuelve de nuevo a su posición de equilibrio c, momento en el cual la velocidad es máxima y por lo tanto la masa continúa moviéndose a la izquierda (K. CHOPRA, 2014).

Después, la masa llega a su desplazamiento mínimo  $-u_0$  en d, momento en el cual la velocidad es cero de nuevo y el desplazamiento comienza a disminuir otra vez hasta que la masa vuelve a su posición de equilibrio en e. En el instante de tiempo e,  $2\pi/\omega_n$  segundos después del instante de tiempo a, el estado (desplazamiento y velocidad) de la masa es el mismo que en el momento a, y la masa está lista para comenzar un nuevo ciclo de vibración (K. CHOPRA, 2014)

#### 2.2.4. Vibración libre con amortiguamiento.

- El amortiguamiento estructural no es viscoso.
- El amortiguamiento se debe a:
  - Amortiguamiento en elementos estructurales y juntas.
    - o Amortiguamiento histerético por las características de la fuerza restauradora elasto-plástica.

- En elementos no estructurales.
  - Por disipación de energía en el terreno.
- Los mecanismos no están bien entendidos.
  - Dificultad para incluirlo exactamente en las ecuaciones de movimiento.
  - Dificultad computacional en la solución.
  - Sus efectos usualmente son aproximados mediante un amortiguador viscoso.
  - El amortiguamiento crítico marca la transición entre una respuesta oscilatoria y una respuesta no oscilatoria de una estructura.

Tabla N° 2. Valores de amortiguamiento recomendados.

NIVEL DE ESFUERZO	TIPO Y CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA	% AMORTIGUAMIENTO
ESFUERZO DE TRABAJO (50% DEL PUNTO DE INFLUENCIA)	TUBERÍA O EQUIPAMIENTO	1- 2
	ESTRUCTURA DE ACERO CON UNIONES SOLDADAS, ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRETENSADO, ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO LIGERAMENTE AGRIETADA.	2- 3
	ESTRUCTURA DE CONCRETO ARMADO CON AGRIETAMIENTO CONSIDERABLE	3- 5
	ESTRUCTURA DE ACERO CON UNIONES EMPERNADAS, ESTRUCTURAS DE MADERA CON UNIONES EMPERNADAS O CLAVADAS	5- 7
	TUBERÍAS O EQUIPAMIENTO	2- 3
EN FLUENCIA O CERCANO AL PUNTO DE FLUENCIA	ESTRUCTURAS DE ACERO CON UNIONES SOLDADAS. ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRETENSADO SIN PERDIDA TOTAL DE PRESFUERZO	5- 7
	ESTRUCTURA DE CONCRETO PRESFORZADO SIN PERDIDA DE PRESFUERZO	7- 10
	ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO	7- 10
	ESTRUCTURAS DE ACERO CON UNIONES EMPERNADAS, ESTRUCTURAS DE MADERA CON UNIONES EMPERNADAS	10- 15
	ESTRUCTURAS DE MADERA CON UNIONES CLAVADAS	15- 20

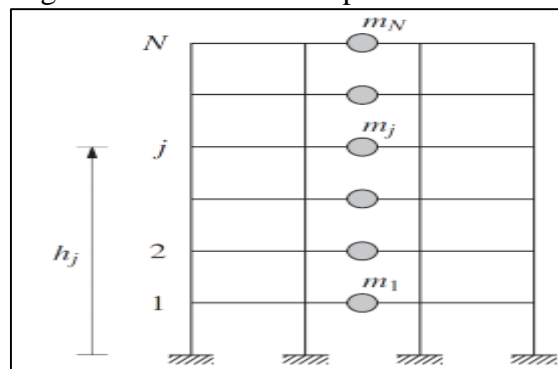
*Fuente: K. CHOPRA, 2014.*

### 2.2.5. Vibración libre de un edificio simple.

Las estructuras no siempre se pueden describirse dinámicamente empleando un modelo con un solo grado de libertad y, en general, es necesario modelar las estructuras como sistemas de múltiples grados de libertad. Se considerará el modelo de edificio simple para la respuesta dinámica el cual puede ser definido como un edificio en el cual no se producen rotaciones en los miembros horizontales a la altura de los pisos. Para conseguir esta deformación en un edificio se supone las siguientes condiciones:

- Todas las masas de la estructura están concentradas al nivel de los pisos.
- Las vigas son infinitamente rígidas con relación a la rigidez de las columnas.
- La deformación de la estructura es independiente de las fuerzas axiales.

Figura. N° 6. Modelo simple o de cortante.



Fuente: PAZ, 1992.

Cuando una estructura no está sometida a excitación externa alguna y su movimiento está gobernado solamente por las condiciones iniciales, se considera que está en vibración libre. Existen, ocasionalmente, circunstancias en las que es necesario determinar el movimiento de la estructura en condiciones de vibración libre, pero son casos especiales. No obstante, el análisis de la estructura en movimiento libre proporciona las propiedades dinámicas más importantes de la estructura, que son las frecuencias naturales y los correspondientes modos de vibración. (PAZ, 1992).



### 2.2.6. Frecuencia natural y modos de vibración.

La ecuación de vibración libre de un edificio simple es:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = 0$$

Ecuación. N° 23. Ecuación libre de un edificio.

$$\{u\} = \{A\}Sen(\omega t + \phi)$$

Ecuación. N° 24. Posible solución de forma.

$$\{\ddot{u}\} = -\omega^2\{A\}Sen(\omega t + \phi)$$

Ecuación. N° 25. Derivado 2 veces respecto al tiempo.

$$([K] - \omega^2[M])\{A\}Sen(\omega t + \phi) = 0$$

Ecuación. N° 26. Condicional de cero, con el seno.

$$([K] - \omega^2[M])\{A\} = 0$$

Ecuación. N° 27 Solución de valores A.

$$|[K] - \omega^2[M]| = 0$$

Ecuación. N° 28. A valores igual a cero.

La ecuación característica del sistema (6) es algebraica de grado N de la incógnita  $\omega^2$ , la cual se satisface para N valores de  $\omega^2$ , Para cada valor de  $\omega^2$  que satisface la ecuación (28) podemos resolver la ecuación (27) para A1, A2, A3, A4, ..., AN-1, AN en términos de una constante de proporcionalidad arbitraria. (QUISPE, 2015)

### 2.2.7. Análisis dinámico de sistemas de múltiples grados de libertad.

La dinámica estructural tiene como en encontrar la respuesta en el tiempo de una estructura sometida a cargas variables en el tiempo. El problema de la dinámica de estructuras es bastante antiguo y actualmente se dispone de varios métodos de solución de las ecuaciones dinámicas, cada uno depende del tipo de resultado que se desea obtener. Existen métodos que son más demandantes computacionalmente que otros por lo que se debe realizar un balance entre el costo computacional y la precisión de los resultados esperados. (ENCISO, 2014)

#### 2.2.7.1. Análisis dinámico de sistemas de múltiples grados de libertad.

La dinámica estructural tiene como \_n encontrar la respuesta en el tiempo de una estructura sometida a cargas variables en el tiempo. El problema de la dinámica de estructuras es bastante antiguo y actualmente se dispone de

varios métodos de solución de las ecuaciones dinámicas, cada uno depende del tipo de resultado que se desea obtener. (ENCISO, 2014).

Existen métodos que son más demandantes computacionalmente que otros por lo que se debe realizar un balance entre el costo computacional y la precisión de los resultados esperados. Para efectuar el análisis dinámico se presupone que ya se cuenta con una matriz de rigidez, una matriz de amortiguamiento y una matriz de masa. Estas matrices pueden ser obtenidas por distintos métodos, no solo por el MEF (Método de elementos finos), sino también por el método de las diferencias finitas u otros. (ENCISO, 2014)

#### 2.2.7.2. Análisis tiempo – historia: método de superposición modal.

Los métodos modales buscan resolver el problema dinámico resolviéndolo en coordenadas modales en lugar de coordenadas nodales, una vez hallados los desplazamientos modales estos son convertidos a desplazamientos nodales reales.

El problema de auto vectores y autovalores, ecuación, en el caso de una discretización por elementos finitos (basado en desplazamientos nodales) puede ser escrito como en donde  $\mathbf{U}_n$  representa el autovector del modo de vibración  $n$  que representa los desplazamientos nodales.

$$[\mathbf{K} - \omega_n^2 \mathbf{M}] \mathbf{U}_n = \mathbf{0}$$

Ecuación. N° 29. Auto vector del modo de vibración.

Donde la ecuación se resuelve  $n$  ecuaciones diferentes desacopladas

$$\ddot{Z}_i + C_{ii} \dot{Z}_i + \omega_i^2 Z_i = P_i \quad P_i = \Phi_i \mathbf{R}$$

Ecuación. N° 30. Aproximación de ecuación de auto vectores.

El sub índice  $i = 1 \dots n$  representa la  $i$  énsima columna de que a su vez representa el auto vector que define el modo de vibración  $i$ . Resolviendo esta ecuación diferencial con las condiciones iniciales necesarias se obtiene la respuesta tiempo-historia. Como aproximación se pueden usar en vez de los  $n$  auto vectores un número menor de auto vectores  $m$ , de tal manera que  $m \ll n$  reduciendo así el número de integraciones a un número muy bajo. (ENCISO, 2014)

### 2.2.7.3. Método de Newmark.

Usando directamente la expansión de Taylor para el desplazamiento  $U$  y la velocidad en su derivada de  $U$  en el tiempo  $t$ .

$$U_t = U_t$$

$$U_t = U_{t-\Delta t} + \Delta t \dot{U}_{t-\Delta t} + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{U}_{t-\Delta t} + \frac{\Delta t^3}{6} \dddot{U}_{t-\Delta t} + \dots$$

$$\dot{U}_t = \dot{U}_{t-\Delta t} + \Delta t \ddot{U}_{t-\Delta t} + \frac{\Delta t^2}{2} \dddot{U}_{t-\Delta t} + \dots$$

Ecuación. N° 31. Tercera derivada Newmark.

La serie se trunca hasta la tercera derivada, Newmark introdujo los factores  $\gamma$  y  $\beta$  para tomar en cuenta las derivadas de orden mayor a cuatro.

$$U_t = U_{t-\Delta t} + \Delta t \dot{U}_{t-\Delta t} + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{U}_{t-\Delta t} + \beta \Delta t^3 \ddot{U}_{t-\Delta t}$$

$$\dot{U}_t = \dot{U}_{t-\Delta t} + \Delta t \ddot{U}_{t-\Delta t} + \gamma \Delta t^2 \ddot{U}_{t-\Delta t}$$

Ecuación. N° 32. Despegamiento de la aceleración.

Como se vio el método de Newmark depende fuertemente de los valores que se asignen a  $\gamma$  y  $\beta$  ya que variando estos valores también se puede tener no solo una variación lineal de la aceleración (Linear Variation of Acceleration), sino una aceleración constante (Constant Average Acceleration). Cuando se tiene  $\beta=1/6$  y  $\gamma=1/2$  estamos en el caso de variación lineal, cuando  $\beta=1/4$  y  $\gamma=1/2$ , se está en el caso de aceleración constante promedio.

$$2\beta > \gamma \geq \frac{1}{2}$$

Ecuación. N° 33. Condición de estabilidad de Newmark.

Fuente: Enciso, 2014.

$$\gamma \geq \frac{1}{2} \quad \beta < \frac{1}{2} \quad \Delta t \leq \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{2}{\gamma}}$$

Ecuación. N° 34. Análisis de modo de vibración.

Fuente: Enciso, 2014.

$$\omega_{max} = \left(\frac{\gamma}{2} - \beta\right)^{-1/2}$$

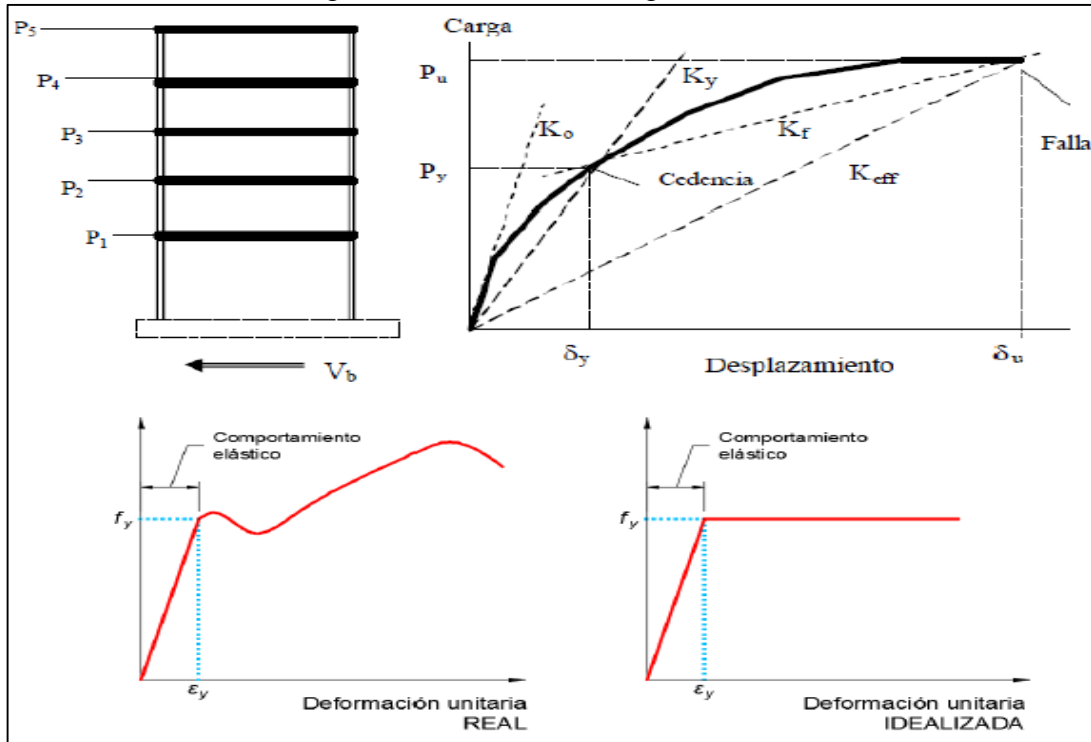
Ecuación. N° 35. Cálculo máximo de vibración.

Fuente: Enciso, 2014.

### 2.2.8. Análisis estático no lineal Pushover (NSP).

El análisis estático no lineal (pushover) se basa en la aplicación de un patrón de cargas laterales que se van incrementando hasta alcanzar un desplazamiento objetivo, referido típicamente al tope de la estructura.

Figura. N° 7. Patrón de cargas laterales

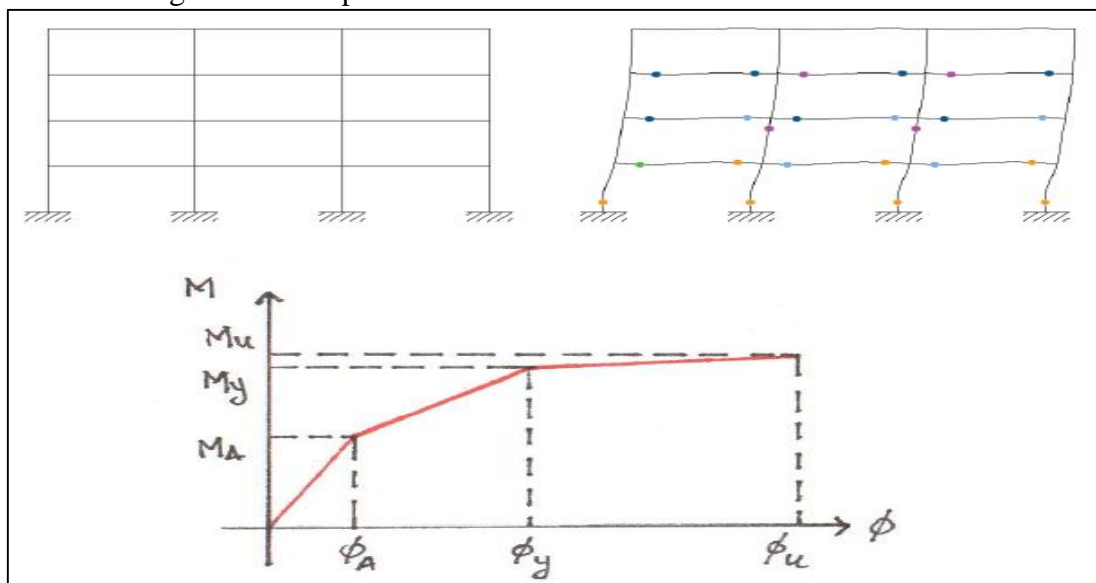


Fuente: Hernandez, 2017.

Durante el proceso de análisis, la estructura comienza con una respuesta elástica asociada a una rigidez inicial, pero luego, con el incremento de las fuerzas los elementos superan su cedencia, se produce una reducción de la rigidez y con ello, dicha estructura consigue incursionar en el rango inelástico en proporción a su ductilidad.

A cada elemento estructural se le asignan rotulas plásticas en función a su tipo de falla, que indican cuál es su capacidad cedente y ultima en términos de curvaturas, rotaciones o desplazamientos. Con el incremento de las cargas laterales se observa cómo van apareciendo las rotulas en cada uno de los elementos dejando en evidencia el mecanismo de falla que se produce (dúctil o frágil), el cual puede conducir finalmente el colapso.

Figura. N° 8. Aparición de rotulas en cada uno de los elementos.



Fuente: HERNÁNDEZ, 2017.

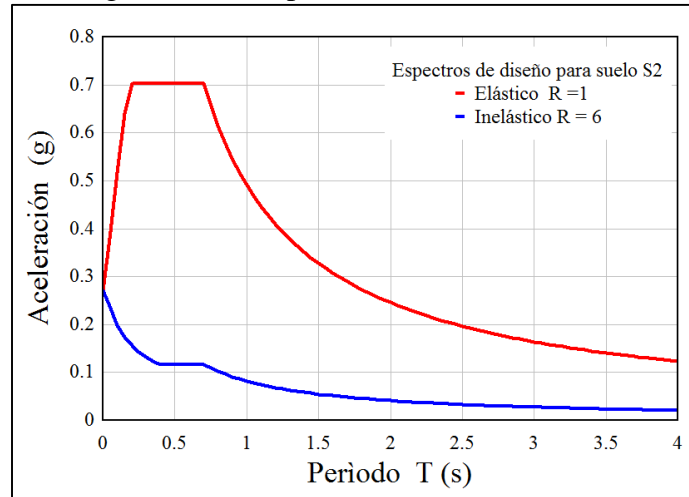
La estructura se puede seguir deformando en el rango inelástico mientras los mecanismos frágiles no comprometen la estabilidad, o bien, los elementos tengan suficiente ductilidad.

#### 2.2.9. Importancia en el Análisis Estático No Lineal (Pushover).

Cuando se realiza el diseño de una edificación se define la acción sísmica a través de un “Espectro de Diseño Inelástico” el cual considera un factor de reducción de respuesta conocido como “R” que depende del sistema estructural y un factor asociado a la importancia de la edificación. (TAIPE, 2003)

Al aplicar el factor R se asume que la estructura superara su rango elástico y disipara energía de forma estable, para lo cual se requerirá que sea suficientemente dúctil. (TAIPE, 2003).

Figura. N° 9. Espectro de diseño inelástico.

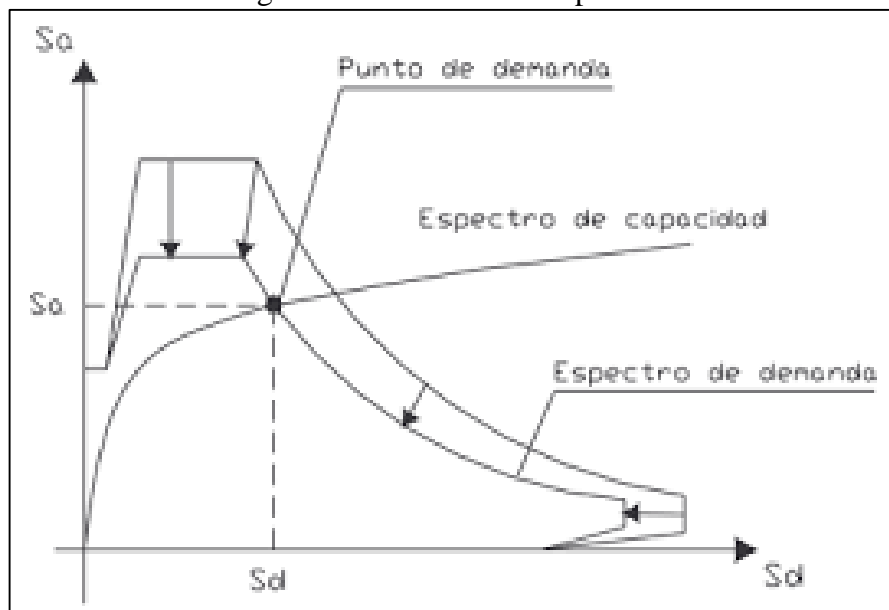


Fuente: HERNÁNDEZ, 2017.

La ductilidad precisamente va a depender del sistema estructural que se defina, ya que estará sujeta a la capacidad de deformación, del control que se establezca de los posibles mecanismos frágiles que pudieran presentarse y también de las irregularidades presentes de tipo horizontal y vertical. (HERNÁNDEZ, 2017)

Al aplicar entonces el análisis estático no lineal (Pushover) se obtiene la curva de capacidad expresada en términos del desplazamiento del tope vs el corte basal, y con ello, se puede definir la ductilidad del sistema encontrado el punto de cedencia y punto último, en una representación bilineal idealizada. (HERNÁNDEZ, 2017)

Figura. N° 10. Curva de capacidad.



Fuente: HERNÁNDEZ, 2017.

De acuerdo a lineamientos del FEMA 420 la curva de capacidad real puede ser idealizada a fin de calcular la rigidez lateral efectiva  $k_e$ , resistencia cedente efectiva  $V_y$ , rigidez efectiva positiva o negativa de acuerdo a  $a_1$  y  $a_2$ , punto cedente efectivo y punto último, obteniendo finalmente la ductilidad del sistema. (HERNÁNDEZ, 2017).

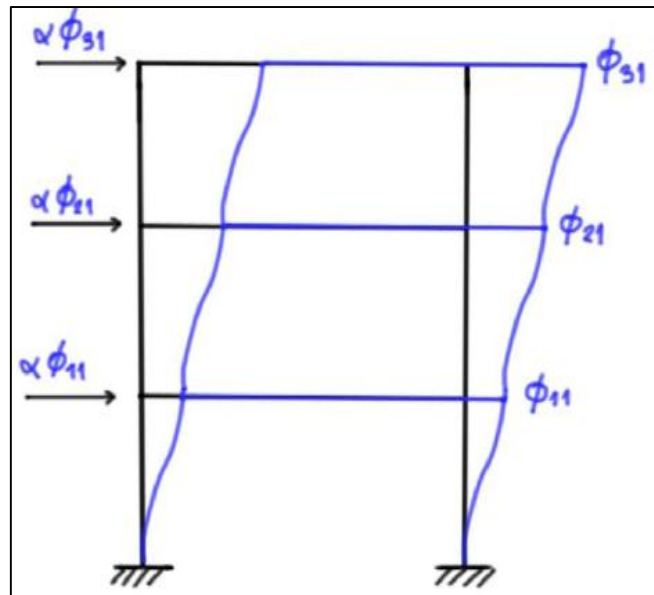
$$\mu = \frac{\Delta d}{\Delta y}$$

Ecuación. N° 36. Curva de capacidad.

## 2.2.10. Definición Del Patrón De Cargas Laterales

- Caso 1:

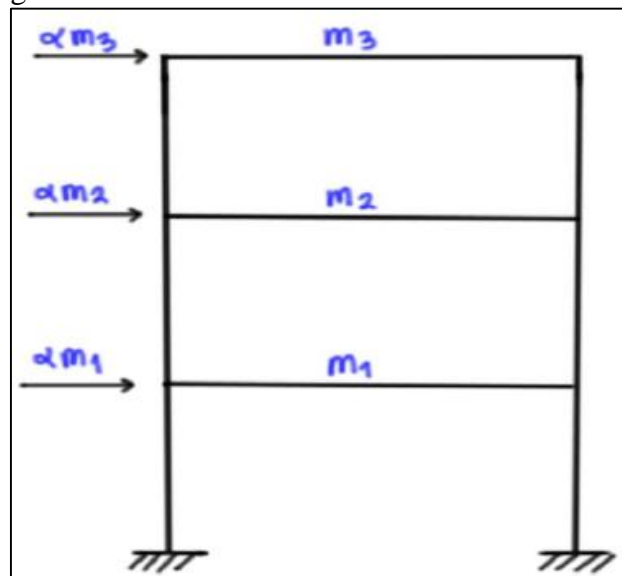
Figura. N° 11. Distribución vertical proporcional a la forma del modo fundamenta de vibración.



Fuente: HERNÁNDEZ, 2017.

- Caso 2:

Figura. N° 12. Distribución de fuerza lateral en cada nivel.

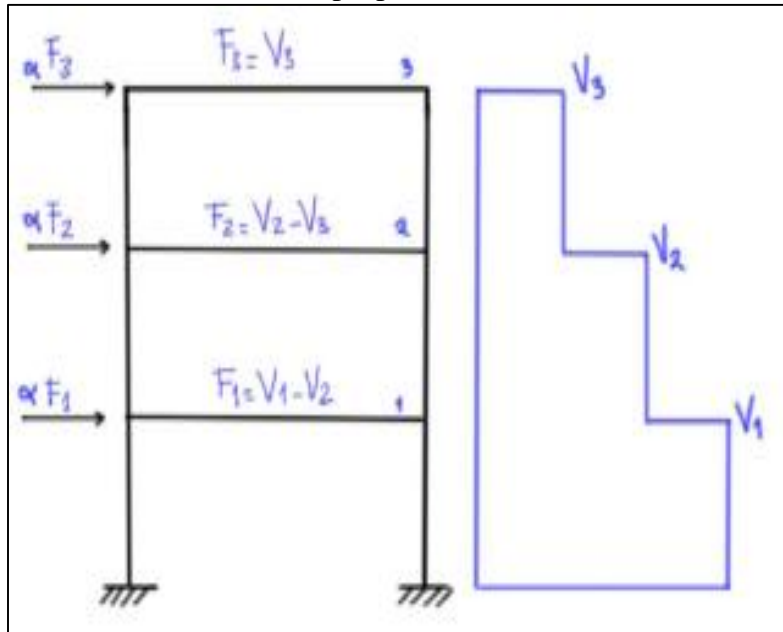


Fuente: HERNÁNDEZ, 2017.

- Caso 3: Distribución vertical proporcional a la distribución de fuerzas de piso, calculadas al combinar respuestas modales de un análisis espectral de la estructura, incluyendo suficientes modos que sumen al menos el 90% de la masa total del edificio, y utilizando el espectro apropiado. (HERNÁNDEZ, 2017)



Figura. N° 13. Distribución vertical proporcional a la distribución de fuera de piso.

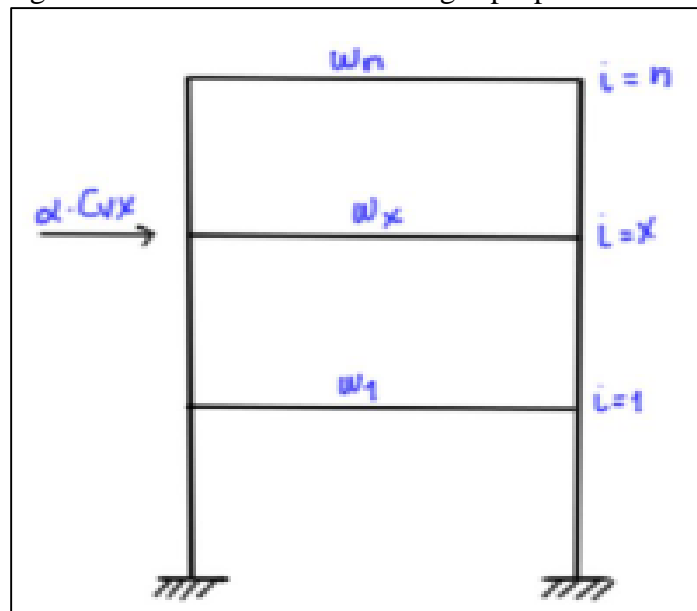


Fuente: HERNÁNDEZ, 2017.

Esta distribución debe ser utilizada cuando el periodo del modo fundamental excede 1.0 segundos:  $T \geq 1 \text{ seg}$

- Caso 4:

Figura. N° 14. Distribución de cargas proporcional de los valores  $C_{vx}$ .



Fuente: HERNÁNDEZ, 2017.

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Ecuación. N° 37. Factor de distribución vertical de carga.

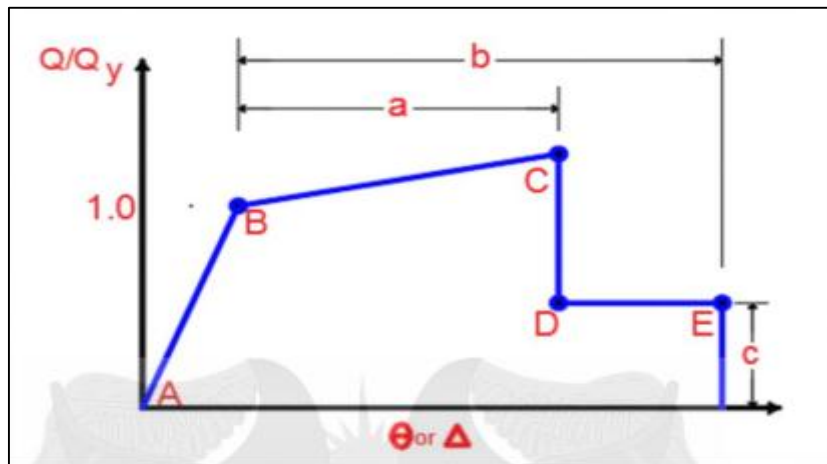
- $C_{vx}$  = factor de distribución vertical de carga
- $k = 2.0$  para  $T \geq 2.5$  seg l  $1.0$  para  $T \leq 0.5$  seg (interpolación lineal en valores intermedios de  $T$ ).
- $w_x$  = Porción del peso total de la estructura en el nivel  $x$ .
- $h_x$  = Altura (en pies) desde la base hasta el nivel  $x$ .
- $w_i$  = Porción del peso total de la estructura en el nivel  $i$ .
- $h_i$  = Altura (en pies) desde la base hasta el nivel  $i$ .
- Nota: Valido cuando la masa participativa en modo fundamental  $\beta_1 \geq 75\%$ .

#### 2.2.11. Procesamiento según el FEMA.

El FEMA 420 en sus tablas 6.7 y 6.8 muestra los parámetros y los criterios numéricos aceptables para procedimientos no lineales tanto para vigas y columnas respectivamente. En (Vergra & Zevallors, 2014) se describe los puntos notables en la curva momento – curvatura.

a) Tipo 1: en esta curva, las deformaciones son expresadas directamente en términos de esfuerzo, curvatura, rotación o elongación. Los parámetros “a” y “b” se definen en base a porciones de deformación que ocurren después de la fluencia, es decir deformaciones plásticas. El parámetro “c” es la resistencia reducida a la que se llega tras la reducción de C a D. los parámetros “c” es la resistencia reducida a la que se llega tras la reducción de C a D. los parámetros “a”, “b”, “e” son definidos numéricamente en las tablas del reglamento FEMA-420., sin embargo, alternativamente se pueden calcular mediante una justificación experimental. (Sucasaca, 2016)

Figura. N° 15. Parámetros para relacionar Momento - Curvatura



Fuente: (Sucasaca, 2016)

b) Tipo II: en esta curva las deformaciones son expresadas en términos de cortante, y ratio de desplazamiento de entrepiso relativo. Los parámetros “d” y “e” se refieren a una deformación total medida desde el origen. Los parámetros “e”, “d” y “e” están definidos numéricamente en las tablas del reglamento FEMA – 420, sin embargo, alternativamente se pueden calcular mediante una justificación experimental.

Tabla N° 3. Parámetros Nolinear Procedures Vigas.

**Table 6-7 Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Beams**

Conditions	Modeling Parameters <sup>3</sup>					Acceptance Criteria <sup>3</sup>				
	Plastic Rotation Angle, radians		Residual Strength Ratio			Plastic Rotation Angle, radians				
						Performance Level				
						Component Type				
						Primary		Secondary		
a	b	c	IO	LS	CP	LS	CP			
<b>i. Beams controlled by flexure<sup>1</sup></b>										
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Trans. Reinf. <sup>2</sup>	$\frac{V}{b_w d_s \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.0	C	≤ 3	0.025	0.05	0.2	0.010	0.02	0.025	0.02	0.05
≤ 0.0	C	≥ 6	0.02	0.04	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.04
≥ 0.5	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≥ 0.5	C	≥ 6	0.015	0.02	0.2	0.005	0.005	0.015	0.015	0.02
≤ 0.0	NC	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03
≤ 0.0	NC	≥ 6	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.005	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≤ 3	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.01	0.01	0.015
≥ 0.5	NC	≥ 6	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.005	0.005	0.01
<b>ii. Beams controlled by shear<sup>1</sup></b>										
Stirrup spacing ≤ d/2			0.0030	0.02	0.2	0.0015	0.0020	0.0030	0.01	0.02
Stirrup spacing > d/2			0.0030	0.01	0.2	0.0015	0.0020	0.0030	0.005	0.01
<b>iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span<sup>1</sup></b>										
Stirrup spacing ≤ d/2			0.0030	0.02	0.0	0.0015	0.0020	0.0030	0.01	0.02
Stirrup spacing > d/2			0.0030	0.01	0.0	0.0015	0.0020	0.0030	0.005	0.01
<b>iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint<sup>1</sup></b>										
			0.015	0.03	0.2	0.01	0.01	0.015	0.02	0.03

1. When more than one of the conditions i, ii, iii, and iv occurs for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.  
 2. "C" and "NC" are abbreviations for conforming and nonconforming transverse reinforcement. A component is conforming if, within the flexural plastic hinge region, hoops are spaced at ≤ d/3, and if, for components of moderate and high ductility demand, the strength provided by the hoops ( $V_h$ ) is at least three-fourths of the design shear. Otherwise, the component is considered nonconforming.  
 3. Linear interpolation between values listed in the table shall be permitted.

Fuente: (Sucasaca, 2016)

IO: Ocupación Inmediata

LS: Seguridad de Vida

CP: Prevención del Colapso

- Componente Primario: La deformación controlada por flexión.
- Componente Secundario: La deformación controlada por otro tipo, de fuerza

Tabla N° 4. Parámetros Nolinear Procedures Columns.

**Table 6-8 Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Columns**

Conditions	Modeling Parameters <sup>4</sup>					Acceptance Criteria <sup>4</sup>				
	Plastic Rotation Angle, radians		Residual Strength Ratio			Plastic Rotation Angle, radians				
						Performance Level				
	a		b			c			Component Type	
									Primary	
IO		LS		CP		LS		CP		
<b>i. Columns controlled by flexure<sup>1</sup></b>										
$\frac{P}{A_g f'_c}$	Trans. Reinf. <sup>2</sup>	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$								
≤ 0.1	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2	0.005	0.015	0.02	0.02	0.03
≤ 0.1	C	≥ 6	0.016	0.024	0.2	0.005	0.012	0.016	0.016	0.024
≥ 0.4	C	≤ 3	0.015	0.025	0.2	0.003	0.012	0.015	0.018	0.025
≥ 0.4	C	≥ 6	0.012	0.02	0.2	0.003	0.01	0.012	0.013	0.02
≤ 0.1	NC	≤ 3	0.006	0.015	0.2	0.005	0.005	0.006	0.01	0.015
≤ 0.1	NC	≥ 6	0.005	0.012	0.2	0.005	0.004	0.005	0.008	0.012
≥ 0.4	NC	≤ 3	0.003	0.01	0.2	0.002	0.002	0.003	0.006	0.01
≥ 0.4	NC	≥ 6	0.002	0.008	0.2	0.002	0.002	0.002	0.005	0.008
<b>ii. Columns controlled by shear<sup>1,3</sup></b>										
All cases <sup>5</sup>			—	—	—	—	—	—	.0030	.0040
<b>iii. Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height<sup>1,3</sup></b>										
Hoop spacing ≤ d/2			0.01	0.02	0.4	0.005	0.005	0.01	0.01	0.02
Hoop spacing > d/2			0.0	0.01	0.2	0.0	0.0	0.0	0.005	0.01
<b>iv. Columns with axial loads exceeding 0.70P<sub>o</sub><sup>1,3</sup></b>										
Conforming hoops over the entire length			0.015	0.025	0.02	0.0	0.005	0.01	0.01	0.02
All other cases			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

- When more than one of the conditions i, ii, iii, and iv occurs for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.
- "C" and "NC" are abbreviations for conforming and nonconforming transverse reinforcement. A component is conforming if, within the flexural plastic hinge region, hoops are spaced at ≤ d/3, and if, for components of moderate and high ductility demand, the strength provided by the hoops (V<sub>s</sub>) is at least three-fourths of the design shear. Otherwise, the component is considered nonconforming.
- To qualify, columns must have transverse reinforcement consisting of hoops. Otherwise, actions shall be treated as force-controlled.
- Linear interpolation between values listed in the table shall be permitted.
- For columns controlled by shear, see Section 6.5.2.4.2 for acceptance criteria.

Fuente: (Sucasaca, 2016)

O: Ocupación Inmediata

LS: Seguridad de Vida

CP: Prevención del Colapso

- Componente Primario: La deformación controlada por flexión.
- Componente Secundario: La deformación controlada por otro tipo de fuerza

### 2.2.12 Nivel de desempeño ATC -40.

Los niveles presentados por el ATC-40 para las estructuras corresponde a una combinación de los niveles utilizados para los elementos estructurales y los niveles correspondientes a los elementos no estructurales, ambos definidos de forma independiente (ATC-40).

#### a. Niveles para los elementos estructurales.

Se definen tres niveles o estados de daño discretos:

- **Ocupacional inmediata, SP-1:** los daños son muy limitados y de tal magnitud, que el sistema resistente de cargas laterales y verticales permanecen prácticamente en las mismas condiciones de capacidad y resistencia que antes de ocurrido el sismo. No se presenta pérdida de vidas humanas y la estructura funciona con normalidad (ATC-40).
- **Daño controlado, SP-2.** Corresponde a un estado de daño que varía entre los límites de ocupación inmediata y seguridad. La vida de los ocupantes no está en peligro, aunque es posible que éstos puedan verse afectados (ATC-40).
- **Seguridad, SP-3.** Los daños después del sismo no agotan por completo los márgenes de seguridad existen frente a un posible colapso parcial o total de la estructura. Pueden producirse algunos heridos tantos en el interior como en el exterior, sin embargo, el riesgo de la vida de los ocupantes debido a un fallo de los elementos estructurales es muy bajo. Es posible que sea necesario reparar la estructura antes de ser ocupada de nuevo, siempre y cuando sea factible rentable desde el punto de vista económico (ATC-40).
- **Seguridad limitada, SP-4.** Corresponde a un estado de daño entre los niveles de seguridad y estabilidad estructural, en el que algunas partes de la estructura pueden requerir un reforzamiento para poder garantizar el nivel de seguridad (ATC-40).
- **Estabilidad estructural, SP-5.** Este nivel corresponde al estado de daño límite después de ocurrido a un sismo en el cual el sistema estructural está muy cerca de experimentar un colapso parcial o total. Se producen daños sustanciales, pérdida de rigidez y resistencia en los

elementos estructurales. A pesar de que el sistema de cargas verticales continúas funcionando, hay alto riesgo de que se produzca el colapso por causa de posibles replicas. Es muy probable que los daños en las estructuras más antiguas sean técnica y económicamente irreparables (ATC-40).

- **No considerado, SP-6.** Este no es un nivel de desempeño, pero es útil en algunas ocasiones que requieran evaluar los daños sísmicos no estructurales o realizar un reforzamiento (ATC-40).

b. Niveles para los elementos no estructurales.

Se considera 4 niveles de desempeño correspondiente a estados discretos de daño para los elementos no estructurales: operacional, ocupacional inmediata, seguridad y amenazada reducida. Estos niveles se representan como la abreviación NP-n. Np son las siglas de “Nonstructural Performance” y “n” es una letra que toma valores entre A y E (ATC-40).

- **Operacional NP-A.** Los elementos no estructurales, maquinarias y sistemas del edificio continúan en su sitio y funcional con normalidad después del sismo (ATC-40).
- **Ocupacional inmediata NP-B.** Los elementos no estructurales y sistemas permanecen en su sitio, pueden presentarse algunas interrupciones en el funcionamiento de las maquinarias y equipos. Algunos servicios externos pueden no estar disponibles, aunque esto no compromete la ocupación del edificio (ATC-40).
- **Seguridad NP-C.** Pueden presentar daños severos en algunos elementos no estructurales tanto dentro como fuera del edificio, sin que se llegue al colapso ni se ponga en peligro la seguridad de los ocupantes. Los sistemas, equipos y maquinaria pueden verse seriamente afectados, requiriendo, en algunos casos, ser reparados o, en el, pero de los casos, reemplazados (ATC-40).
- **Amenaza reducida NP-D.** Se presenta daños severos en elementos no estructurales, contenidos y sistemas daños severos en elementos no estructurales, contenidos y sistemas, pero sin llega al colapso o al fallo

de grandes elementos, como por ejemplo parapetos y muros exteriores de mampostería, entre otros, que puedan ocasionar heridas a grupos de personas (ATC-40).

- **No considerados NP-E.** No es un nivel de desempeño y se usa para indicar que no se han evaluado los elementos no estructurales, a menos que tengas un efecto directo sobre la respuesta estructural, como por ejemplo los muros de mampostería de relleno o particiones (ATC-40).

Tabla N° 5. Niveles de desempeño estructural ATC -40

Niveles de desempeño no estructural	Niveles de desempeño estructural					
	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6
NP-A	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B	1-B Ocupación Inmediata	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C	1-C	2-C	3-C Seguridad	4-C	5-C	6-C
NP-D	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad estructural	No Aplicable

NR: Combinación No Recomendable

Fuente: ATC 40, 1996.

### 2.3. Definición de términos básicos

Para los propósitos de esta investigación, se aplican los términos y definiciones siguientes:

- **Análisis Pushover:** Un análisis estático incremental para determinar la relación fuerza - desplazamiento o la curva de capacidad, para una estructura o elemento estructural. El análisis consiste en aplicar cargas horizontalmente, en un patrón establecido, sobre un modelo computacional de la estructura, y graficar la fuerza cortante total aplicada y el desplazamiento lateral asociado a



cada incremento, hasta que la estructura alcance una condición de estado límite o colapso (ATC-40, 1996).

- **Capacidad:** La resistencia última esperada (en carga axial, cortante o flexión) de un componente estructural sin considerar la reducción (factores utilizados en diseño de concreto). La capacidad se refiere a la resistencia del punto de fluencia del elemento o de la curva de capacidad de la estructura. Para componentes por deformación controlada, la capacidad más allá del límite elástico generalmente incluye los efectos de deformación de endurecimiento (ATC-40, 1996).
- **Comportamiento elástico (lineal):** Referido al primer segmento de la relación bilineal carga - deformación de una componente, elemento, o estructura, entre la descargada condición y el límite elástico o punto de fluencia. Este segmento es una línea recta cuya pendiente representa la rigidez elástica inicial de la componente (ATC-40, 1996).
- **Curva de capacidad:** La gráfica de la carga lateral total  $V$ , en una estructura, en función de la deflexión lateral  $D$ , del techo de la estructura y se refiere a la curva "Pushover" (ATC-40, 1996).
- **Degradación:** Pérdida de resistencia que un componente o estructura deberían sufrir cuando están sujetos a más de un ciclo de deformación hasta alcanzar el límite elástico. Componentes en degradación están sujetos ante fuerza controlada, frágil, o no dúctil. Algo o todo de su flexión, cortante o carga axial debería ser redistribuido para otro, más dúctil en componentes en el sistema estructural (ATC-40, 1996).
- **Diseño por Desempeño:** Metodología en la cual el criterio estructural es expresado en términos de lograr un desempeño objetivo. Esto en contraste al método convencional en la cual el criterio estructural está definido por límites de fuerzas en miembros, y resultado de un nivel establecido de fuerza cortante aplicado (ATC-40, 1996).

- **Ductilidad:** La capacidad de un componente estructural, elemento o sistema para sufrir desplazamientos largos y/o ciclos severos de deformación más allá del punto de fluencia o límite elástico y mantener este esfuerzo fuera de la degradación significativa o falla abrupta. Estos elementos solo experimentan una reducción en la rigidez efectiva después de la fluencia y son generalmente referidas ante deformación controlada o dúctil (ATC-40, 1996).
- **Espectro de Capacidad:** Es la representación de la curva de capacidad al transformar la fuerza cortante vs desplazamiento del techo ( $V$  vs  $D$ ) a coordenadas de aceleración espectral vs desplazamiento espectral ( $S_a$  vs  $S_d$ ) (ATC-40, 1996).
- **Espectro de Demanda:** Espectro de respuesta reducido utilizado para representar el movimiento del suelo en un sismo mediante el método de espectro- capacidad (ATC-40, 1996).
- **Espectro de Respuesta Elástico:** Espectro de respuesta con el 5% de amortiguamiento, para cada nivel de peligrosidad sísmica, o que representa la máxima respuesta de la estructura, expresada en términos de aceleración espectral  $S_a$ , en cualquier momento durante un terremoto en función del periodo de vibración  $T$  (ATC-40, 1996).
- **Nivel de Desempeño:** Un estado límite de daño o condición descrita por el daño físico dentro del edificio, la amenaza a la seguridad de vida de los ocupantes debido al daño, y del servicio post-terremoto del edificio (ATC-40, 1996).
- **Peligro sísmico:** Es la severidad de los sismos en un emplazamiento determinado y depende exclusivamente del panorama sismotectónico de la zona, de las características del suelo y de la topografía local. Para propósitos de Ingeniería, el peligro se expresa por medio del valor máximo que podría alcanzar en un lugar, un determinado parámetro indicador de severidad, por ejemplo, la aceleración máxima del suelo, o la intensidad local (ATC-40, 1996).

- **Punto de fluencia (fluencia efectiva):** Punto a lo largo del espectro de capacidad donde la capacidad última es alcanzado y la relación inicial elástica fuerza - deformación, finaliza y la rigidez efectiva empieza a decrecer. Para elementos largos o sistemas estructurales completos compuestos de muchos componentes, el punto de fluencia efectiva representa el punto en el cual un número suficiente de componentes individuales o elementos han fluido y la estructura global empieza a experimentar deformación inelástica (ATC-40, 1996).
- **Punto de Desempeño:** Intersección del espectro de capacidad con el apropiado espectro de demanda en el método del espectro de capacidad (el desplazamiento del punto de desempeño es equivalente al desplazamiento tope en el método del coeficiente) (ATC-40, 1996).
- **Riesgo Sísmico:** Daño que podría presentar una obra determinada como consecuencia del peligro que la amenaza y de su propia vulnerabilidad. Simbólicamente se puede expresar en función del peligro y la vulnerabilidad (MUÑOZ, 1999).
- **Cimentación:** Elemento estructural que tiene como función transmitir las acciones de carga de la estructura al suelo de fundación. (NTP - E.060, 2016)
- **Sistema estructural:** Sistema resistente que aporta rigidez a la estructura ante fuerzas horizontales (NTP - E.020, 2016).
- **Sismo severo.** Un evento con 50% de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años y un periodo de retorno de 75 años, y representa a los sismos frecuentes que experimenta una estructura en su vida útil. En magnitud representa 0.5 veces un sismo de diseño (ATC-40).
- **Sismo de Diseño (DE),** es definido probabilísticamente como un evento con 10% de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años y un periodo de retorno de 500 años, y representa a un sismo ocasional que podría experimentar una estructura en su vida útil.

- **Sismo Máximo (ME)**, es definido deterministamente como el nivel máximo de sismo que podría experimentar una estructura. También podría ser calculado como un sismo con 5% de probabilidad de ser excedido en 50 años y un periodo de retorno de 1000 años. En magnitud es aproximadamente 1.25 a 1.5 veces el sismo y diseño.
- **Operacional 1-A.** los daos estructurales son limitados y los daños en los sistemas y elementos no estructurales no impiden que la estructura continúe funcionando con normalidad después del sismo. Adicionalmente, las reparaciones que son necesarios no impiden la ocupación del edificio, por lo cual este nivel se asocia con un estado de funcionalidad (ATC-40).
- **Ocupación inmediata 1-B.** Corresponde al nivel de desempeño más utilizado para estructuras esenciales, como es el caso por ejemplo de los hospitales. Se espera que los diferentes espacios y sistemas de la estructura puedan seguir siendo utilizados después del mismo, a pesar de que pueden ocurrir algunos daños en los contenidos. Se mantiene la seguridad de los ocupantes.
- **Seguridad 3-C.** La probabilidad de pérdidas de vidas humanas es prácticamente nula. Este nivel corresponde al desempeño esperado de las estructuras con la aplicación de los códigos corrientes. Se presenta daños limitados en los elementos estructurales y algunos elementos no estructurales como acabados y fachas entre otros, pueden fallar, sin que esto ponga en peligro la seguridad de los ocupantes.
- **Estabilidad estructural 5-E.** El margen de seguridad del sistema resistente de cargas laterales se encuentra prácticamente al límite y la probabilidad del colapso ante la ocurrencia de posible replicas es bastante alta, no obstante, el sistema de cargas verticales continúa garantizando la estabilidad del edificio. Los daños no estructurales no requieren ser evaluados debido al elevado nivel de daos en los elementos estructurales. No se garantiza la seguridad de los ocupantes ni transeúntes, por lo que sugiere desalojar y, en algunos casos, demoler la estructura.

- **IO: Ocupación Inmediata.** La edificación no ha recibido daños severos y puede ser ocupada inmediatamente.
- **LS: Seguridad de Vida.** La edificación ha tenido un comportamiento estructural adecuado y no ha sufrido daños severos a tal punto de colapsar.
- **CP: Prevención del Colapso.** La edificación se ha sufrido daños severos en vigas y columnas a tal punto de encontrarse al pre colapso.

## **CAPITULO III**

### **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

El desempeño sísmico del edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha - Cajamarca considerando la interacción suelo estructura basado en la normativa ATC - 40 se encuentra entre el nivel de seguridad Limitada SP-4.

#### **3.2. Variables**

##### **3.2.1. Variable uno**

Interacción suelo estructura.

##### **3.2.2. Variable dos**

Nivel de desempeño sísmico.

### 3.3. Operacionalización de los componentes de las hipótesis.

Tabla N° 6. Operacionalización de los componentes de la hipótesis.

TÍTULO: NIVEL DE DESEMPEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO N° 01 DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN RAMÓN (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA						
HIPÓTESIS	TIPOS DE VARIABLE	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
El desempeño sísmico del edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha - Cajamarca considerando la interacción suelo estructura se encuentra entre el nivel de seguridad limitada SP-4 en base a la normativa ATC - 40.	Uno	Interacción Suelo Estructura	Ocupacional inmediata. Daño controlado. Seguridad Limitada. Estabilidad Estructural. No considerado.	Rigidez del suelo	Coefficiente de Balasto	Expediente Técnico  Estudio de Suelos
	Dos	Nivel de desempeño FEMA 420	O: Ocupación Inmediata. LS: Seguridad de vida. CP: Prevención Colapso.	Espectro Capacidad  Espectro demanda	Cortante basal (V)  Desplazamiento lateral máximo en el último nivel del edificio (Δ)  Valores obtenidos del análisis sísmico según norma de diseño sismorresistente E 030.	ETABS 16.2 (Versión Educativa)

## CAPITULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1. Ubicación geográfica.

La edificación en estudio se encuentra ubicada en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca, ubicada en base a la NTP – E.030, zona sísmica tipo 1, donde corresponde un valor de  $Z= 0.1$  o 10%, donde se interpreta basado en el porcentaje de gravedad en suelo intermedio según la E.030, donde existe la posibilidad de 10% de ser excedido en 50 años.

#### 4.2. Diseño de la investigación.

Se analizó que la Institución Educativa ha sido correctamente rehabilitada evaluándola con la E.030.

Dado que ya existe una rehabilitación me centre, al método flexible en base a la FEMA 420, por que la norma E.030, establece una evaluación para este tipo de edificaciones, pero según la misma norma también indica que los estudios serán realizados según el artículo 8.2 de la NTP – E.030.

Para la fase de evaluación la norma FEMA – 420, establece que se debe pasar el espectro de diseño donde considere a la NTP – E.030, E.020, E.050 Y E.060.

La edificación en el estudio corresponde a una estructura aporticada, que ha sido rehabilitada, considerado un suelo intermedio -  $S_2$ , para una evaluación que consiste en someter a la edificación a la excitación de una carga sísmica (Espectro de diseño), acompañadas de sus cargas de servicio, para el análisis considerando la interacción suelo estructura se hizo hincapié en la propiedades flexibles del suelo de fundación según la norma ATC-40 y su recomendación, dado que esta edificación ya ha sido rehabilitada, es necesario analizar la estructura existente en un tiempo transversal y cualitativo, que permita estimar la magnitud y distribución externas e internas de la estructuras, bajo el efecto de una carga sísmica.

Para poder evaluar cualitativamente es necesario la ayuda de un software en elemento finos como es Etabs V16.2.1, donde los resultados serán presentados conforme se vaya desarrollando la presente tesis.



#### 4.3. Métodos de investigación.

El método de investigación tiene carácter descriptivo por que busca describir las características que presenta esta investigación, donde se observó el comportamiento estructural, siendo primero un análisis en base a la normativa FEMA 420, por tratarse de una edificación rehabilitada con más de 50 años y luego a la ATC-40, para agregarle la interacción suelo estructura, para poder observar en qué nivel se encuentra la edificación.

##### 4.3.1. Obtención de datos.

Solicite a la autoridad competente de la institución educativa San Ramón Anexo Chontapaccha – Cajamarca, el expediente técnico completo de la construcción de dicha infraestructura, informándole el objetivo de dicha investigación la cual servirá para determinar el nivel de daño que podría sufrir ante un evento sísmico, de dicho expediente se obtuvo los planos y especificaciones técnicas.

##### 4.3.2. Modelamiento y análisis.

Se realizó el análisis sísmico de acuerdo a los lineamientos dados por la NTP E.030 de diseño sismo resistente, donde se analizó estático, dinámico, FEMA 420 y ATC -40 para el modelamiento estructural, se utilizará el software ETABS v16.2.1 versión educacional; además de Microsoft Excel 2016 para la interpretación de los resultados obtenidos y demás cálculos necesarios.

La investigación seguirá los criterios más importantes, que se exponen en la tabla:

Tabla N° 7. Tipo de investigación.

<b>CRITERIO</b>	<b>TIPO</b>
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodólogo	Cualitativa
Objetivos (Alcances)	Descriptiva
Fuente de datos	Primaria
Diseño de prueba de hipótesis	No experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde se desarrolla	Gabinete y campo
Intervención disciplinaria	Unidisciplinaria

#### 4.4. Población y muestra

- **Población:** Se ha considerado como población los edificios de la Institución Educativa San Ramón anexo Chontapaccha - Cajamarca.
- **Muestra:** La técnica de muestreo utilizada es no probabilística por conveniencia y se ha considerado como muestra de estudio el edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón de Anexo Chontapaccha - Cajamarca.
- **Muestra de estudio:** La unidad de análisis es el edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón de Anexo Chontapaccha - Cajamarca.
- **Unidad de observación.** La unidad de observación será la ductilidad y la aceleración espectro que alcanza la edificación en sus diferentes puntos de desempeño.

#### 4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.

##### 4.5.1. Técnicas.

- Observación directa de resultados.
- Análisis documental.

##### 4.5.2. Instrumentos

- Cuadros de recolección de datos obtenidos del software Etabs. V16.2.1.
- Entrevistas.
- Planos de la edificación.

##### 4.5.3. Procedimiento de la recopilación de información.

- Trata de una institución educativa, previamente se hará una gestión para obtener información con el director del centro educativo como la verificación y visita al edificio, como la comprobación de medidas de la edificación, que se encuentra actualmente rehabilitada.
- La información de los planos del expediente técnico de la edificación proporcionada es de vital importancia porque es información relevante y suficiente, en especial a la distribución arquitectónica – estructural.

- Realizar el estudio de las metodologías que se proponen en cada uno de los modelos dinámicos a emplear.
- Como datos de entrada para la investigación, se logró conseguir los planos de arquitectura y de estructuras del edificio estructural en cuestión, se tendrá que hacer un análisis de estudio de suelos.

#### **4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Con los datos posteriores obtenidos mediante la recolección de información, corresponde al uso del Microsoft Excel v.2016 donde se procesara la información como algunas referencias y el uso del Programa ETABS v.16.2.1 versión educacional, para la aplicación información relacionada con el diseño de la estructura a través de las normas técnicas correspondientes (E.020, E.030, E.0.50, E.060, FEMA Y ATC), para hallar coeficientes de desplazamiento, curva de capacidad y espectro de respuesta, con estos resultados podremos saber cuál es su nivel de desempeño sísmico del edificio estructural con interacción suelo estructura.

La presentación de los resultados obtenidos se realizó mediante tablas de datos y figuras con el fin de tener datos ordenados y confiables.

#### **4.7. Equipos, materiales, insumos, etc.**

##### **Equipos:**

- Computadora portátil.
- Impresora.
- Wincha.
- Cámara fotográfica.

#### 4.8. Matriz de consistencia metodológica.

Tabla N° 8. Matriz de consistencia metodológica.

<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>
¿Cuál es el nivel de desempeño del módulo N° 01 de la II.EE. San Ramón (Anexo Chontapaccha) considerando la interacción suelo estructura?	<b>Objetivo General:</b> Determinar el nivel de desempeño del módulo N° de la II.EE. San Ramón (Anexo Chontapaccha) considerando la interacción suelo estructura.	El desempeño del módulo N° 01 de la II.EE. San Ramón (Anexo Chontapaccha) considerando la interacción suelo estructura se encuentra entre seguridad limitada SP-4 en base a la ATC -40.	<b>Variable uno:</b> Interacción Suelo Estructura  <b>Variable dos:</b> Nivel de desempeño	- Rigidez del suelo  - Espectro capacidad - Espectro demanda

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Presentación de resultados

##### 5.1.1 Descripción de la edificación.

La edificación se encuentra ubicada en la parte Norte Oeste de Cajamarca, ubicada en el Jr. 13 de Julio N° 275, en 7° 9'9.53"S - 78°31'25.52"O, una edificación de uso educativo en propiedad del Ministerio de Educación del estado peruano, donde la estructura es totalmente aporticada, vigas portantes y columnas portantes, de concreto armado, y en su oportunidad se realizó cumplimiento de las normas técnicas siguiente:

- Cargas de diseño: E.020 – 2016.
- Diseño sísmico resistente: E.030 – 2016.
- Suelos y cimentaciones: E.050 – 2016.
- Diseño de concreto E.060 – 2016.

##### 5.1.2 Carga de diseño.

- Carga de sismo o aceleración espectral.

Basado en el Artículo 4.6.2, de la norma E.030 – 2016, el espectro inelástico de pseudo aceleración se determina con las siguientes formula.

$$S_a = \left( \frac{ZUCS}{R} \right) g$$

Ecuación. N° 38. Pseudo aceleración.

Fuente:(NTP, 2016).

Donde:

- Sa: Función espectro de pseudo aceleraciones.
- g: Aceleración de la gravedad.
- C: Es el factor de amplificación sísmica, determinado con las siguientes formulas:

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

Ecuación. N° 39. C para valores T>T<sub>L</sub>.

Fuente: NTP - E.060, 2016.

$$C = 2.5 \left( \frac{T_p}{T} \right), T_p < T < T_L$$

Ecuación. N° 40. C para valor  $T_p < T < T_L$ .

$$C = 2.5, (T < T_p)$$

Ecuación. N° 41. C para valores  $T < T_p$ .

- Z: Factor de zonificación sísmica  $Z=3$ , basado en la tabla N° 1 de la norma E.030, en el artículo 2.1 zonificación.

Tabla N° 9. Factores de zona “Z”

FACTOR DE ZONA	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1

Fuente: NTP E.030, 2016.

- U: Factor de importancia “U=1.5”, basado en la tabla N° 5 de la norma E.030, en el artículo 3.1 Categoría de la edificación.

Tabla N° 10. . Categoría de la edificación

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	Factor U
	A1: Salud primer, segundo y tercer nivel por el ministerio de salud	1
	A2: edificaciones esenciales para manejo de las emergencias, el funcionamiento después de un desastre	
	A1: Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicación.	
	Estación de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policías.	
A. Edificaciones Esenciales	Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.	1.5
	Instituciones educativas, instituciones superiores tecnológicos y universidades	
	Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fabrica y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	
	Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado	

Fuente: NTP E.030, 2016.

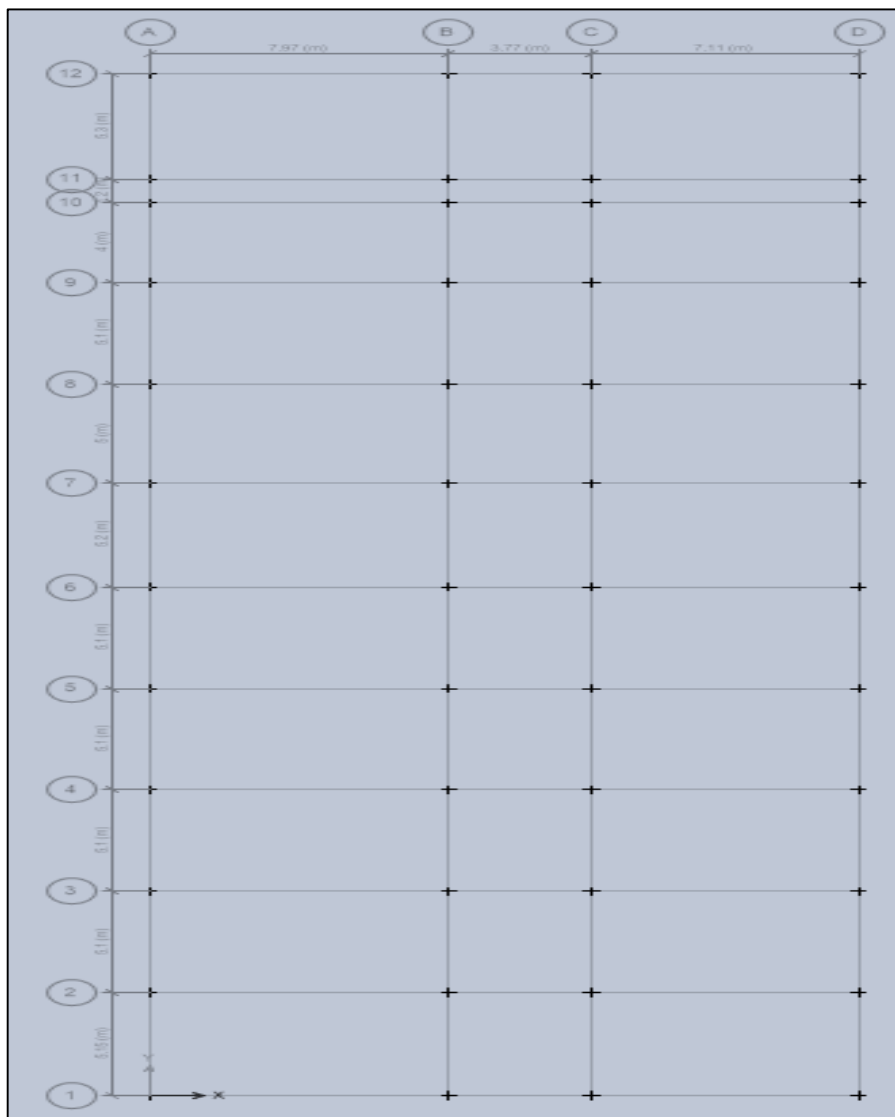
- S: Factor de suelo “S=1.15”, basado en la tabla N° 3 de la norma E.030, en el artículo 2.4 Parámetros de sitio, donde es de tipo de Suelo S<sub>2</sub> y Zona 3.
- R: Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas R esta dado por la multiplicación de R<sub>0</sub> por I<sub>a</sub> y L<sub>p</sub>, basado en la tabla N° 7 de la norma E.030, en el artículo 3.4. R<sub>0</sub>, Coeficiente básico de reducciones de las fuerzas sísmicas.
- La regularidad de la estructura en base a el artículo 3.5 de la norma se tomara la tabla N° 8 y N° 9, el factor I<sub>a</sub> y L<sub>p</sub>., donde I<sub>a</sub> presenta una irregularidad geométrica en planta donde una dirección de análisis,

donde uno de sus direcciones es mayor en 1.3 veces, por lo tanto  $I_a = 0.9$ .

- La irregularidad estructural en planta  $I_p$ , se observa las esquinas entrantes cuya irregularidad es mayor de un 20% por lo tanto  $I_p=0.90$ , dado  $R = 6.48$ .
- El periodo  $T_p=0.6$  y  $T_l=2$  en base al artículo 2.4 de la norma E.030.

### 5.1.1 Introducción de masa y cargas en Etabs.

Figura. N° 16. Vista de planta Etabs Ejes.

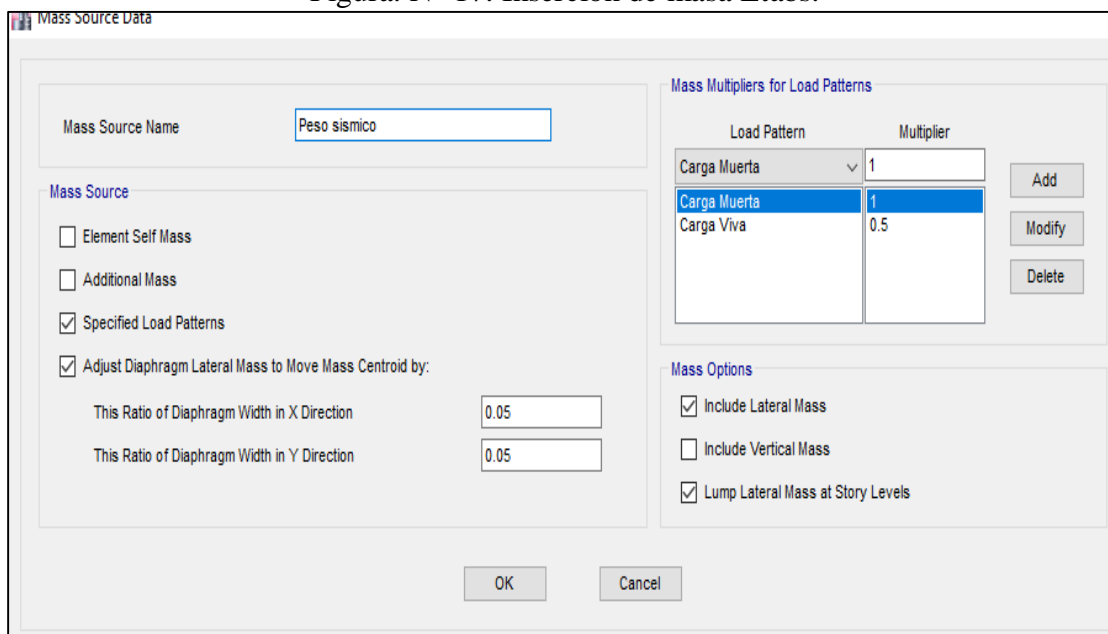


Fuente: Etabsv16.2.1



Al artículo 4.3 la norma E.030 – 2016, se calculará el adicional a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva, siendo una edificación de categoría A, el 50% de la carga viva, por lo tanto, quedaría carga muerta + 0.5 de la carga viva de la masa.

Figura. N° 17. Inserción de masa Etabs.



Fuente: Etabsv16.2.1

### 5.1.2 Periodo y participación de masa.

Tabla N° 11. Periodo y masa de participación

Case	Mode	Period sec	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0.32	4.12E-05	0.1174	0.1228
Modal	2	0.314	0.1299	0.1175	0.1233
Modal	3	0.287	0.13	0.1361	0.8911
Modal	4	0.082	0.1302	0.8858	0.9042
Modal	5	0.077	0.9932	0.886	0.9042
Modal	6	0.067	0.9932	0.9965	0.9987
Modal	7	0.033	0.9932	0.9999	0.9989
Modal	8	0.031	0.9932	0.9999	0.9989
Modal	9	0.028	0.9932	0.9999	0.9989
	%		99.32%	99.99%	99.89%

- El Etabs en su periodo fundamental nos arroja de T=0.32 y el porcentaje de masa participativa es mayor del 90%, con lo que los resultados son correctos.

Tabla N° 12. Masas y pesos.

Story	UX	UY	
	kgf-s <sup>2</sup> /m	kgf-s <sup>2</sup> /m	
TECHO			
SUPERIOR	18256.44	18256.44	
PISO 1	94937.59	94937.59	
BASE	7400.69	7400.69	
	total	120.59472	Tn

### 5.1.3 Generación de espectro de diseño

En base a los valores de T y ZUCS/R, se obtendrá el espectro de diseño.

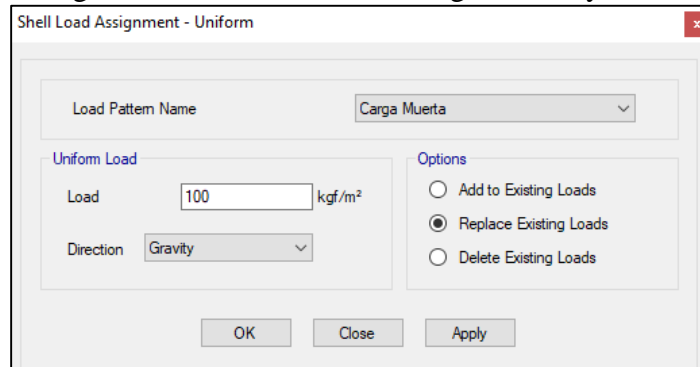
Tabla N° 13. Espectro de diseño.

T	ZUCS/R
0.000	0.233
0.600	0.233
0.800	0.175
1.000	0.140
1.200	0.116
1.400	0.100
1.600	0.087
1.800	0.078
2.000	0.070
2.200	0.058
2.400	0.049
2.600	0.041
2.800	0.036
3.000	0.031
3.500	0.023
4.000	0.017
4.500	0.014
5.000	0.011
5.500	0.009
6.000	0.008
6.500	0.007
7.000	0.006
7.500	0.005
8.000	0.004
8.500	0.004
9.000	0.003
9.500	0.003
10.000	0.003

#### 5.1.4 Introducción de cargas en Etabs.

Dada la normativa se debe asignar cargas vivas y muertas para un correcto diseño, establecido en el Art. 6.1 de 250kg de carga viva y 100kg de carga muerta.

Figura. N° 18 . Inserción de carga muerta y viva.

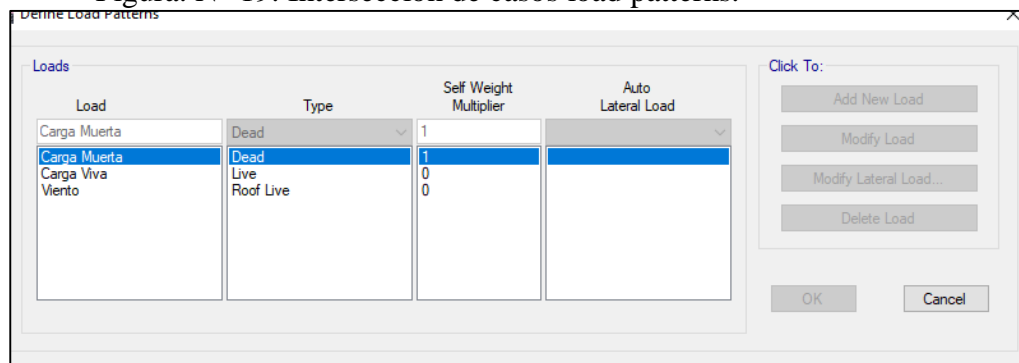


Fuente: Etabsv16.2.1

#### 5.1.5 Introducción de casos de carga.

Es necesario establecer los casos de carga viva, muerta y de viento.

Figura. N° 19. Intersección de casos load patterns.

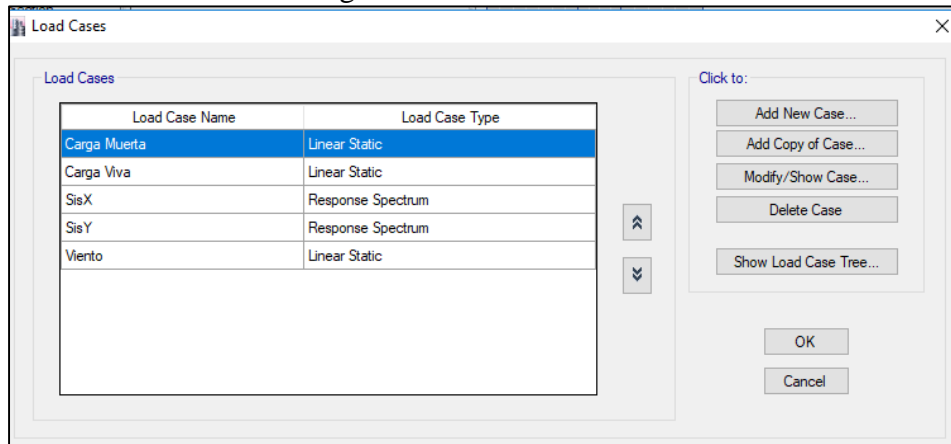


Fuente: Etabsv16.2.1

#### 5.1.6 Introducción de casos de carga.

Los casos de carga que serán usadas para la envolvente y cumplimiento con el correcto diseño se agregó Carga muerta, Carga viva, SisX, SisY y viento.

Figura. N° 20. Load Cases



Fuente: Etabsv16.2.1

5.1.7 Análisis de corte Dinámica y estática.

Para el cumplimiento con lo establecido, para el cumplimiento de las alturas y de nivel en la tabla N°8 y N°9, de la norma E.030, cumpliendo con un correcto diseño.

Tabla N° 14 Análisis de Corte dinámica y estática

Piso	Caso de Carga	0.9*CE (irregular)	Factor E/D
NIVEL 1	Sismo X	25.28	0.46
NIVEL 1	Sismo Y	25.28	0.42

5.1.8 Análisis de derivas, modelamiento E.030 – 2018.

Cumpliendo la norma E.030 Art.32, tabla 11 donde la deriva máxima es de 0.007, el diseño como tal cumple con la norma.

Tabla N° 15. Derivas.

Story	Load		
	Case/Combo	Direction	Drift
TECHO	SisX Max	X	0.0006
TECHO	SisX Max	Y	0.00031
TECHO	SisY Max	Y	0.00047
PISO 2	SisX Max	X	0.0007
PISO 2	SisX Max	Y	0.00029
PISO 2	SisY Max	Y	0.00044

### 5.1.9 Análisis de derivas, modelamiento ATC -40.

Dado que la edificación ha sido rehabilitada en base a la norma ATC -40, bajando la rigidez de todos los elementos frame y Shell (Columnas, vigas y losas) a 0.85.

Tabla N° 16. Resultados con 0.85% de rigidez.

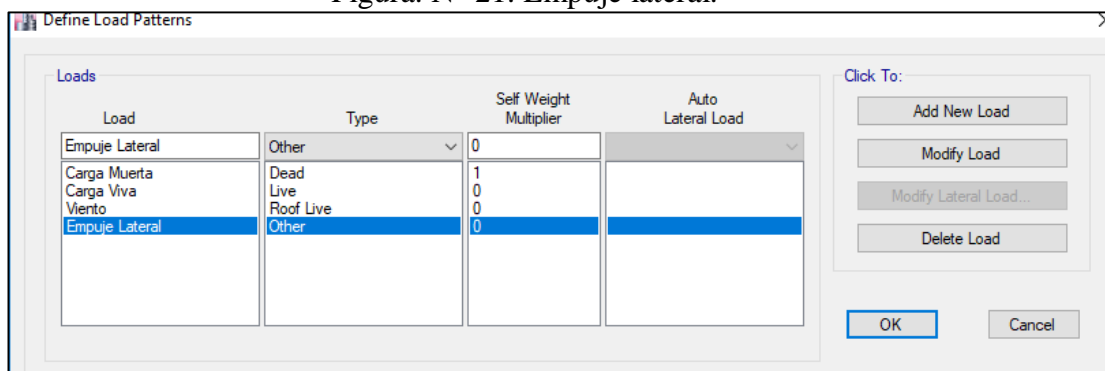
Story	Load		
	Case/Combo	Direction	Drift
TECHO	SisX Max	X	0.002
TECHO	SisX Max	Y	0.003
TECHO	SisY Max	Y	0.002
PISO 2	SisX Max	X	0.001
PISO 2	SisX Max	Y	0.0009

## 5.2 Definición de parámetros No lineales, para la edificación.

### 5.2.1 Empuje lateral.

Carga de empuje lateral, se debe crear la hipótesis de esta carga en Load Patters, para el correcto uso del modelamiento en el análisis no lineal.

Figura. N° 21. Empuje lateral.

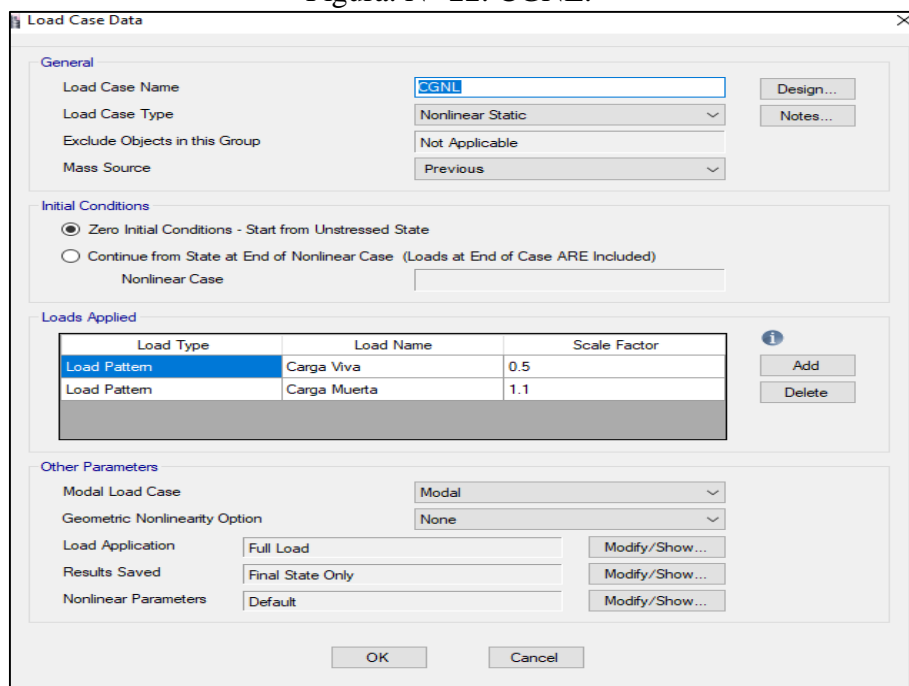


Fuente: Etabsv16.2.1

### 5.2.2 Carga Gravitacional no lineal.

Se crea un caso de carga (load case), para que el programa a crea un estado de carga para que el pushover comience a deformar en el último estado de deformación en donde se define en base a la norma ATC-40, como la FEMA 420, en un 10% de la carga muerta manteniendo la carga viva respectivamente como fue diseñado en nuestro caso Carga muerta 1.10 y la Carga Viva 0.50.

Figura. N° 22. CGNL.

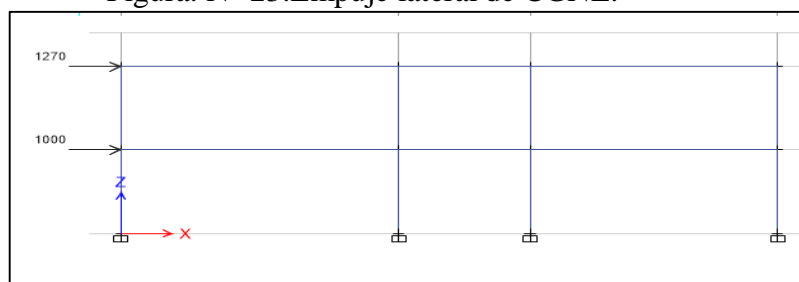


Fuente: Etabsv16.2.1

### 5.2.3 Pushover en base a empuje lateral.

En el primer caso del pushover aplicando fuerzas laterales para luego se realizó el análisis en modo introducido en el Etabs, que el programa lo hace automáticamente, las cuales en los dos casos inician en el último estado de la CGNL, donde la cortante en la base es de 12,094tn y en el primer piso de 56,512tn, dada la relación entre ellos y la diferencia de cortante siendo 44,418tn el confianza de empuje para el primer nivel será 1 y en el segundo nivel 1.27, por la relación entre los absorbente de nivel a nivel.

Figura. N° 23. Empuje lateral de CGNL.

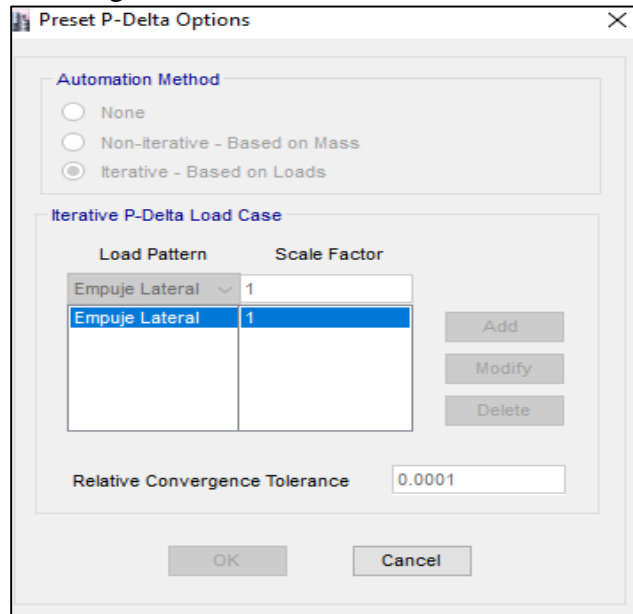


Fuente: Etabsv16.2.1

### 5.2.3.1 Pushover con fuerzas laterales con efecto P-DELTA.

El pushover necesita una definición de la carga llamada P-DELTA, para que a partir de ese momento haga el análisis, no existe problemas de inestabilidad en la edificación, que se da sobre una cara axial donde nuestra fuerza lateral anteriormente ha sido descrita.

Figura. N° 24. Efecto P-DELTA.



Fuente: Etabsv16.2.1

### 5.2.3.2 Configuración de rotula.

Para el análisis del estado inelástico se necesita establecer el porcentaje de rotula que la viga y columna debe tener para esto se configura en el Etabs, tomando las tabla de rotulas ASCE 41-13 columnas y ASCE 10-08 vigas, en base a ASCE 41-43, columnas controladas para criterios no lineales y ASCE 41-43, vigas controladas para criterios no lineales.

Figura. N° 25. Configuración de rotulas Etabs.

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type  
From Tables In ASCE 41-13

Select a Hinge Table  
Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

Degree of Freedom  
 M2  
 M3

V Value From  
 Case/Combo Carga Muerta  
 User Value V2  kgf

Transverse Reinforcing  
 Transverse Reinforcing is Conforming

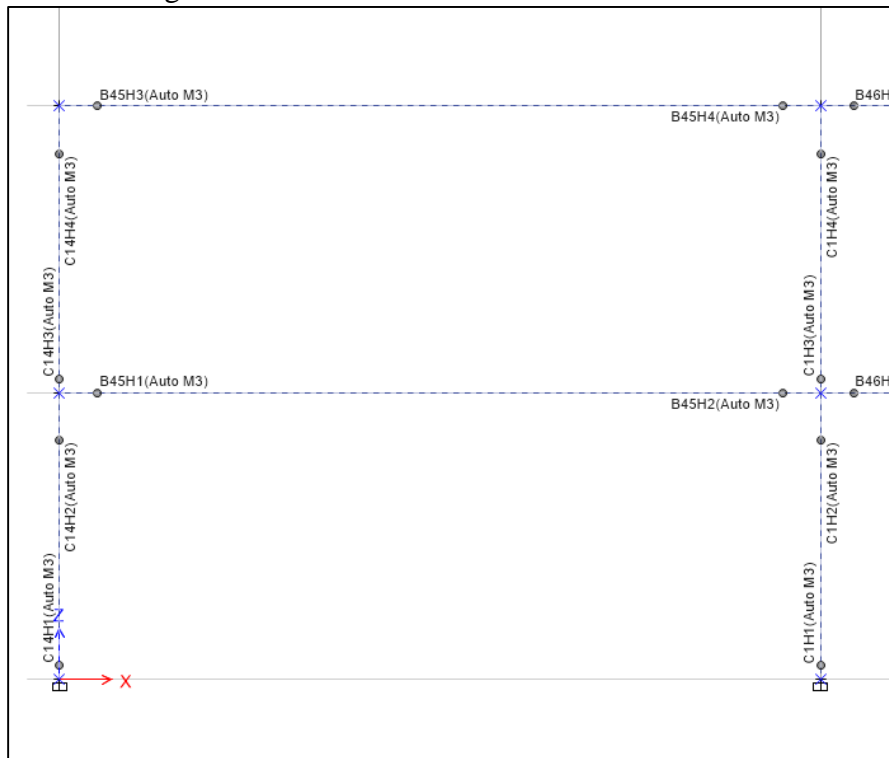
Reinforcing Ratio  $(p - p') / p_{balanced}$   
 From Current Design  
 User Value (for positive bending)

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity  
 Drops Load After Point E  
 Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

Fuente: Etabsv16.2.1

Figura. N° 26. Presencia de rotulas en el modelo.



Fuente: Etabsv16.2.1



### 5.2.3.3 Obtención de curva de capacidad.

Para obtener la curva de capacidad es necesario agrietar las vigas y columnas para saber cuál es su máximo desempeño, siguiendo la norma donde cambiaremos sus propiedades de materiales, este agrietamiento de la sección va a influir en el encuentro del punto de desempeño y en la curva pushover, así como en la obtención de la deriva de elástica e inelástica.

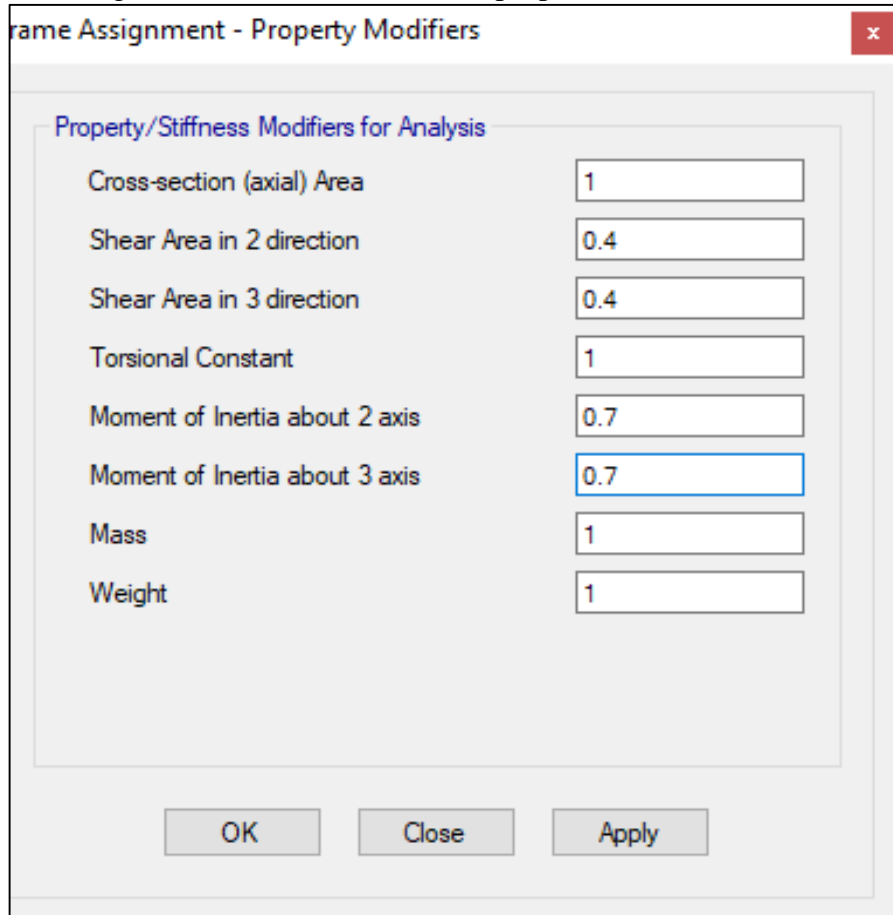
Figura. N° 27. Modificación de propiedades en vigas

Property/Stiffness Modifiers for Analysis	Value
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	0.4
Shear Area in 3 direction	0.4
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.5
Moment of Inertia about 3 axis	0.5
Mass	1
Weight	1

Buttons: OK, Close, Apply

Fuente: Etabsv16.2.1

Figura. N° 28. Modificación de propiedades de columnas.



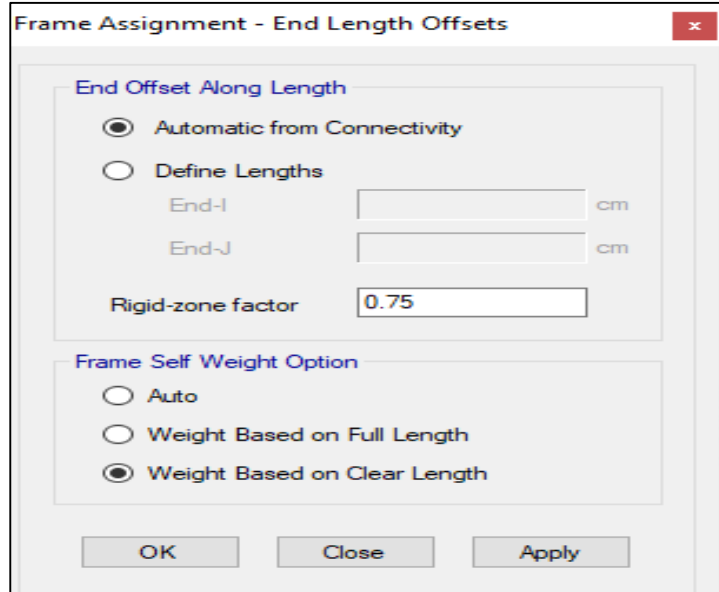
Fuente: Etabsv16.2.1

Consideraciones la rótula de la base de la columna (cimentación) es totalmente permitida siempre que no entre en un rango cercano al colapsó.

#### 5.2.3.4 Reducción de brazo rígido de la edificación.

Para un mejor análisis se considerar solo a la estructura fuera del techo ya que en este caso es despreciable, porque el concreto utilizado es de 280 kg/cm<sup>2</sup>, con un factor de rigidez de 75%.

Figura. N° 29. Reducción de brazo rígido.



Fuente: Etabsv16.2.1

### 5.2.3.5 Ubicación de modo para el sistema de la estructura.

Tenemos que agregar un nuevo load case, para poder vincularlo con el modo de vibración para eso generamos un nuevo caso llamado “PUSHOVER MODE”.

Tabla N° 17. Pushover mode.

The image shows a software dialog box titled "Load Cases". It contains a table with two columns: "Load Case Name" and "Load Case Type". The table lists several load cases, with "PUSHOVER MODEX" and "PUSHOVER MODEY" highlighted in blue. To the right of the table are several buttons: "Add New Case...", "Add Copy of Case...", "Modify/Show Case...", "Delete Case", and "Show Load Case Tree...". At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.

Load Case Name	Load Case Type
Carga Muerta	Linear Static
Carga Viva	Linear Static
SISX	Response Spectrum
SISY	Response Spectrum
CASO LAT X	Linear Static
CASO LAT Y	Linear Static
CGNL	Nonlinear Static
<b>PUSHOVER MODEX</b>	<b>Nonlinear Static</b>
<b>PUSHOVER MODEY</b>	<b>Nonlinear Static</b>

Fuente: Etabsv16.2.1

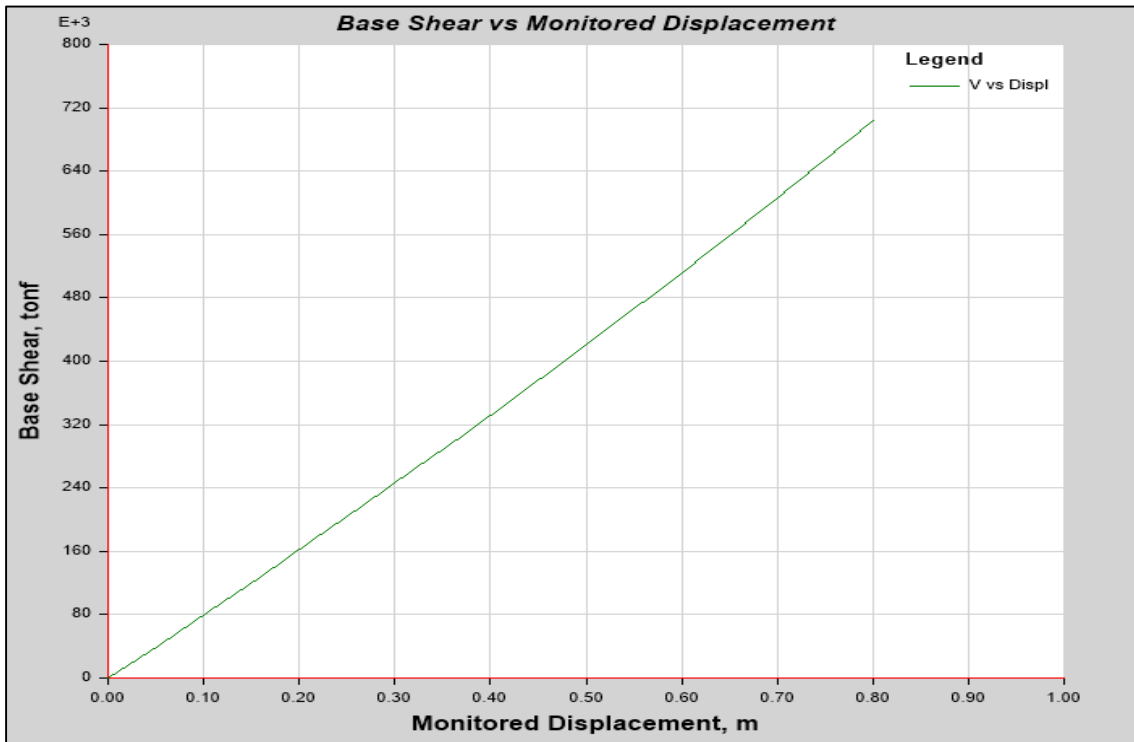
Para el cumplimiento de la norma en pushover ATC-40, diseño por desempeño PUSHOVER, como pide realizar el diseño por fuerza, modo y triangulación perfecta, siendo la triangulación perfecta la menos precisa exige mínimo por fuerzas laterales fuerza para un análisis “X o Y” y el análisis de modo para toda una edificación, por la masa participativa en X es el modo 2 y en Y es el modo 1, dada por la forma geometría que posee.

Tabla N° 18. Periodo y masa de participación.

Modal	1	0.175	0.0105	0.8654
Modal	2	0.166	0.7147	0.0259

En el modelo no se han agregado las cargas horizontales y verticales aun en la edificación, obteniendo la curva de la punta A – B, en el diseño por desempeño.

Figura. N° 30. Cortante en la base Vs Monitoreo de Desplazamiento.



Fuente: Etabsv16.2.1

Tabla N° 19. Sd – Sa – Periodo.

<b>Sd</b>	<b>Sa</b>	<b>Period</b>
m	g	Sec
0	0	0
0.262316	38.823092	0.165
0.52861	78.356767	0.165
0.799037	118.627232	0.165
1.073767	159.662508	0.165
1.353749	201.616543	0.164
1.638029	244.336051	0.164
1.927296	287.932607	0.164
2.221793	332.44568	0.164
2.521781	377.917762	0.164
2.827551	424.395086	0.164
3.139416	471.928129	0.164
3.45846	520.695399	0.164
3.783837	570.551245	0.163
4.116527	621.655215	0.163
4.457021	674.084084	0.163

#### 5.2.3.6 Agregar fuerzas horizontales en X y Y.

Dado el diseño del sistema hay que observar las cortantes por piso donde se agregara a los puntos generados a los diafragmas rígido en el nivel dos y el techo.

Tabla N° 20. Cortante – Relación – Fuerza.

	CORTANTE		RELACIÓN	FUERZA
PISO 2	1845.26212	1845.26	2.07944081	2079
BASE PISO 2	2732.64492	887.382796	1	1000

Figura. N° 31. Asignación de cargas.

Joint Load Assignment - Force

Load Pattern Name: CASO LAT Y

**Loads**

Force Global X	0	tonf
Force Global Y	1000	tonf
Force Global Z	0	tonf
Moment Global XX	0	tonf-m
Moment Global YY	0	tonf-m
Moment Global ZZ	0	tonf-m

**Options**

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

**Size of Load for Punching Shear**

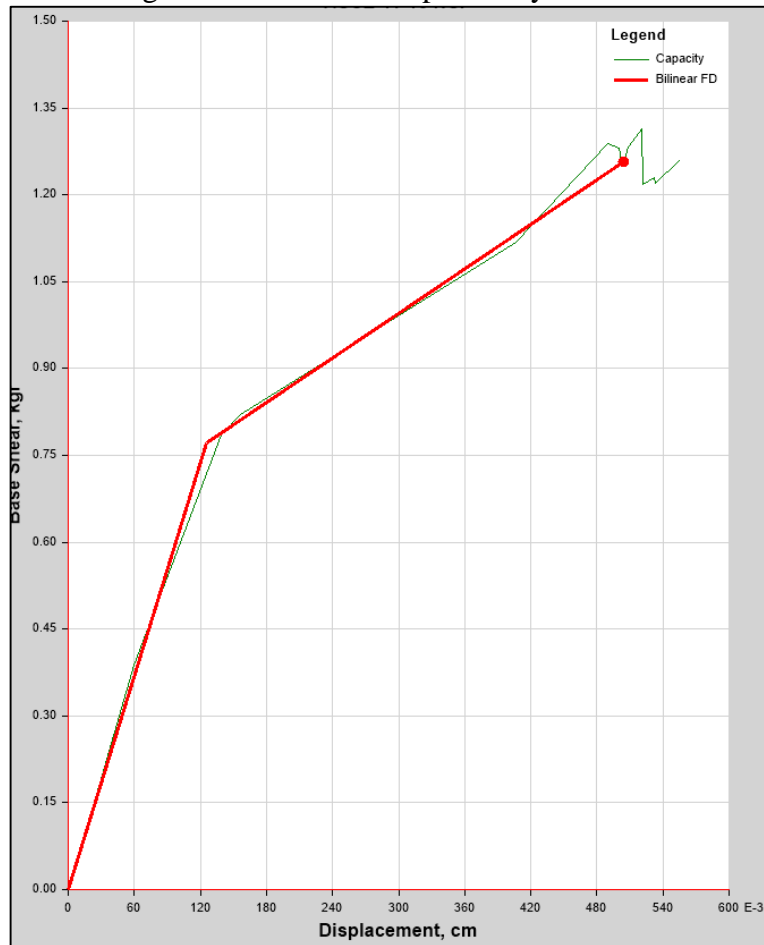
X Dimension	0	m
Y Dimension	0	m

OK Close Apply

Fuente: Etabsv16.2.1

### 5.2.3.7 Presentación de gráficas y figuras.

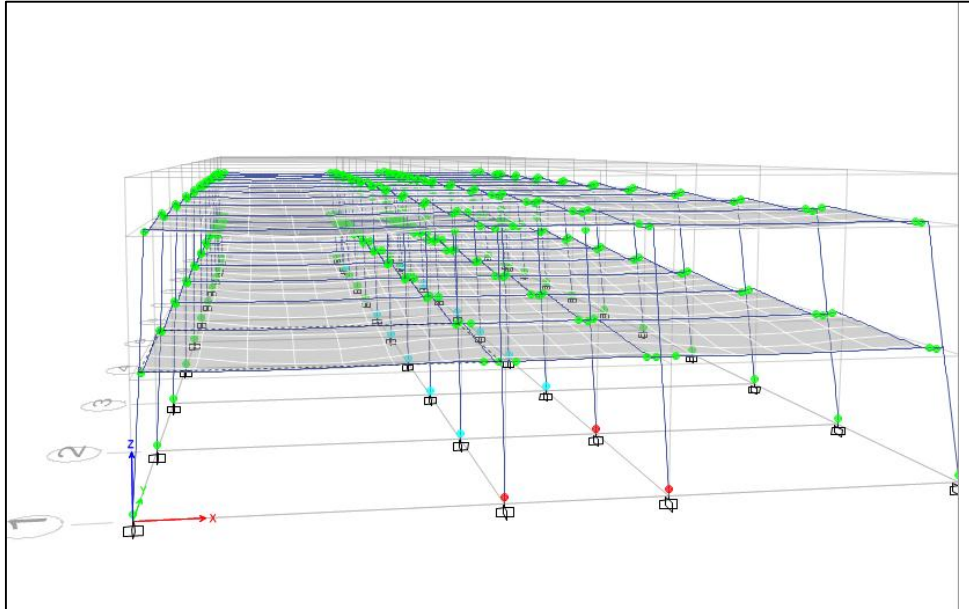
Figura. N° 32. Curva capacidad y esfuerzo.



Fuente: Etabsv16.2.1

En la gráfica N° 02 se muestra que la curva de capacidad llega hasta ese punto en el esfuerzo donde la estructura llega al límite del rango.

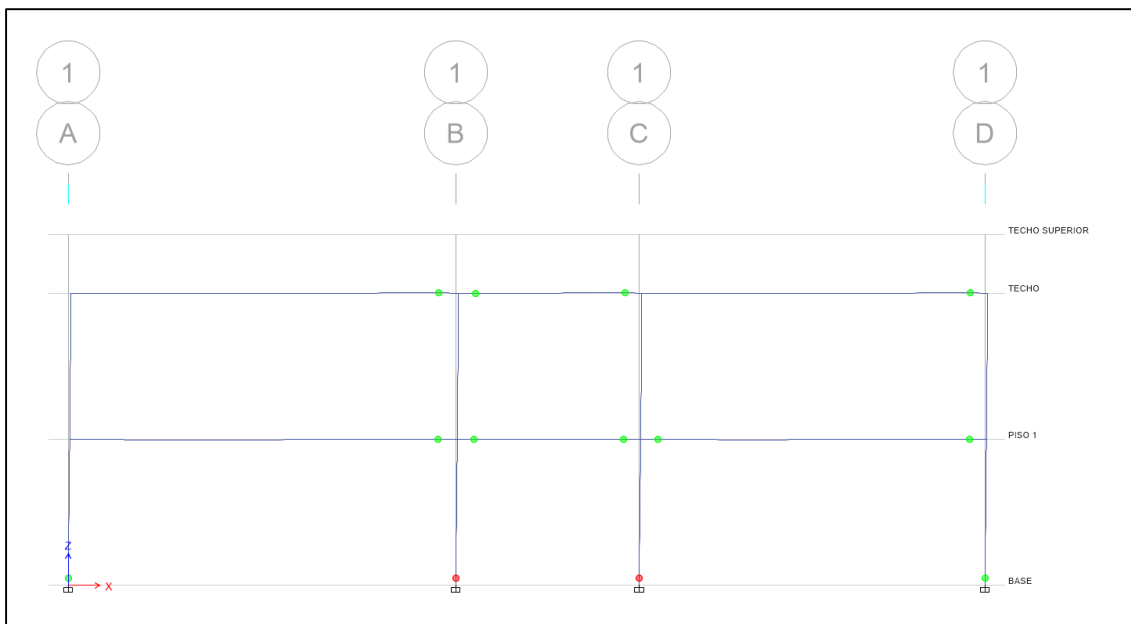
Figura. N° 33. Grafica de último momento en pushover.



Fuente: Etabsv16.2.1

La grafica nos muestra en el último momento del pushover que las columnas que se encuentran de punto han alcanzado su punto máximo en el rango inelástico de color rojo y las de color celeste están dentro el rango inelástico.

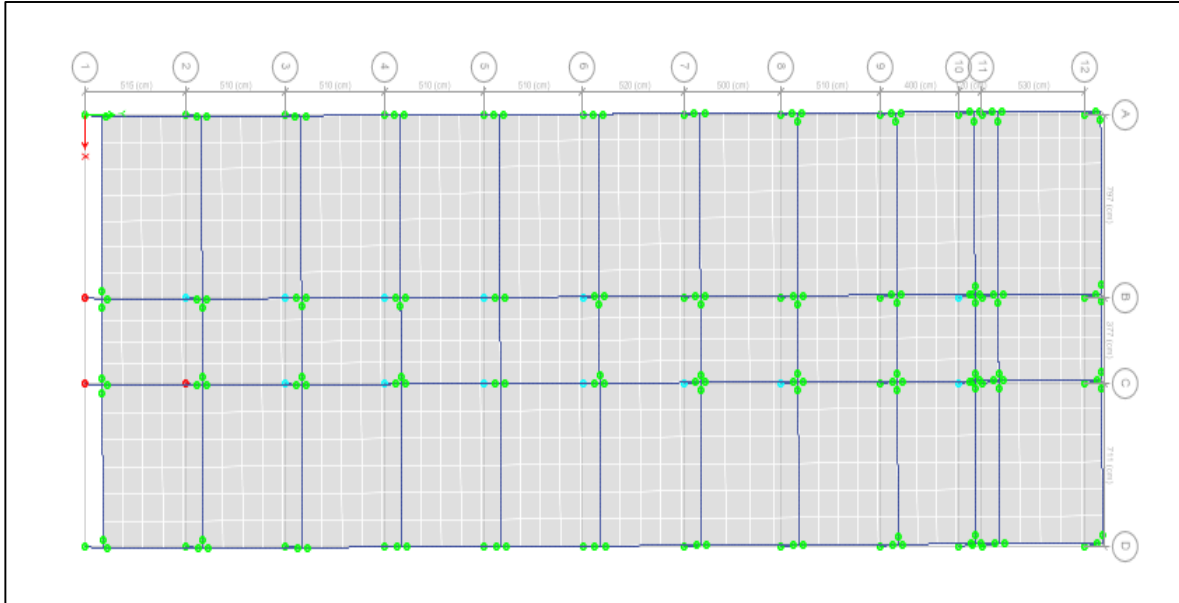
Figura. N° 34. Falla de columna en estado inelástico.



Fuente: Etabsv16.2.1

En la figura N° 28 en el eje 1 – B, 1-C y 2-C, nos muestra que colapsan en la dirección Y.

Figura. N° 35. Muestra en planta de fallas.



Fuente: Etabsv16.2.1

La figura N° 29, nos muestra las roturas plásticas de color verde y las de color rojo son donde han pasado al estado inelástico.

### 5.3 Muestra de resultados interacción suelo estructura.

Basado en la normativa E-030 2016, donde el análisis de diferentes sistemas estructurales indicados en el Art. 16, deben ser aprobados por el Ministerio de Viviendas, construcción y saneamiento, mediante un estudio que demuestre que la alternativa o el estudio propuesto adecuado resultados, donde el estudio interacción suelo estructura, la norma lo restringe a un máximo de 5% de amortiguamiento crítico.

#### 5.3.1 Soluciones elásticas para las rigideces de cimentación superficiales.

Las ecuaciones que da la ASCE, son valores que son muy aceptables, donde la norma coloca a un factor de corrección intermedio con un  $\alpha=0.80$ , ya que se trabajara con esta ecuación en la normativa ASCE41-43, capítulo de rigidez interacción suelo estructura.



Las ecuaciones obtenemos los siguientes resultados:

Tabla N° 21. Resultado de rigidez de cimentaciones superficiales.

Traslación Eje X: $K_x$	5711.899135
Traslación Eje Y: $K_y$	6222.03427
Traslación Eje Z: $K_z$	6704.009122
Rotacional Eje X: $K_{xx}$	709727.4655
Rotacional Eje Y: $K_{yy}$	3307426.929
Rotacional Eje Z: $K_{zz}$	2965569.689

Figura. N° 36. Inserción de resultados de ecuación.

Point Spring Property Data

General Data

Property Name: Resorte sistema

Display Color: [Red] Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Spring Stiffness Options

User Specified/Link Properties  Based on Soil Profile and Footing Dimensions

Simple Spring Stiffness in Global Directions

Translation X	5711.899	tonf/m
Translation Y	6222.034	tonf/m
Translation Z	6704.009	tonf/m
Rotation about X-Axis	709727.4655	tonf-m/rad
Rotation about Y-Axis	3307426.929	tonf-m/rad
Rotation about Z-Axis	2965569.689	tonf-m/rad

Single Joint Links at Point

Link Property	Axial Direction	Axis 2 Angle
---------------	-----------------	--------------

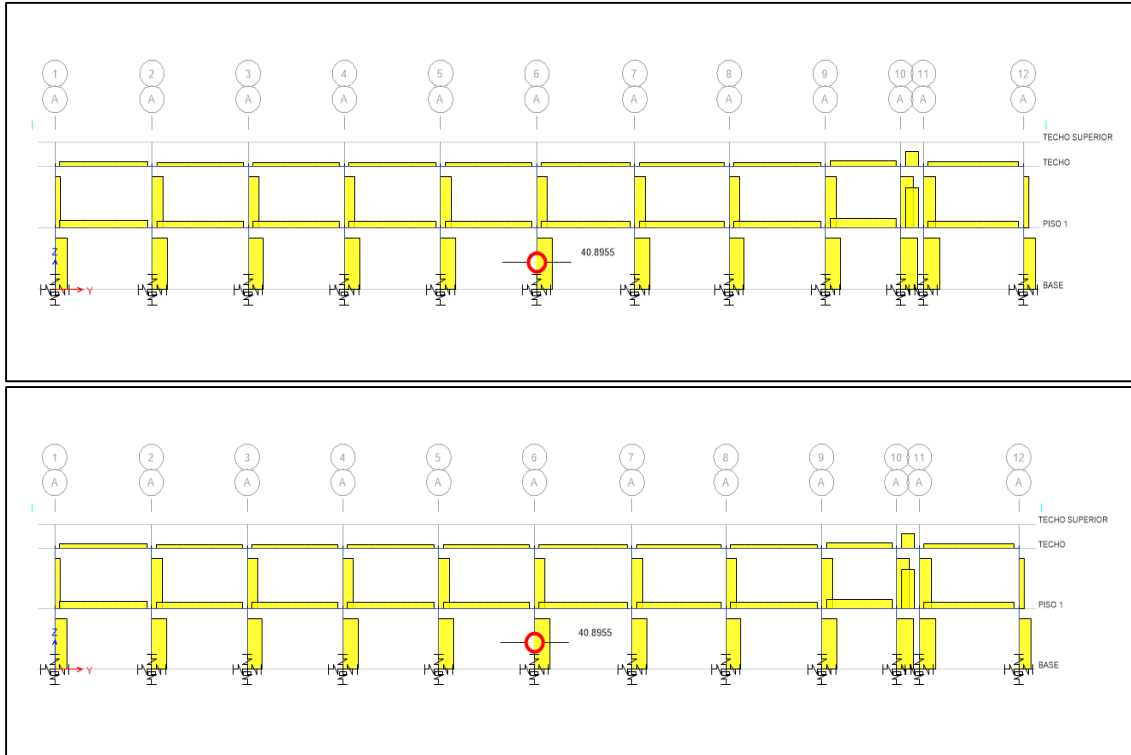
Add Delete

OK Cancel

Fuente: Etabsv16.2.1

Al realizar el análisis de la edificación sin el pushover, en la misma se observa que las cortantes aumentan considerablemente.

Figura. N° 37. Cortantes aumentadas en suelo estructura.

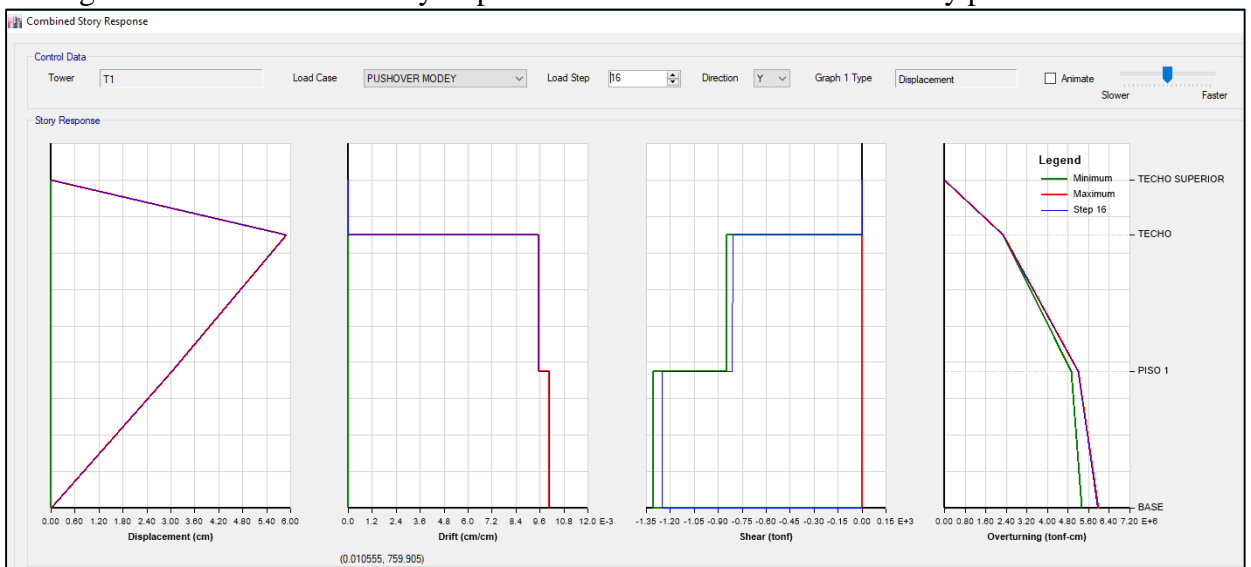


Fuente: Etabsv16.2.1

Tabla N° 22. Tablas derives interacción, sin pushover.

Derivas Interacción			
TECHO	SisX Max	X	0.0024
TECHO	SisX Max	Y	0.0037
TECHO	SisY Max	Y	0.0025
PISO 2	SisX Max	X	0.000125
PISO 2	SisX Max	Y	0.00117

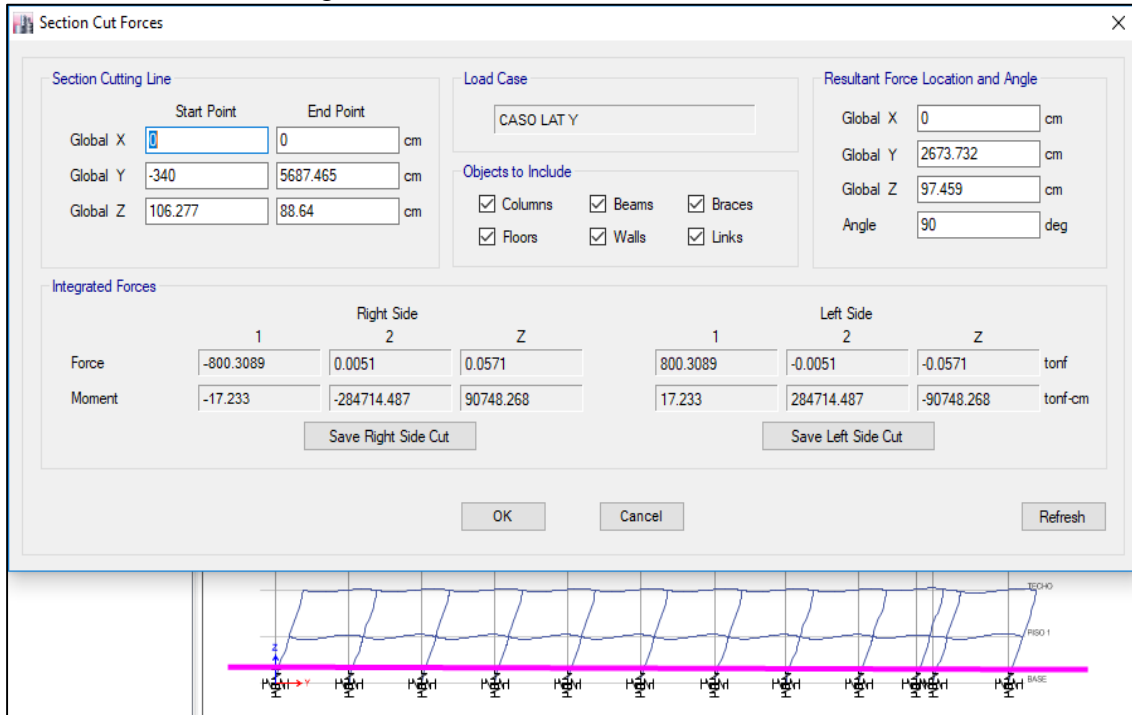
Figura. N° 38. Combine story Reponse – interacción suelo estructura y pushover



Fuente: Etabsv16.2.1

En la gráfica que observa que el desplazamiento máximo es de 10 cm y en él según nivel de 9.54.cm.

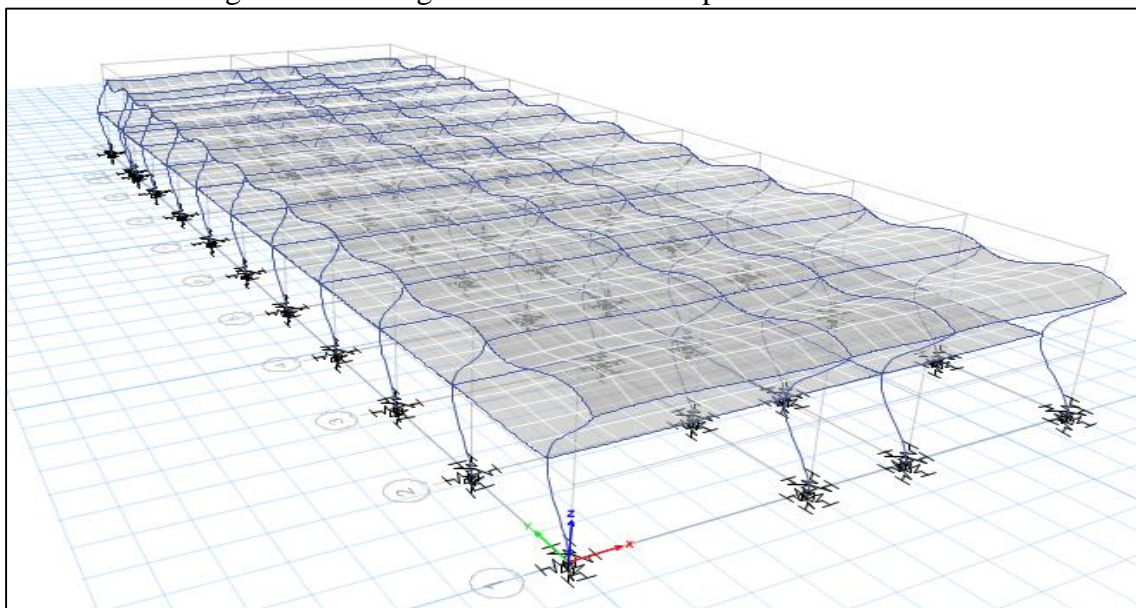
Figura. N° 39. Cortantes total en el nivel 1.



Fuente: Etabsv16.2.1

En la gráfica que observa que el total de los cortantes absorbidos en el nivel 1, siendo de 284714.48.

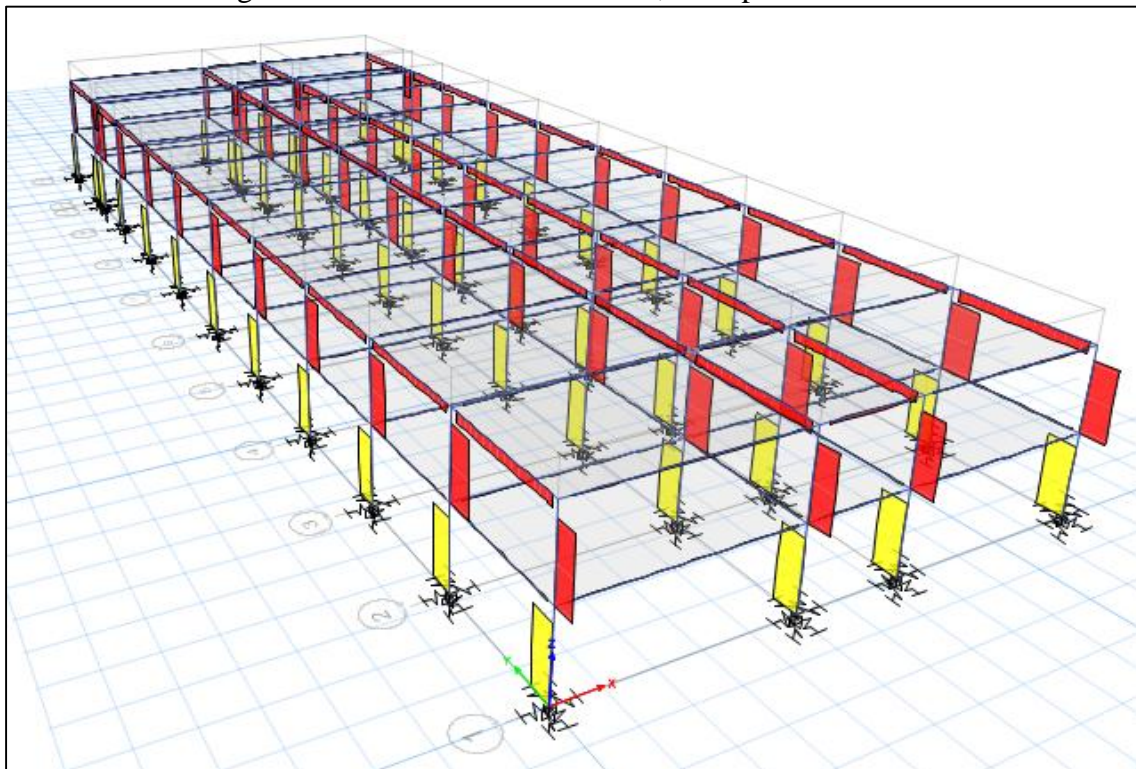
Figura. N° 40. Figura del modo 4 en el periodo de 0.056s.



Fuente: Etabsv16.2.1.

En la figura N°41, se muestra en el periodo 0.056 muy desfavorable para la estructura.

Figura. N° 41. Muestra de cortante, en el periodo 0.056.



Fuente: Etabsv16.2.1

La figura N°42, nos muestra el modo más desfavorable para la edificación, con cortantes elevadas para él según nivel.

#### 6.4. Análisis, interpretación y discusión de resultados

##### 6.4.1. Análisis Edificación rehabilitada.

El análisis de la estructura de las derivas con la norma E.030 - 2018, aparentemente está muy sobre estructura, al hacerlo con la FEMA-420, la cual recomienda que tiene su base en la ASCE 41-43, nos dice que tenemos que modelar bajando su rigidez a un 85%, ya que es una edificación en rehabilitación nos muestra que las derivas que cumple la norma E.030 en el art.32.

Tabla N° 23. Derivas de edificación rehabilitada.

TECHO SUPERIOR	7.2	Top	0	0
TECHO	6.00	Top	0.003299	0.00191
PISO 1	3.00	Top	0.002593	0.001878
BASE	0	Top	0	0

#### 6.4.1.1. Análisis columna fuerte – viga débil.

Dentro del análisis como recomienda la ASCE41-43, es analizar el valor más alto de columna fuerte y viga débil que no superen el límite permisible siendo 1, siendo su máximo valor alcanzado es 0.829, cumpliendo con un correcto diseño, esta se presenta en la dirección del pushover.

Tabla N° 24. Valores máximos de Columna fuerte viga débil.

COL-VIG	0.224
COL-VIG	0.201
COL-VIG	0.136
COL-VIG	0.298
COL-VIG	0.16
COL-VIG	0.533
COL-VIG	0.273
COL-VIG	0.285
COL-VIG	0.159
COL-VIG	0.249
COL-VIG	0.604
COL-VIG	0.829
COL-VIG	0.777
COL-VIG	0.775
COL-VIG	0.388

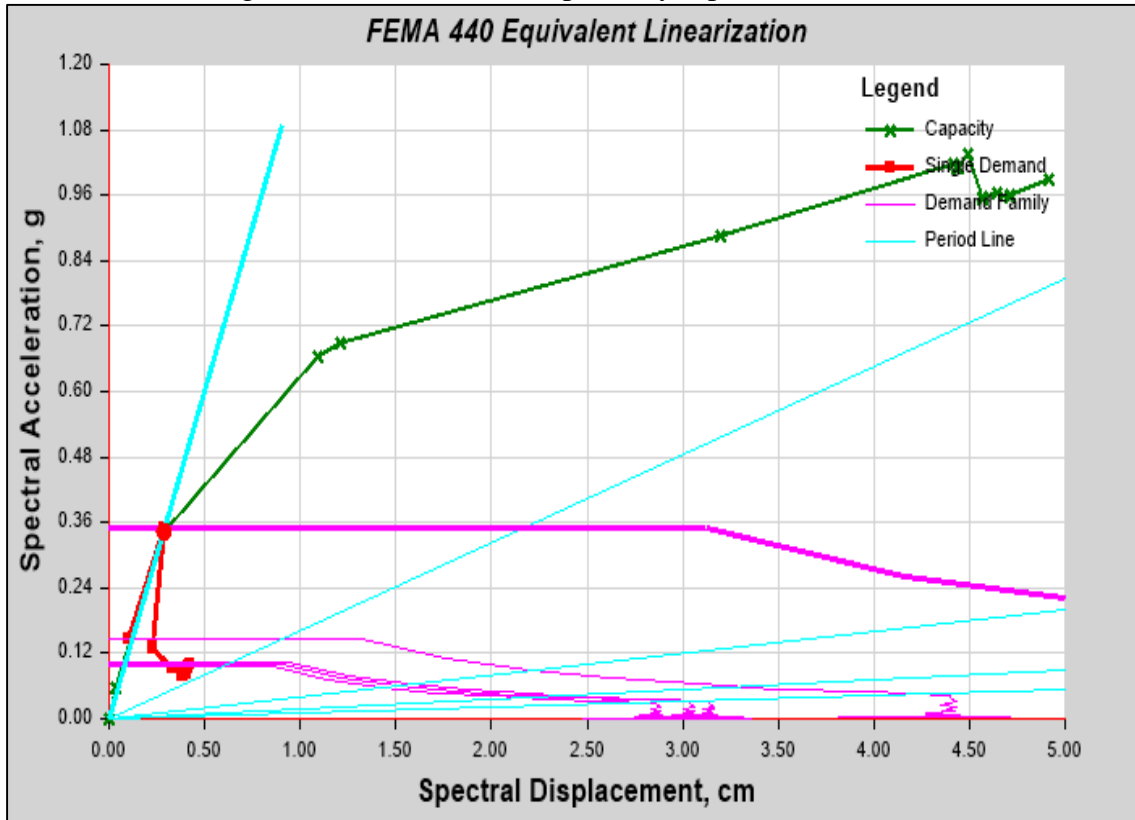
#### 6.4.2. Análisis PUSHOVER

##### 6.4.2.1. Curva de demanda.

En la curva de demanda en el análisis con la FEMA 420, nos muestra que en 500 cm/sec<sup>2</sup> alcanza la punta A, es decir llega al sismo de servicio diseñado, con una ductilidad 5.47 considerando que es una edificación de dos niveles.

Del punto A-B del sismo de servicio en el espectro de diseño E.030-2018, llega con 620 cm/sec<sup>2</sup>, es decir a partir de ese punto se estarán en el tramo B-C de la curva de capacidad donde se está esforzando la estructura, con una ductilidad de 5.89.

Figura. N° 42. Demanda espectral y espectro de diseño.



Fuente: Etabsv16.2.1

En la gráfica las líneas de color violeta son las que representa al espectro de diseño. Siendo el punto más alto diseñado en 0.36, cubriendo la curva de demanda y estando dentro de la capacidad de la edificación.

Del punto máximo de la curva de capacidad, llega con 1020 cm/sec<sup>2</sup>, es decir a partir de ese punto se estarán colapsando la edificación con una ductilidad de 6.78.

#### 6.4.2.2. FEMA 420.

La normativa FEMA 420, en los A, B, C y D; se estableció que del punto C en adelante presentaran daños significativos, dado ellos en la tabla de análisis en vigas y columnas, se encuentra en LS: Seguridad de vida.

A punto C, establece que del A-B, la edificación responde con normalidad y se puede observar que las vigas y las columnas presentan deformaciones que están dentro del rango elástico a partir del punto C, en adelante se establece los rangos inelásticos con daños y a partir del punto D, en adelante se encuentra la edificación en precolapso o colapsada.

El análisis con la normativa FEMA 420, nos muestra que la edificación está correctamente rehabilitada y con la interacción suelo estructura aumentan las cortantes, pero no pasa a un estado dentro del rango inelástico ni fuera del punto C, por lo cual se concluye que se encuentra en LS: Seguridad de vida.

#### 6.4.2.3. ATC-40.

Dados los niveles de estudio y las tablas que utiliza la ATC – 40, para los elementos estructurales, donde los daños después del sismo no agotan por total el margen de respuestas estructural de la edificación al sismo, por lo cual se encuentra en “Seguridad limitada, SP-4”.

Dados los niveles de estudio y tablas mostradas en la ATC -40, para los elementos no estructurales, donde puede presentar daños severos en algunos elementos no estructurales tanto dentro como fuera de la edificación, sin llegar al colapso o tener daños severos en la misma, pueden verse seriamente afectados equipos, sistemas y maquinarias, sea el caso pueden ser reparados o reemplazados, colocando en un nivel de “Seguridad NP-C”

Dados los Elementos y el análisis de los elementos estructurales y no estructurales se encuentran en un nivel de desempeño de “Seguridad”, en base al análisis de la ATC-40.

#### 6.4.3. Análisis interacción suelo estructura.

En el modelamiento de la edificación sin interacción suelo estructura y el modelamiento con interacción suelo estructura basado en los coeficientes de las ecuaciones de la norma FEMA y ATC, Figura N° 31, se puede observar que los coeficientes de corte que aumentaron.

En la Tabla N° 23, se observa derivas han aumentado en la interacción suelo estructura sin sobrepasar lo permitido.

La estructura en el análisis de pushover se pudo observar que es muy rígida por tratarse de una edificación de 2 niveles a un concreto de 280kg/cm<sup>2</sup>, dado que los momentos flectores y de torsión como las cortantes han aumentado, y no muestra un resultado considerable por la rigidización existente.

Las derivas comparadas entre la interacción suelo – estructura y la edificación normal aumentan en una pequeña consideración de 0.0015.

#### 6.4.4. Discusión de resultados.

En la tabla N° 22, muestra que la edificación rehabilitada bajo el método de encamisado estructural aumentando las secciones y la resistencia del concreto a 280kg/cm<sup>2</sup>, mostrando derivas menores a 0.007, cumpliendo con la norma E.030.

En la tabla N° 24, en el fenómeno columna fuerte y viga débil cumple con la normativa FEMA, cumple con la normativa asegurando un correcto diseño en el análisis PUSHOVER, donde la demanda 500 cm/sec<sup>2</sup> es en donde están trabajando estas columnas y vigas.

La curva de demanda se encuentra entre 3 tramos: 500, 620 y 1020 cm/sec<sup>2</sup>, siendo su máximo valor es de 1020 considerando que es una estructura con una rigidez muy alta por tratarse de un concreto de 280kg/cm<sup>2</sup>.

La grafica N° 4 nos muestra que su máximo desplazamiento es de 6.3 cm en su último momento dentro de la curva de capacidad donde las columnas que se encuentran en los ejes 1-B, 1-C y 2-C en la figura N.º 1, han colapsado, a partir de este punto se encuentran en un rango inelástico, convirtiendo a la edificación en un riesgo de colapsó total.

La ductilidad de la edificación se encuentra dentro del rango de trabajo de la FEMA-420, desde 5.47 a 6.78, estableciendo que la edificación ha experimentado deformaciones más allá del límite elástico sin reducir significativamente su rigidez, considerando que la rehabilitación se ha hecho con un concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

La edificación llega a resistir un sismo que se encuentra dentro de los resultados obtenido en un rango de 6.1 a 6.9 en la escala Richter, superior a este rango causa daños severos, en la edificación y por tratarse de una edificación ya rehabilitada, requería una evaluación para saber si puede o no seguir habitando la edificación.



En la gráfica N°34, se observa las roturas plásticas a partir del pushover donde las columnas empiezan a llegar al colapso.

En la gráfica N°41, en el pushover aparecen desplazamiento 0.0421 m en donde ocurren daños severos hasta 0.063 m donde la edificación colapsa por daños y en la gráfica N°42, se observa que en el desplazamiento máximo es de 10 cm considerando interacción suelo estructura, dando como resultado que en la interacción suelo estructura aumentan las cortantes y las derivas.

En la tesis doctoral de CEBALLOS A. establece que el análisis por interacción suelo estructura genera una capa homogénea según la estratigrafía del suelo, donde propone el cálculo diferenciado en base a la rigidez, esto demuestra la importancia del estudio de interacción suelo estructura, por que coloca a la edificación en características más reales. Los ensayos obtenidos en dicha investigación comprueban que la interacción suelo estructura posee un rigidización global y que la base no absorbe por completo las cortantes, siendo la diferencia del modelo y los ensayos en 0.1%, comparada con esta investigación se puede observar que la interacción suelo estructura tiene un comportamiento más real y que la base no absorbe todas las cortantes, obteniendo mayores derivas.

En la tesis doctoral de PAULA, 1992; pág 744. Dice que las rotulas que aparecen en las vigas y columnas pueden ser consideradas para tomar el inicio de una nueva filosofía de diseño, agregando que debe considerarse las rotulas plasticas en vigas y columnas como también la interacción suelo estructura, ya que la edificación en estudio sometida a un sismo severo se encuentra en un nivel de resguardo de vida y considerando la interacción suelo estructura llega al colapso, tratando esas dos consideraciones estudiadas en esta investigación.

En la tesis doctoral de GARCIA, 2012; establece la importancia del comportamiento de suelos y el incremento en su rigidez, siendo considerado en la normativa E.030 de nivel infinito de absorción dando cuenta que GARCIA, hace el estudio de pilote suelo obteniendo como resultado que el incremento de la imperancia dinámica en un suelo poroso aumenta la vibración y la frecuencia del sismo que reacciona con la edificación, comprobando en este estudio que el tipo de suelo a afectado al modelo, ya que al realizar el análisis dinámico sin

interacción suelo estructura ante un sismo severo la edificación se encuentra en el nivel de resguardo de vida y considerando la interacción suelo estructura se encuentra en el colapso.

La tesis doctoral de GARCIA, 2012; establece un comportamiento de amortiguamiento del suelo hacia la estructura donde en sus resultados si el suelo obtiene una gran liberación de energía puede empezar un proceso de sedimentación provocando un desplazamiento hacia periodos más bajos, con amplitudes menos afectando directamente el comportamiento de la edificación, coincidiendo con los resultados obtenidos.

La tesis Magister de JIMENEZ, 2017; establece que los parámetros para la consideración suelo estructura deben por lo mínimo tener el estudio y análisis de la E.020 y E.030, donde a demostrado que los periodos de vibración aumentan en un 36.87%, mientras que en el caso dinámico el aumento es de un 35.56% de la evaluación de los modelos con interacción suelo estructura, se obtuvo que: en el análisis estático las derivas aumentan 168% en dirección x, 57% en la dirección Y, los desplazamiento aumentan en la dirección x un 90% y 70.85% en dirección Y; mientras en el caso dinámico las derivas aumentan 38% en dirección x, 18% en la dirección Y, los desplazamiento aumentan en la dirección x un 42% y 34% en dirección Y, contrastada con la presente investigación se puede observar que las cortantes y las axiales en la interacción suelo estructura aumentan a tal punto de llegar a un nivel de desempeño donde existe fallas significativas y debe de ser evaluada la edificación coincidiendo con sus resultados obtenidos.

#### 6.5. Contrastación de hipótesis.

El desempeño del módulo N° 01 de la Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha - Cajamarca, basados en la tabla N° 23, 24 y 25 y la figura N° 42 y 43, contrastada con los resultados obtenidos se concluye que considerando la interacción suelo estructura, basado en la FEMA sus elementos estructurales no sobrepasan el límite no lineal colocando a la edificación en LS: Seguridad de vida y en la ATC – 40 se encuentra entre el nivel de seguridad limitada SP-4, **COMPROBANDO LA HIPÓTESIS.**

## CONCLUSIONES

- El nivel de desempeño del edificio N° 01 de la Institución Educativa San Ramón Anexo Chontapaccha – Cajamarca, ante un sismo severo entre los rangos de 6.1 a 6.9, en la escala de RICHTER se encuentra en el nivel de seguridad vida basada en la FEMA-420 y seguridad limitada SP-4 basada en el ATC-40.
- El análisis de desempeño sísmico, considerando la interacción suelo estructura, con la norma ATC-40, se obtuvo que eleva las cortantes, como los periodos de vibración, colocando a la edificación en el modo 4, con un periodo de 0.056, siendo el más desfavorable, en comparación a la edificación analizada con la FEMA - 420.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a las futuras investigaciones dar mayor importancia a la interacción suelo estructura porque nos ayuda a comprender mejor el comportamiento real de una edificación, debido a que el análisis estructural se toma como una base rígida, siendo así esta posee una gran cantidad de absorción de energía al momento de ocurrido el sismo, por lo que esta afirmación es falsa según estudios de coeficiente de balasto y la normativa rusa SNIP 2.02, por lo que se sugiere realizar ensayos a escala.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, R. (2008).** *Análisis sísmico de edificios*. Quito - Ecuador: Centro de investigación.
- Aquino & Rodríguez, C. M. (2015).** *Comparación de la respuesta estructural de los módulos b y c de la I.E Julio Ribeyro considerando y sin considerar la interacción suelo - estructura*. Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte.
- ATC-40, N. A. (1996).** *ATC*. California - USA.
- Cerna & Espinoza, M. C. (2008).** *Interacción suelo - estructura en edificaciones con muros de ductilidad limitada sobre plateas de cimentación*. Trujillo - Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Delgadillo, J. (2005).** *Análisis no lineal estático de estructuras*. Lima - Perú.
- Enciso, V. A. (2014).** *Procedimiento para el Análisis dinámico de estructuras usando el método de los elementos finitos*. Lima - Perú.
- García, F. D. (2012).** *Comportamiento Dinámico de Medios Poroelásticos en Relación con Problemas de Interacción Suelo-Estructura y Suelo-Agua-Estructura*. Las Palmas Canarias - España.
- Goytia Torrez, I. R., & Villanueva inca, R. (2001).** *Modernización de la Enseñanza Aprendizaje en la Asignatura de ingeniería Antisísmica*.
- Guevara, N. O. (2006).** *Evaluación de la capacidad estructural del edificio de la biblioteca de las ingenierías y arquitectura en análisis estático no lineal(pushover)*. San Salvador - El salvador.
- Hernández, E. (2017).** *Aplicación del análisis estático no lineal (pushover)*. Madrid - España: Zigurat Global Institute of Technology.
- IGP, I. G. (2016).** *Compendio de Investigación en Geofísica*. Lima - Perú.
- INDECI, I. N. (2009).** *Instituto Nacional de Defensa Civil*.
- Irrizarry, J. P. (2003).** *Curvas de capacidad para edificios monumentales*. Bacerlona - Bacerlona.
- Jines, R. M. (2017).** *Interacción Sísmica Suelo - Estructura en Edificaciones de Sistema Dual en la Ciudad de Moquegua*. Tacna - Perú.
- K. Chopra, A. (2014).** *Dinámica de estructuras*. Mexico D.F - Mexico: Pearson en español.

- Mendoza & Rodas, J. H. (2015).** *Análisis de interacción suelo - estructura de centros educativos con zapatas corridas en la Urb. Nicolás Garatea - Nuevo Chimbote.* Nuevo Chimbote - Perú: Universidad Nacional del Santa.
- Mosqueira Moreno, M. (2012).** *Riesgo Sísmico en las Edificaciones de la Facultad de Ingeniería.* Trujillo - Perú.
- Muñoz, A. (1999).** *Ingeniería Antisísmica .* Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- NTP - E.020, N. T. (2016).** *Cargas.* Lima - Perú.
- NTP - E.060, N. T. (2016).** *Concreto Armado.* Lima - Perú.
- NTP E.030, 2. (2016).** *NORMA TECNICA PERUANA E.030.* Lima - Lima.
- Orrego, J. L. (2010).** *Terremotos en Lima.* Lima - Perú.
- Paulay, P. M. (1992).** *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings.* Wiley intrescience. New York.
- Paz, M. (1992).** *Dinámica estructural - Teoría y cálculo.* Reverté S.A.
- Quispe, E. E. (2015).** *Ingeniería sísmica.* Lima - Peru.
- Taipe, C. J. (2003).** *Criterios de diseño por desempeño para la norma peruana de diseño sísmorresistente.* Lima - Perú.
- Valderrama & Meza, J. .. (2014).** *Influencia de la interacción de suelo estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporticada con zapatas aisladas.* Lima - Perú.
- Vera, S. (2011).** *Análisis estructural sísmo-resistente del bloque a del Edificio de la Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de la Universidad Técnica de Ambato Campus Huachi para garantizar la seguridad de sus ocupantes.* Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Wegner, A. (1915).** *Formación de los Continentes y Océanos.*

## **ANEXOS**

- **PLANOS**
- **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**

## PLANOS







## **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**



## **INFORME ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**

**CONTRATACIÓN DE SERVICIO DE  
CONSULTORÍA PARA EL  
PROYECTO:**

**"NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO  
DEL EDIFICIO N°01 DE LA  
INSTITUCION EDUCATIVA SAN  
RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA)  
CONSIDERANDO LA INTERACCION  
SUELO ESTRUCTURA"**



**SOLICITADO: ING. WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA**

**REVISADO POR: ING. RICARDO J. OCAS BOÑON.  
SUPERVISOR GENERAL**

**APROBADO POR: LILIAN VILLANUEVA BAZÁN.  
GERENTE GENERAL**

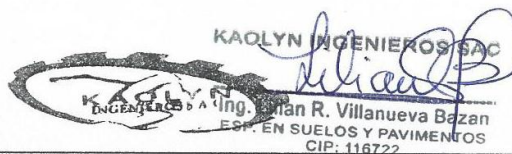


**ÍNDICE**

1. GENERALIDADES.....	4
1.1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	4
1.3 NORMATIVIDAD .....	5
1.4 DESCARGO DE RESPONSABILIDADES .....	5
1.5 ALCANCE.....	5
1.6 METODOLOGÍA .....	6
1.7 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	6
1.8 ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO. ....	7
1.9 CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD DE LA ZONA.....	7
2. GEOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO .....	7
2.2 GEODINAMICA.....	7
2.3 SISMICIDAD. ....	8
3. EXPLORACIÓN EN CAMPO .....	9
3.1 CALICATAS A CIELO ABIERTO.....	9
3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.....	10
3.2.1 ENSAYOS ESTÁNDAR.....	10
3.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO .....	11
4. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....	11
4.1 PROFUNDIDAD Y DIMENSIONES DE LAS CIMENTACIONES .....	11
4.2 CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE EN SUELOS.....	12
4.2.1 CAPACIDAD ADMISIBLE POR RESISTENCIA.....	12
5. CONCLUSIONES .....	15
6. RECOMENDACIONES .....	16

**TABLAS**

- Tabla N° 01      Resumen de excavación de calicata.
- Tabla N° 02      Resumen de Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos.
- Tabla N° 03      Dimensiones de la Cimentación
- Tabla N° 04      Cálculo de la capacidad admisible por resistencia.







**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
ENSAYOS FISICOS, QUIMICOS, MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO.  
RESOLUCION: 018207-2015/DSD

---

**ANEXO**

- Anexo A      Ensayos de Laboratorio de Mecánica de suelos
- Anexo B      Perfiles estratigraficos.
- Anexo C      Panel fotografico.

KAOLYN INGENIEROS SAC  
  
INGENIERO Lic. Lina R. Villanueva Bazán  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



## 1. GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico tiene por objeto investigar el terreno de fundación del Proyecto: **“NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA”**; por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas “A Cielo Abierto”, ensayos de laboratorio a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia, asentamientos, posteriormente con labores de gabinete en base a los datos obtenidos de los perfiles stratigráficos, tipo y profundidad de cimentación determinar la capacidad portante admisible, dando las recomendaciones y conclusiones para la cimentación de la infraestructura.

La empresa KAOLYN INGENIEROS S.A.C. Ha ejecutado las investigaciones geotécnicas para este proyecto desarrollando las etapas de trabajo que están indicadas en el respectivo alcance y que incluye la etapa de campo, ensayos de laboratorio, análisis de resultados y reporte de parámetros para el diseño de las cimentaciones en base a la Norma Técnica de Edificaciones E.050 Suelos y Cimentaciones.

El presente documento detalla los resultados de las condiciones geotécnicas encontradas, el estudio de campo se realizó la fecha: 03-08-19 (calicatas N°01), en el cual se ha muestreado 01 calicata.

### 1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO

Para el desarrollo de esta investigación se planteó el siguiente objetivo:

El presente informe técnico tiene como finalidad determinar las características geotécnicas del área del proyecto (suelo, niveles freáticos, etc.) y los valores de los parámetros geotécnicos requeridos para el diseño de la cimentación de la estructura, el cual será dada a conocer al solicitante: WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA, que será utilizada para elaboración del **PROYECTO: “NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA”**.

  
KAOLYN INGENIEROS SAC  
Ing. Llan R. Villanueva Bazan  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



### 1.3 NORMATIVIDAD

Los estudios están en concordancia con la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, y las normas ASTM para la determinación de los ensayos de Mecánica de Suelos.

### 1.4 DESCARGO DE RESPONSABILIDADES

El presente reporte titulado **“NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA”**; ha sido elaborado por el área de geotecnia de **“KAOLYN INGENIEROS S.A.C”**, exclusivamente para el solicitante para el proyecto en mención. Este estudio se ha realizado en plena concordancia con las buenas prácticas de Ingeniería, bajo normas y estándares aceptados a nivel nacional e internacional, con amplia base en datos previamente obtenidos de los ensayos de laboratorio e información alcanzada por el solicitante.

La información, conclusiones y recomendaciones son confiables en tanto estén sujetas a las condiciones que están comprendidas en este documento. Ningún tercero está permitido o autorizado a utilizar este informe sin la aprobación del solicitante o de KAOLYN INGENIEROS S.A.C. El uso de dicho informe por algún tercero con la información, conclusiones y recomendaciones contenidos en el presente, serán de riesgo único del mismo donde el solicitante, ni KAOLYN INGENIEROS SAC son responsables.

El informe elaborado es exclusivamente para la elaboración del proyecto: **“NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA”**

### 1.5 ALCANCE

La información del EMS es válida solamente para el área y tipo de obra indicadas en el informe. Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del EMS, sólo se aplicarán al terreno y edificaciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos, para otras edificaciones, o para otro tipo de obra.

En forma general los alcances del Estudio de Suelos son los siguientes:

- ✓ Reconocimiento del área del Proyecto.
- ✓ Exploraciones de subsuelo.

  
**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
  
Ing. Erian R. Villanueva Bazán  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722





**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
ENSAYOS FISICOS, QUIMICOS, MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO.  
RESOLUCION: 018207-2015/DSD

---

- ✓ Ensayos de campo.
- ✓ Ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos.
- ✓ Procesamiento de la información obtenida y elaboración del Informe Final.

#### 1.6 METODOLOGÍA

Con la finalidad de cumplir con el objetivo, se programó las siguientes actividades:

- ✓ Ubicación de las calicatas de exploración.
- ✓ Toma de muestras (01 calicata).
- ✓ Ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos.
- ✓ Determinación de perfiles estratigráficos.
- ✓ Cálculo de la capacidad admisible del suelo.

#### 1.7 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona del proyecto está ubicada en el Distrito de Cajamarca, departamento de Cajamarca, Región de Cajamarca.

**PROYECTO: "NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA"**

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA.  
PROVINCIA : CAJAMARCA.  
DISTRITO : CAJAMARCA.

  
KAOLYN INGENIEROS SAC  
INGENIEROS  
Ing. César R. Villanueva Bazán  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



**MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO.**

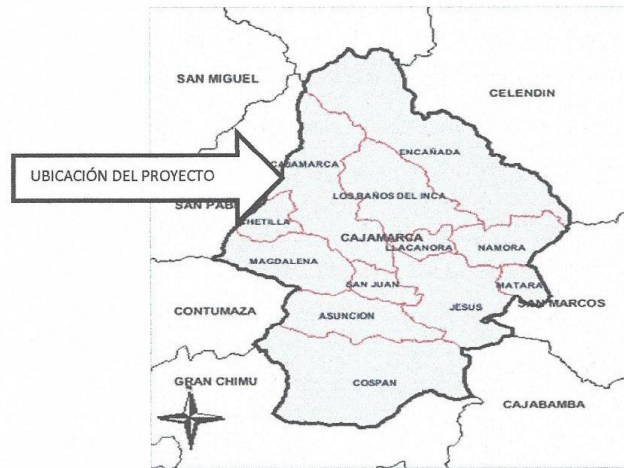


IMAGEN N°01: VISTA DE LA UBICACIÓN DEL PROYECTO.

**1.8 ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO.**

Del Nuevo metro, que se encuentra ubicado en Jr. Angamos; en dirección como quien ir a la plaza; se avanza hasta el Jr. Sarac Magdugal; se voltea a la derecha; subiendo dos cuadras hasta llegar Jr. 13 de Julio y se llega al área de estudio.

**1.9 CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD DE LA ZONA.**

En Cajamarca, los veranos son frescos y nublados y los inviernos son cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 19 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 21 °C.

En base a la puntuación de turismo, las mejores épocas del año para visitar Cajamarca para actividades de tiempo caluroso son desde finales de abril hasta finales de junio y desde mediados de julio hasta finales de octubre.

**2. GEOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO.**

**2.2 GEODINAMICA**

Las características geológicas que presenta el departamento de Cajamarca se encuentran relacionadas a su origen formacional y a su tectónica. El Grupo Salas es el más antiguo, y corresponde al Paleozoico, Odovicico inferior.

KAOLYN INGENIEROS SAC  
*Lilian Villanueva Bazán*  
INGENIERO EN SUELOS Y PAVIMENTOS



El Grupo Goyllarisquizga del Cretácico inferior presenta areniscas, calizas y lutitas de las formaciones Chimú, Santa Carhuaz y Farrat, las mismas que presentan fracturas. Las formaciones Inca, Chulec, Pariatambo y Yumagual, Pulluicana, Quilquiñan, y Cajamarca (cretácico medio-superior) son principalmente calizas y lutitas. Los depósitos volcánicos paleógenos y neógenos se encuentran constituidos generalmente por flujos piroclásticos y de lava. Estos corresponden al Grupo Calipuy y al Volcánico Huambos.

Asimismo, existe la presencia de depósitos cuaternarios de origen aluvial, eólico, fluvial y fluvio-glaciar. Los de origen aluvial y fluvial se presentan inconsolidados y están conformados por gravas.

### 2.3 SISMICIDAD.

El territorio nacional se considera dividido en 04 zonas, Cajamarca está dividido en la zona 02 y la zona 03, la cual esta basad en la distribución espacial de la sismicidad observada según las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con distancia epicentral, así como en la información geotécnica. Los estudios realizados en el sitio son estudios de microzonificación, estos estudios están limitados al lugar del proyecto y suministran información sobre los mismos y las condiciones locales del mismo. El objetivo principal es determinar los parámetros de diseño en la zona del proyecto.

El perfil de suelo encontrado corresponde a un perfil tipo S3 donde encontramos suelos blandos, Se recomienda en los mismos que las apoyos de la estructura deberían ser diseñados con estudio propio de la cimentación (un estudio por estructura), teniendo en cuenta un el factor de seguridad de acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030) aprobada mediante Decreto Supremo 011-2006 -VIVIENDA, modificada con decreto superemo N° 003-2016-VIVIENDA.

Se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la zona de Sismicidad (Zona 3), existiendo la posibilidad de que ocurran sismos de alta intensidad. De nivel VIII en la escala Mercalli Modificada.

De acuerdo con nueva Norma Técnica NTE E-030 y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los Diseños Sismo-Resistentes, tomando parámetros, donde las fuerzas horizontales pueden calcularse de acuerdo a la relación:

$$H = \frac{Z x U x S x C x P}{Rd}$$

Dónde:

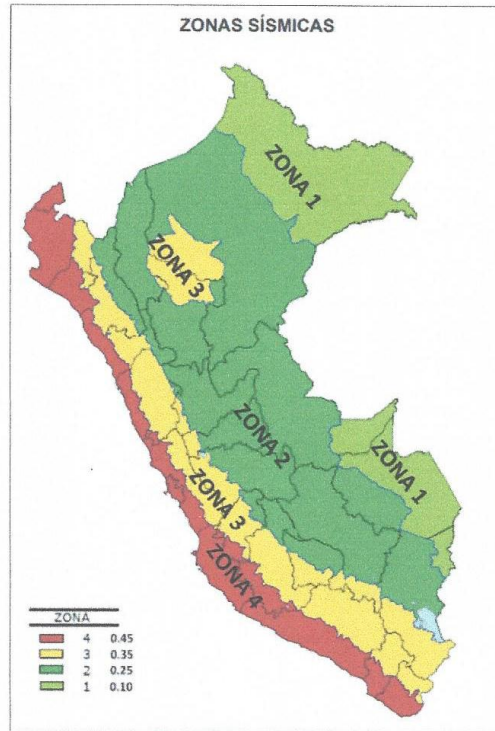
- Factor de zona (Zona 3) : Z = 0.35
- Factor de suelo.- (S3 Suelos Intermedios) : S = 1.20
- Período s : Tp = 1.0

  
**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
**INGENIERO**  
**Ing. Lilian P. Villanueva Bazan**  
**ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**CIP: 116722**





Por lo expuesto y de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, los diseños estructurales deberán ser antisísmicos.



MAPA DE ZONIFICACION.

### 3. EXPLORACIÓN EN CAMPO

Con la finalidad de caracterizar el terreno de fundación de la zona de estudio se realizó un programa de exploraciones de campo, las cuales citamos a continuación:

- Excavación manual a cielo abierto denominadas calicatas con obtención de muestras de los diferentes tipos de suelo, basados en la Norma ASTM D420
- Inspección e Identificación visual y manual de suelos, según lo estipulado en la Norma ASTM D248.

#### 3.1 CALICATAS A CIELO ABIERTO

La exploración de campo consistió en la excavación de 01 calicata ubicada en el área de la estructura proyectada. Procediendo a definir el perfil estratigráfico de la zona mediante la identificación visual y manual de suelos, a lo largo de la excavación se tomó muestras

**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
  
Ing. Lilian R. Villanueva Bazán  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS



**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.**  
**ENSAYOS FISICOS, QUIMICOS, MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO.**  
**RESOLUCION: 018207-2015/DSD**

representativas, las cuales fueron identificadas convenientemente y trasladadas al laboratorio de la empresa Kaolyn Ingenieros S.A.C.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las calicatas ejecutadas:

CALICATA	PROFUNDIDAD	ESTRATOS	N° DE MUESTRAS ALTERADAS	NIVEL FREATICO
CALICATA N° 01	0.00 m-0.05 m	-	CONCRETO	NO PRESENTA
	0.05 m - 1.00 m	E1	1	
	1.00 m - 1.50 m	E2	1	

Tabla N°01 RESUMEN DE EXCAVACIÓN DE CALICATAS

Observaciones:

- En la calicata N° 01, no se encontró napa freática.

### 3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

#### 3.2.1 ENSAYOS ESTÁNDAR

De las muestras extraídas se han realizado ensayos estándar para clasificación de suelos y la determinación de las propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo de fundación.

Los ensayos se ejecutaron siguiendo las normas ASTM (American Society For Testing and Materials). Las normas para estos ensayos son las siguientes:

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422
- ✓ Contenido de humedad ASTM D2216
- ✓ Densidad Natural ASTM D2937
- ✓ Clasificación SUCS ASTM D2487
- ✓ Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos: ASTM D4318

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado De Clasificación De Suelos (S.U.C.S), bajo la Norma A.S.T.M.D. 2487

  
  
Ing. Lilian R. Villanueva Bazan  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



Tabla N°2: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS ESTÁNDAR

Descripción	CALICATA N°01
Fecha de muestreo	03/08/2019
Codigo de muestra	KISAC - 231 - 2019
Prof. Mínima	1.50 m
Ancho de Zapata mínima	1.00 m
Tipo de Suelo	SC
Angulo de fricción interna	32
Cohesion (Kg/cm2)	0.05
Capacidad de carga de diseño.	0.97

### 3.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Se han definido los siguientes perfiles estratigráficos en la zona del Proyecto:

Según la prospección efectuada en la calicata se realizó a 1.50 m de profundidad y el análisis de las muestras extraídas, el suelo de fundación está constituido por un estrato distribuidos según especifica los perfiles estratigráficos (VER ANEXO).

#### Calicata 01

El estudio de campo se realizó el 03 de agosto del 2019. Según la prospección efectuada en la calicata de 1.50 m de profundidad y el análisis de las muestras extraídas, el suelo de fundación está constituido por dos estratos distribuidos de la siguiente forma:

Estrato I: Se encontró una piso de concreto de 0.05m. De Acuerdo al análisis granulométrico el material predominante es materia orgánica, con un espesor de 0.95 mts.

Estrato II: De acuerdo al análisis granulométrico el material predominante es Arcilla arcillosa. El color que presenta es plomo. Acorde con la Clasificación SUCS corresponde (SC) presenta un 0.00% de grava, 72% de arena y 28% de finos, con un espesor de 0.50 mts. Si presenta napa freática a 0.40 mts.

## 4. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

### 4.1. PROFUNDIDAD Y DIMENSIONES DE LAS CIMENTACIONES

Tomando en cuenta los resultados de los análisis de suelos, se proyecta la cimentación mínima con las siguientes dimensiones:

  
KAOLYN INGENIEROS SAC  
Ing. Lilian R. Villanueva Bazan  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



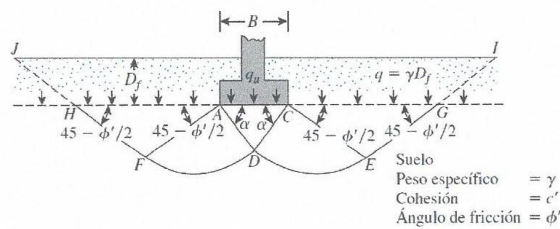


Descripcion	CALICATA N°01
Fecha de muestreo	03/08/2019
Codigo de muestra	KISAC - 370 - 2019
Prof. Minima	1.50 m
Ancho de Zapata minima	1.00 m
Tipo de Suelo	SC
Angulo de friccion interna	35
Cohesion (Kg/cm2)	0.05
Capacidad de carga de diseño.	1.3

#### 4.2. CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE EN SUELOS

Se realizará los cálculos de la capacidad admisible del terreno para una cimentación superficial.

##### TEORIA DE LA CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA SEGÚN TERZAGHI



La ecuación última de carga es la siguiente

$$q_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma \quad (\text{cimentación continua o corrida})$$

$$q_u = 1.3c'N_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma \quad (\text{cimentación cuadrada})$$

#### 4.2.1 CAPACIDAD ADMISIBLE POR RESISTENCIA

KAOLYN INGENIEROS SAC  
 Ing. Liliana R. Villanueva Bazan  
 ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS

La capacidad de carga se ha analizado usando la fórmula de Terzaghi y Peck (1967) con los parámetros de Vesic (1973).



**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
ENSAYOS FISICOS, QUIMICOS, MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO.  
RESOLUCION: 018207-2015/DSD

$$q_u = S_c C N_c + S_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q \gamma D_f N_q$$

$$q_{ad} = \frac{q_u}{F_s}$$

Dónde:

$q_u$  = Capacidad última de carga

$q_{ad}$  = Capacidad admisible de carga

FS = Factor de Seguridad = 3

$\gamma$  = Peso Unitario del Suelo

B = Ancho de cimentación

L = Longitud de Cimentación

C = Cohesión

Df = Profundidad de cimentación

$N_c, N_\gamma, N_q$  = Parámetros de capacidad portante en función de  $\phi$

$S_c, S_\gamma, S_q$  = Factores de forma

$\phi$  = Angulo de fricción

Considerando los datos obtenidos tenemos lo siguiente:

Descripcion	CALICATA N°01
Fecha de muestreo	03/08/2019
Codigo de muestra	KISAC - 370 - 2019
Prof. Minima	1.50 m
Ancho de Zapata minima	1.00 m
Tipo de Suelo	SC
Angulo de friccion interna	35
Cohesion (Kg/cm2)	0.05
Capacidad de carga de diseño.	1.3

KAOLYN INGENIEROS SAC  
  
Ing. Lilian R. Villanueva Bazan  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722





**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
ENSAYOS FISICOS, QUIMICOS, MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO.  
RESOLUCION: 018207-2015/DSD

---

Factores de seguridad: Para el cálculo de la capacidad de carga admisible, mediante métodos estáticos, a partir de la carga última, se utilizarán los factores de seguridad estipulados

Los factores de seguridad mínimos que deberán tener las cimentaciones son los siguientes:

- a) Para cargas estáticas: 3,0
- b) Para solicitud máxima de sismo o viento (la que sea más desfavorable): 2,5

Para el cálculo mediante métodos dinámicos, se utilizará el factor de seguridad correspondiente a la fórmula utilizada. En ningún caso el factor de seguridad en los métodos dinámicos será menor de 2.

KAOLYN INGENIEROS SAC  
  
INGENIEROS  
Ing. Lirhan R. Villanueva Bazan  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



**5. CONCLUSIONES**

Correlacionando la investigación de campo realizada con los resultados de los ensayos de laboratorio y según el análisis efectuado en el transcurso del informe establecemos las siguientes conclusiones:


- La zona de estudio se encuentra en el colegio SAN RAMON DE CHONTAPACCHA ubicado en el Distrito de Cajamarca, Provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca.
- La profundidad mínima de cimentación es de 1.50 metros del nivel de terreno muestreado.
- En la excavación de la calicata N° 01 no se encontró nivel freático.
- Se estableció los perfiles estratigráficos de la calicata.
- Resumen de clasificación de las muestras ensayadas son:

Descripción	CALICATA N°01
Fecha de muestreo	03/08/2019
Código de muestra	KISAC - 231 - 2019
Prof. Mínima	1.50 m
Ancho de Zapata mínima	1.00 m
Tipo de Suelo	SC
Angulo de fricción interna	32
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.05
Capacidad de carga de diseño.	0.97

- Las dimensiones mínimas para la cimentación son:

Descripción	CALICATA N°01
Fecha de muestreo	03/08/2019
Código de muestra	KISAC - 370 - 2019
Prof. Mínima	1.50 m
Ancho de Zapata mínima	1.00 m
Tipo de Suelo	SC
Angulo de fricción interna	35
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.05
Capacidad de carga de diseño.	1.3

- Los resúmenes de profundidades mínimas son:

  
**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
 Ing. Lilian R. Villanueva Bazán  
 ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP: 118722

CALICATA	PROFUNDIDAD	ESTRATOS	N° DE MUESTRAS ALTERADAS	NIVEL FREATICO
CALICATA N° 01	0.00 m - 0.05 m	-	CONCRETO	NO PRESENTA
	0.05 m - 1.00 m	E1	1	
	1.00 m - 1.50 m	E2	1	



## 6. RECOMENDACIONES

- La cimentación no deberá realizarse sobre suelos blandos o en presencia de materiales deletreos o rellenos sanitarios.
- “Pre Humectación” del Suelo: la teoría de “prehumectar” el suelo antes de la construcción está basada en el hecho de que si al suelo se le permite que se expanda antes de la construcción y si luego la humedad del suelo es mantenida, no es de esperar cambios volumétricos y por lo tanto no es esperable daños sobre la estructura.
- En caso de encontrar suelos granulares el asentamiento diferencial se puede estimar como el 75% del asentamiento total.
- Se recomienda los Rellenos Controlados son aquellos que se construyen con Material Seleccionado, tendrán las mismas condiciones de apoyo que las cimentaciones superficiales. Los métodos empleados en su conformación, compactación y control, dependen principalmente de las propiedades físicas del material. El Material Seleccionado con el que se debe construir el Relleno Controlado deberá ser compactado de la siguiente manera:
  - a. Si tiene más de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
  - b. Si tiene igual o menos de 12% de finos, deberá compactarse a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141 (ASTM D 1557), en todo su espesor.
- Elegir el tipo de cimentación más adecuada y los métodos constructivos
- Fijar el nivel de apoyo de los cimientos o las condiciones para establecerlos con precisión durante el transcurso de las obras.
- Se recomienda la eliminación del material orgánico en su totalidad y debe ser reemplazado por afirmado o material de relleno.
- No se recomienda usar terrenos arcillosos como rellenos de material propio.
- El ingeniero estructurista estará a cargo de determinar las dimensiones de la cimentación, acorde a la capacidad portante del terreno de fundación compatible con las cargas transmitidas y la norma E-060.
- Tener en cuenta el nivel de desplante, este, será calculado a nivel de terreno muestreado.
- Se recomienda realizar mejoramiento de suelo de 0.40m


  
**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
INGENIEROS  
Ing. Lilian R. Villanueva Dejan  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
ENSAYOS FISICOS, QUIMICOS, MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO.  
RESOLUCION: 018207-2015/DSD

---

**ANEXO A:**  
**ENSAYOS DE LABORATORIO**  
**DE MECÁNICA DE SUELOS**

**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
  
INGENIERA Lidian R. Villanueva Bazan  
E.C. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722

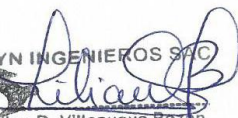








**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
ENSAYOS FISICOS, QUIMICOS, MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO.  
RESOLUCION: 018207-2015/DSD

---

## ANEXO B: ESTRATIGRAFÍA

  
KAOLYN INGENIEROS SAC  
INGENIEROS S.A.S.  
Ing. Lilian R. Villanueva Bazán  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722


		<b>DESCRIPCIÓN DE CALICATA</b>		<b>ANEXO B</b> <b>PERFIL ESTRATIGRAFICO</b>						
<b>CALICATA N°01</b>				Nombre del Proyecto : <b>"NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA"</b>						
				Fecha : 03-Ago-19 DISTRITO CAJAMARCA Y PROVINCIA DE CAJAMARCA- REGION CAJAMARCA ESTE: - NORTE: - INGENIERO: Ing. Lilian Villanueva EQUIPO: --- OPERADOR: --- NIVEL FREÁTICO: NO CONDICIONES DE LA SUPERFICIE: Se observó que la superficie esta compuesto por un material orgánico.						
				PROF. RAÍCES: -						
				Estimación Visual						
PROF. (m)	MUESTRA No.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	% SOBRETAMANO <sup>1</sup>	% GRAVA <sup>2</sup>	% ARENA <sup>2</sup>	% FINOS <sup>2</sup>	COLOR	CONSISTENCIA <sup>3</sup> O CEMENTACIÓN <sup>4</sup>	PLASTICIDAD (pp, l, m, h)	OTRAS PRUEBAS <sup>5</sup>
0.0		CONCRETO								
0.0		MATERIAL ORGANICO								
1.0		Arena Arcillosa (SC), en un 0.0% grava, arena 72 %, finos 28 %,no presenta bolonería, material de color marrón claro.	0.0 %	0 %	72 %	28 %	MARRON CLARO	-	media	-
2.0										
3.0										
4.0										
5.0										
6.0										
		 David Alexander Rojas Muñoz EC. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		 Ing. Lilian Villanueva Bazar ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722		<b>KAOLYN INGENIEROS S.A.S.</b> <b>INGENIEROS</b>				
<b>Notas:</b>		<sup>1</sup> Porcentaje > 3 pulgadas. <sup>2</sup> Suma de gravas, arenas, y finos = 100% <sup>3</sup> Para suelos de grano fino (cohesivos): muy blando, blando, firme, duro y muy duro.		<sup>4</sup> Para suelos de grano grueso (sin cohesión): débil, moderado, resistente <sup>5</sup> Penetrómetro de bolsillo, densidad <i>in situ</i> . <sup>6</sup> Estratificado, laminado, fisurado, tajado ( <i>slickensided</i> ), en bloques, lenticular, homogéneo.						



**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
ENSAYOS FISICOS, QUIMICOS, MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO.  
RESOLUCION: 018207-2015/DSD

---

## ANEXO C: PANEL FOTOGRAFICO

KAOLYN INGENIEROS SAC  
  
Ingeniero Ing. Pan R. Villanueva Bazan  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722




**KAOLYN INGENIEROS SAC**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.  
ENSAYOS FISICOS, QUIMICOS, MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO.  
RESOLUCION: 018207-2015/DSD

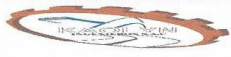
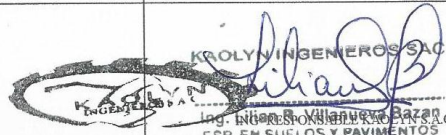
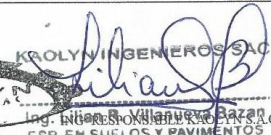
---


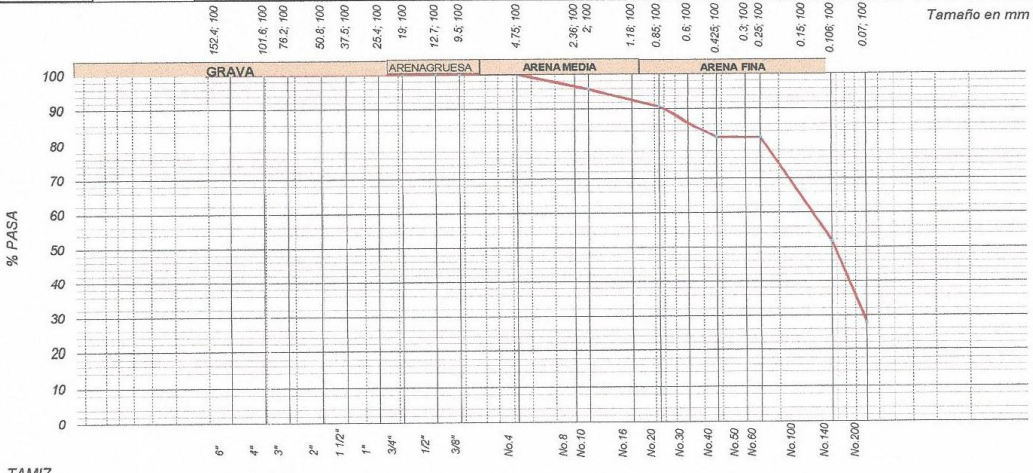

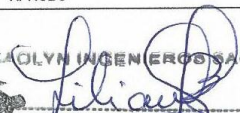


FOTOGRAFIA N° 01: SE OBSERVA LA CALICATA N° 01


KAOLYN INGENIEROS SAC  
  
INGENIERO A ÚTIL. Juan R. Villanueva Bazán  
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 116722



		<b>KAOLYN INGENIEROS S.A.C</b> Jr. PROCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450																																																	
<b>Título:</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <b>ASTM D 4643 / D 2216</b>		Código de control Nro. <b>F2-10-OC</b>																																																	
Nro de revisión: <b>2</b>		Formato-Fecha de revisión de formato: <b>1-Aug-14</b>																																																	
		Página <b>1</b> de <b>1</b>																																																	
<b>Obra:</b> "NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA"		<b>Fecha muestreo:</b> <b>03-Aug-19</b>																																																	
<b>Descripción:</b> <b>CALICATA N°01</b>		<b>Capa:</b> _____																																																	
<b>Muestreado por:</b> <b>KAOLYN INGENIEROS SAC</b>		<b>Curva No.</b> _____																																																	
<b>Solicitado por:</b> <b>ING. WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA</b>																																																			
<b>Condiciones de Secado:</b> <b>60°C / 110°C</b> <input checked="" type="checkbox"/>		<b>Método:</b> <b>Horno (O)</b> <input checked="" type="checkbox"/>																																																	
		<b>Microonda (M)</b> <input type="checkbox"/>																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra No.</th> <th colspan="3">KISAC-370-2019</th> </tr> <tr> <th>Ubicación</th> <th>E =</th> <th>N =</th> <th>C =</th> </tr> <tr> <th>Profundidad</th> <th colspan="3"></th> </tr> <tr> <th>Muestra o ensayo</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECIPIENTE No</td> <td>T-24</td> <td>T-13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pr + Ph A</td> <td>1699.3</td> <td>1546.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pr + Ps B</td> <td>1543.3</td> <td>1405.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pr C</td> <td>55.4</td> <td>54.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P. AGUA D = A - B</td> <td>156.0</td> <td>141.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ps E = B - C</td> <td>1487.9</td> <td>1350.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% DE HUMEDAD (D/E) * 100</td> <td>10.5</td> <td>10.4</td> <td><b>Promedio = 10.5</b></td> </tr> <tr> <td>CLASIFICACION SUCS</td> <td>SC</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Muestra No.	KISAC-370-2019			Ubicación	E =	N =	C =	Profundidad				Muestra o ensayo	1	2	3	RECIPIENTE No	T-24	T-13		Pr + Ph A	1699.3	1546.3		Pr + Ps B	1543.3	1405.3		Pr C	55.4	54.5		P. AGUA D = A - B	156.0	141.0		Ps E = B - C	1487.9	1350.8		% DE HUMEDAD (D/E) * 100	10.5	10.4	<b>Promedio = 10.5</b>	CLASIFICACION SUCS	SC				
Muestra No.	KISAC-370-2019																																																		
Ubicación	E =	N =	C =																																																
Profundidad																																																			
Muestra o ensayo	1	2	3																																																
RECIPIENTE No	T-24	T-13																																																	
Pr + Ph A	1699.3	1546.3																																																	
Pr + Ps B	1543.3	1405.3																																																	
Pr C	55.4	54.5																																																	
P. AGUA D = A - B	156.0	141.0																																																	
Ps E = B - C	1487.9	1350.8																																																	
% DE HUMEDAD (D/E) * 100	10.5	10.4	<b>Promedio = 10.5</b>																																																
CLASIFICACION SUCS	SC																																																		
<b>OBSERVACIONES</b> <b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE TODA LA MUESTRA.</b> <b>LAS MUESTRAS FUERON INGRESADAS POR EL SOLICITANTE</b>																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra No.</th> <th colspan="3">KISAC-370-2019</th> </tr> <tr> <th>Ubicación</th> <th>E =</th> <th>N =</th> <th>C =</th> </tr> <tr> <th>Profundidad</th> <th colspan="3"></th> </tr> <tr> <th>Muestra o ensayo</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RECIPIENTE No</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pr + Ph A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pr + Ps B</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pr C</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>P. AGUA D = A - B</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ps E = B - C</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% DE HUMEDAD (D/E) * 100</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Muestra No.	KISAC-370-2019			Ubicación	E =	N =	C =	Profundidad				Muestra o ensayo	5	6	7	RECIPIENTE No				Pr + Ph A				Pr + Ps B				Pr C				P. AGUA D = A - B				Ps E = B - C				% DE HUMEDAD (D/E) * 100									
Muestra No.	KISAC-370-2019																																																		
Ubicación	E =	N =	C =																																																
Profundidad																																																			
Muestra o ensayo	5	6	7																																																
RECIPIENTE No																																																			
Pr + Ph A																																																			
Pr + Ps B																																																			
Pr C																																																			
P. AGUA D = A - B																																																			
Ps E = B - C																																																			
% DE HUMEDAD (D/E) * 100																																																			
<b>OBSERVACIONES</b> _____																																																			
<b>PR= PESO DEL RECIPIENTE</b> <b>PH= PESO HUMEDO</b> <b>PS= PESO SECO</b>																																																			
<b>EJECUTÓ</b>		<b>APROBÓ</b>																																																	
 NOMBRE Y FIRMA		 NOMBRE Y FIRMA																																																	
FECHA		FECHA																																																	
		<b>RESULTADO</b> <input type="radio"/> CUMPLE <input type="radio"/> NO CUMPLE <input type="radio"/> NO APLICA																																																	

		<b>KAOLYN INGENIEROS S.A.C</b> Jr. PROCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450																																																																																																																														
<b>Título:</b> ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422 / C136		Código de control Nro. F3C-10-OC																																																																																																																														
Nro de revisión: 3		Formato-Fecha de revisión de formato: 01-Ago-14																																																																																																																														
Página 1 de 1																																																																																																																																
<b>Obra:</b> "NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA"																																																																																																																																
Localización X = - Y = -		Fecha muestreo: 03-Aug-19																																																																																																																														
Descripción: CALCATA N°01		Muestra No. KISAC-370-2019																																																																																																																														
Muestreado por: EL SOLICITANTE																																																																																																																																
Solicitado por: ING. WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño Tamiz</th> <th>Peso Reten. Acumulado</th> <th>% Retenido</th> <th>% Pasa</th> <th>Especif. Nivel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td>100</td></tr> <tr><td>6"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>4"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>No. 8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>0.7</td><td>4.2</td><td>95.8</td><td></td></tr> <tr><td>No. 16</td><td>1.3</td><td>7.5</td><td>92.5</td><td></td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>1.6</td><td>9.3</td><td>90.7</td><td></td></tr> <tr><td>No. 30</td><td>3.0</td><td>17.7</td><td>82.3</td><td></td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>3.0</td><td>17.9</td><td>82.1</td><td></td></tr> <tr><td>No. 50</td><td>3.0</td><td>18.0</td><td>82.0</td><td></td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>3.1</td><td>18.0</td><td>82.0</td><td></td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>4.2</td><td>24.5</td><td>75.5</td><td></td></tr> <tr><td>No. 140</td><td>8.2</td><td>48.2</td><td>51.8</td><td></td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>12.2</td><td>72.0</td><td>28.0</td><td></td></tr> <tr><td>Platillo</td><td>12.3</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tamaño Tamiz	Peso Reten. Acumulado	% Retenido	% Pasa	Especif. Nivel	8"	0.0	0.0	100.0	100	6"	0.0	0.0	100.0		4"	0.0	0.0	100.0		3"	0.0	0.0	100.0		2"	0.0	0.0	100.0		1 1/2"	0.0	0.0	100.0		1"	0.0	0.0	100.0		3/4"	0.0	0.0	100.0		1/2"	0.0	0.0	100.0		3/8"	0.0	0.0	100.0		1/4"	0.0	0.0	100.0		No. 4	0.0	0.0	100.0		No. 8					No. 10	0.7	4.2	95.8		No. 16	1.3	7.5	92.5		No. 20	1.6	9.3	90.7		No. 30	3.0	17.7	82.3		No. 40	3.0	17.9	82.1		No. 50	3.0	18.0	82.0		No. 60	3.1	18.0	82.0		No. 100	4.2	24.5	75.5		No. 140	8.2	48.2	51.8		No. 200	12.2	72.0	28.0		Platillo	12.3				Cantidad de suelo que pasa el tamiz No. 4 (Compactación AASHTO): [1-contenido de humedad (-No.4)(100*(6000g ó 13.231 lb))(-No. 4)](-2%)	
Tamaño Tamiz	Peso Reten. Acumulado	% Retenido	% Pasa	Especif. Nivel																																																																																																																												
8"	0.0	0.0	100.0	100																																																																																																																												
6"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
4"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
3"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
2"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
1 1/2"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
1"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
3/4"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
1/2"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
3/8"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
1/4"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
No. 4	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
No. 8																																																																																																																																
No. 10	0.7	4.2	95.8																																																																																																																													
No. 16	1.3	7.5	92.5																																																																																																																													
No. 20	1.6	9.3	90.7																																																																																																																													
No. 30	3.0	17.7	82.3																																																																																																																													
No. 40	3.0	17.9	82.1																																																																																																																													
No. 50	3.0	18.0	82.0																																																																																																																													
No. 60	3.1	18.0	82.0																																																																																																																													
No. 100	4.2	24.5	75.5																																																																																																																													
No. 140	8.2	48.2	51.8																																																																																																																													
No. 200	12.2	72.0	28.0																																																																																																																													
Platillo	12.3																																																																																																																															
		Cantidad de suelo entre los tamices 3/4 y N°4 (Compactación AASHTO): 1.01*(6000 ó 13.231 lb)](-2%)-(No.4)](-2%)																																																																																																																														
		Condiciones de Secado y Lavado del suelo Retenido en la malla N° 4 Secado a 110°C sin lavar.																																																																																																																														
		Peso suelo húmedo que pasa (g) <b>1210.4</b>																																																																																																																														
		Peso suelo seco que pasa (g) <b>875.2</b>																																																																																																																														
		Peso suelo seco retenido (g) <b>0.0</b>																																																																																																																														
		Peso suelo seco total (g) <b>875.2</b>																																																																																																																														
		OVER= 0.0 % CLASIFICACIÓN SUCS: CU= -																																																																																																																														
		GRAVA= 0 % SC Cc= -																																																																																																																														
		ARENA= 72 % CLASIFICACIÓN AASHTO: COLOR:																																																																																																																														
		FINOS= 28 % A-2-6 MARRON CLARO																																																																																																																														
DESCRIPCIÓN:		Arena arcillosa																																																																																																																														
Contenido de humedad de la fracción de Suelo que pasa la malla N° 4		% de suelo seco que pasa la malla No. 200																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No. Tara</th> <th>T-3</th> <th>No. Tara</th> <th>T-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Peso Húmedo + Tara</td><td>80.4</td><td>Peso Seco + Tara</td><td>73.9</td></tr> <tr><td>Peso Seco + Tara</td><td>73.9</td><td>P. Seco Lavado + Tara</td><td>69.1</td></tr> <tr><td>Peso de Tara</td><td>56.9</td><td>Peso de Tara</td><td>56.9</td></tr> <tr><td>Peso del Agua</td><td>6.5</td><td>Suelo Seco (-No. 200) g</td><td>4.8</td></tr> <tr><td>Peso Seco</td><td>17.0</td><td>Suelo Seco (+No. 200) g</td><td>12.2</td></tr> <tr><td>Cont. de humedad %</td><td>38.3</td><td>Suelo Seco (-No. 200) %</td><td>28.0</td></tr> </tbody> </table>		No. Tara	T-3	No. Tara	T-3	Peso Húmedo + Tara	80.4	Peso Seco + Tara	73.9	Peso Seco + Tara	73.9	P. Seco Lavado + Tara	69.1	Peso de Tara	56.9	Peso de Tara	56.9	Peso del Agua	6.5	Suelo Seco (-No. 200) g	4.8	Peso Seco	17.0	Suelo Seco (+No. 200) g	12.2	Cont. de humedad %	38.3	Suelo Seco (-No. 200) %	28.0																																																																																																			
No. Tara	T-3	No. Tara	T-3																																																																																																																													
Peso Húmedo + Tara	80.4	Peso Seco + Tara	73.9																																																																																																																													
Peso Seco + Tara	73.9	P. Seco Lavado + Tara	69.1																																																																																																																													
Peso de Tara	56.9	Peso de Tara	56.9																																																																																																																													
Peso del Agua	6.5	Suelo Seco (-No. 200) g	4.8																																																																																																																													
Peso Seco	17.0	Suelo Seco (+No. 200) g	12.2																																																																																																																													
Cont. de humedad %	38.3	Suelo Seco (-No. 200) %	28.0																																																																																																																													
																																																																																																																																
OBSERVACIONES: MUESTRA INTEGRAL AL 100% PARA EL ENSAYO. LAS MUESTRAS FUERON INGRESADAS POR EL SOLICITANTE																																																																																																																																
EJECUTÓ		APROBÓ																																																																																																																														
																																																																																																																																
NOMBRE Y FIRMA: Muñoz		NOMBRE Y FIRMA: 116722																																																																																																																														
FECHA		FECHA																																																																																																																														
RESULTADO: CUMPLE		<input type="radio"/> NO CUMPLE																																																																																																																														
<input type="radio"/> NO APLICA																																																																																																																																





**KAOLYN INGENIEROS S.A.C**  
 Jr. PROCERES N° 128- CAJAMARCA  
 Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450

---

**Título:** LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318 Código de control Nro. F1-10-0C

**Nro de revisión:** 1 Formato-Fecha de revisión de formato: 1-Aug-14 Página 1 de 1

---

**Obra:** "NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA" Fecha muestreo: 03-Aug-19

**Localización:** E = \_\_\_\_\_ N = \_\_\_\_\_ Cota m.s.n.m. \_\_\_\_\_ Capa (m) \_\_\_\_\_

**Descripción:** CALICATA N°01 Curva No. \_\_\_\_\_

**Muestra No.:** KISAC-370-2019

**Solicitado por:** ING. WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA

**Muestreado por:** KAOLYN INGENIEROS SAC

---

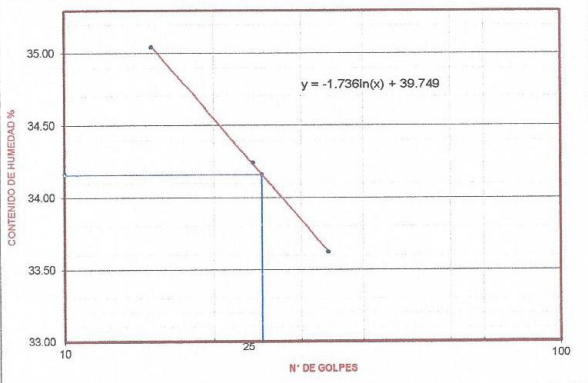
**LÍMITES DE CONSISTENCIA**

**LÍMITE LÍQUIDO**

Muestra o ensayo	1	2	3	4
No DE GOLPES	15	24	34	
RECIPIENTE No	H-9	H-2	H-1	
Pr + Ph	48.47	39.47	38.94	
Pr + Ps	42.12	35.84	35.06	
P. AGUA	6.35	3.63	3.88	
Pr	24.00	25.24	23.52	
Ps	18.12	10.60	11.54	
% DE HUMEDAD	35.04	34.25	33.62	

**LÍMITE PLÁSTICO**

RECIPIENTE No	H-5	H-10	
Pr + Ph	29.31	28.90	
Pr + Ps	28.22	27.84	
P. AGUA	1.09	1.06	
Pr	23.38	22.68	
Ps	4.84	5.16	Promedio= 21.5
% DE HUMEDAD	22.52	20.54	



HUMEDAD NATURAL %: 10.5

LÍMITE LÍQUIDO %: 34.2

LÍMITE PLÁSTICO %: 21.5

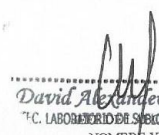
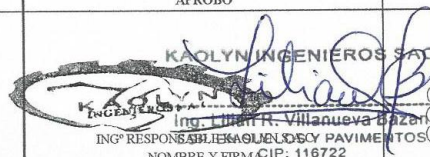
ÍNDICE DE PLASTICIDAD %: 13


No. Golpes	Factor K
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS FUERON INGRESADAS POR EL SOLICITANTE

---

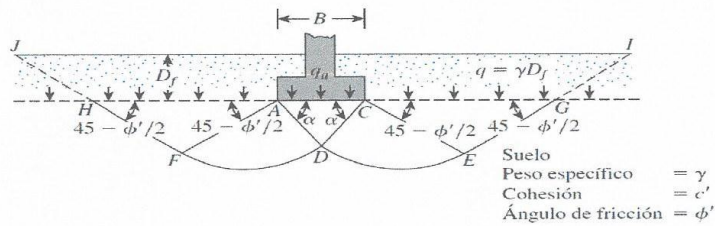
PR= PESO DEL RECIPIENTE	TEMPERATURA DE SECADO	AGUA USADA
PH= PESO HUMEDO	PREPARACION DE LA MUESTRA	DESTILADA
PS= PESO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD	POTABLE
	60° C	OTRA
	110° C	

EJECUTÓ	APROBÓ	RESULTADO
 David Alexander Rojas Muñoz T.C. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO NOMBRE Y FIRMA	 KAOLYN INGENIEROS S.A.C. Ing. Lilian R. Villanueva Bazen ING° RESPONSABLE DE LOS SERVICIOS DE PAVIMENTOS NOMBRE Y FIRMA CIP: 116722	CUMPLE NO CUMPLE NO APLICA
FECHA	FECHA	

 <b>KAOLYN INGENIEROS S.A.C</b> Jr. PRÓCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450		
<b>Título:</b>	<b>CAPACIDAD PORTANTE ASTM D 422 / C136</b>	<b>Código de control Nro. F3C-10-OC</b>
<b>Nro de revisión:</b> 3	<b>Fecha de revisión:</b> 01-Ago-14	<b>Página</b> 1 <b>de</b> 1

<b>Obra :</b>	<b>"NIVEL DE DESEMPEÑO SISMICO DEL EDIFICIO N°01 DE LA INSTITUCION EDUCATIVA SAN RAMON (ANEXO CHONTAPACCHA) CONSIDERANDO LA INTERACCION SUELO ESTRUCTURA"</b>		
<b>Localización E =</b>	-	<b>N =</b>	-
<b>Descripción:</b>	CALICATA N°01		
<b>Solicitado por:</b>	ING. WALDIR MANUEL URTEAGA LOAYZA	<b>Muestreado por:</b>	SOLICITANTE

**TEORIA DE LA CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA SEGÚN TERZAGHI**



La ecuación última de carga es la siguiente

$$q_u = c' N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \quad (\text{cimentación continua o corrida})$$

$$q_u = 1.3c' N_c + q N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad (\text{cimentación cuadrada})$$

<b>Datos:</b>			
Ángulo de fricción interna (°)	=	35.0	$N_c, N_q, N_\gamma$ : Factores de capacidad
Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	=	0.05	
Porcentaje de humedad (%)	=	10.5	$N_c = 20.76$
Densidad natural (gr/cm <sup>3</sup> )	=	2.190	$N_q = 10.69$
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	=	1.982	$N_\gamma = 8.15$

**\* PARA CIMENTACION CUADRADA**

Ancho = 1.00 m
Prof. = 1.50 m
$F_s = 3.0$
$q_h = 38.84 \text{ tn/m}^2$
$q_{adm} = 12.95 \text{ tn/m}^2$
$q_{adm} = 1.30 \text{ Kg/cm}^2$

**\* PARA CIMENTACION CORRIDA**

Ancho = 1.00 m
Prof. = 1.50 m
$F_s = 3.0$
$q_h = 40.32 \text{ tn/m}^2$
$q_{adm} = 13.44 \text{ tn/m}^2$
$q_{adm} = 1.34 \text{ Kg/cm}^2$

EJECUTO	APROBÓ	RESULTADO
 David Alexander Rojas Muñoz <small>NOMBRE Y FIRMA</small> <small>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASEALTO</small>	 KAOLYN INGENIEROS S.A.C Ing. Elian R. Villanueva Bazán <small>NOMBRE Y FIRMA</small> <small>ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS</small> <small>G.P. 116722</small>	CUMPLE NO CUMPLE NO APLICA
<small>FECHA</small>	<small>FECHA</small>	