UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un Edificio de Cinco Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Perú-2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL

AUTORAS:

Guzmán Lazaro, Yelitza Milagros (orcid.org/0000-0001-5974-7510)

Torres Panduro, Melenita (orcid.org/0000-0003-2646-7277)

ASESOR:

Mag. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (orcid.org/ 0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA — PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi familia por apoyarme en todo momento para que pueda seguir avanzando en mi Carrera profesional, dándome los ánimos para seguir adelante. A todas las personas que luchan por superarse cada día.

Torres Panduro Melenita

A Dios quien supo guiarme por la senda correcta, a mi familia por creer, apoyarme, darme las fuerzas para seguir y no desmayar en el camino de esa manera conseguir mis objetivos.

Guzmán Lázaro Yelitza Milagros

Agradecimiento

A Dios por sobre todas las cosas quien nos presta la vida para seguir adelante. A nuestra familia que nos brindan su apoyo incondicional. A nuestro asesor Sigüenza Abanto Robert Wilfredo por las enseñanzas brindadas y a todas las personas que de alguna manera y forma nos apoyaron en el desarrollo de nuestro proyecto de tesis.

Los autores

Índice de Contenidos

Caratula ……i

Dedicatoria ……..ii

Agradecimiento ……..iii

Índice de contenido ……...iv

Índice de tablas ……..vi

Índice de Gráficos.....vi

RESUMEN viii

ABSTRACT ix

I INTRODUCCIÓN 1

II MARCO TEÓRICO 6

III METODOLOGÍA 16

3.1 Tipo y Diseño de investigación 17

3.2 Variables y operacionalización 18

3.3 Población, Muestra y Muestreo 19

3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos. 19

3.5 Procedimientos 20

3.6 Método de análisis de datos 21

3.7 Aspectos éticos 21

IV RESULTADOS 22

VI CONCLUSIONES 66

VII RECOMENDACIONES 70

REFERENCIAS 72

ANEXOS 75

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de la vulnerabilidad. 12

Tabla 2. Cuadro de operacionalización de las variables 18

Tabla 3. Sismos de Diseño para edificios – Comité Visión 2000. 23

Tabla 4. Aceleraciones Espectrales en la Ciudad de Cusco. 23

Tabla 5. Parámetros de Diseños 25

Tabla 6. Parámetros de Diseños 26

Tabla 7. Ensayo de corte directo -ASTM D3080 -72 26

Tabla 8. Capacidad portante del suelo 26

Tabla 9. Relaciones de participación de la Masa 36

Tabla 10. Tabla de Reacciones en la Base 38

Tabla 11. Comprobación del Peso Propio 39

Tabla 12. Períodos Fundamentales 39

Tabla 13. Factores de Corrección 39

Tabla 14. Corte Basal y Desplazamiento 40

Tabla 15. Combinaciones de Carga 413

Tabla 16. Derivas en Dirección X 43

Tabla 17. Derivas en Dirección Y 44

Tabla 18. Desempeño de Edificios Comunes, Esenciales y de Seguridad Crítica 45

Tabla 19. Aceleraciones Pico y Comportamiento en Edificios Comunes 51

Tabla 20. Coordenadas Curva Capacidad en X 51

Tabla 21. Coordenadas Curva Capacidad en Y 51

Tabla 22. Resultado Análisis Modal, R=3 56

Tabla 23. Periodos Fundamentales y Porcentajes de Participación, R=3 57

Tabla 22. Corte Basal Corregido, R=3 57

Índice de Gráficos

Figura 1. Aceleraciones Máximas en la Ciudad de Cusco 24

Figura 2. Correlaciones para Diferentes Períodos de Retorno 25

Figura 3. Ensayo de Límite de Consistencia 27

Figura 4. Ensayo de Granulometría..... 28

Figura 5. Secado de las Muestras 29

Figura 6. Espectro elástico 30

Figura 7. Espectro Ro de 8 de Diseño..... 30

Figura 8. Espectro Ro de 2 de Ocasional 31

Figura 9. Espectro Ro de 3 de Frecuente..... 31

Figura 10. Planta típica de Arquitectura 32

Figura 11. Modelo de Geometría de la Estructura..... 32

Figura 12. Patrones de Cargas..... 33

Figura 13. Casos de Cargas..... 33

Figura 14. Definición de la fuente de 34

Figura 15. Definición de los Diafragmas Rígidos..... 34

Figura 16. Asignación de la Sobrecarga Permanente 35

Figura 17. Asignación de la Carga 35

Figura 18. Desplazamiento en Y, Modo 1 37

Figura 19. Desplazamiento en X, Modo 2 37

Figura 20. Desplazamiento en X, Modo 2 38

Figura 21. Curvas Bilineales Dirección X 40

Figura 22. Curvas Bilineales Dirección Y 41

Figura 23. Acero Longitudinal Vista 3D 42

Figura 24. Acero Longitudinal Nivel N1+2,88 Mas Desfavorable 42

Figura 25. Elevación Sección 2 Mas Desfavorable 43

Figura 26. Derivas en Dirección X..... 44

Figura 27. Derivas en Dirección Y 45
Figura 28. Rotulas Plástica en la Dirección x 47
Figura 29. Rotulas planta Nivel 1, en la Dirección X, más Desfavorable 47
Figura 30. Rotulas Plástica en la Dirección Y; según Comité Visión 48
Figura 31. Rotulas Plástica en la Dirección Y; según FEMA 440 48
Figura 32. Curva de Capacidad Final PUSHOVER en X 49
Figura 33. Curva de Capacidad Final PUSHOVER en Y 49
Figura 34. Curva de Capacidad y Bilineales en la Dirección X 50
Figura 35. Curva de Capacidad y Bilineales en la Dirección Y 50
Figura 36. FEMA 440 con PUSHOVER X y espectro R=1 51
Figura 37. FEMA 440 con PUSHOVER X y espectro R=8, Diseño 52
Figura 38. FEMA 440 con PUSHOVER X y espectro R=3, Sismo Frecuente 52
Figura 39. FEMA 440 con PUSHOVER X y espectro R=2, Sismo Ocasional 53
Figura 40. Secciones Originales Revisión Diseño, Revisión 3D 54
Figura 41. Secciones Originales Revisión Diseño, Elevación 1 54
Figura 42. Secciones Modificadas Revisión del Diseño, Revisión 3D 55
Figura 43. Secciones Modificadas Revisión del Diseño, Planta Baja 55
Figura 44. Secciones Modificadas Revisión del Diseño, Planta Baja 56
Figura 45. Derivas en Dirección X, R=3 57
Figura 46. Derivas en Dirección Y, R=3 57
Figura 47. Curva de Capacidad y Bilineales Dirección X, R=3 60
Figura 48. Curva de Capacidad y Bilineales Dirección Y, R=3 61

RESUMEN

La presente investigación titulada evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio de cinco niveles utilizando sap2000 y cypecad en cusco perú-2022 pretende analizar las debilidades en estructuras a fin de encontrar y proponer soluciones a fallas presentes, el tipo de investigación es aplicada con un diseño no experimental y un nivel descriptivo, las variables son el diseño de los elementos estructurales y el análisis sísmico, la muestra la representa edificaciones de concreto armado de cinco pisos de uso familiar en la provincia de cusco, se propone un rediseño estructural con la geometría del edificio y sus cargas para un factor de reducción (R=3) debido a que al revisar la estructura las columnas hasta el tercer piso y algunas vigas de carga poseen excesos de acero de refuerzo, en vista de esto las columnas se cambiaron de 50x70 cms a 70x90 cms, y las vigas de carga de 30x50 cms a 40x60 cms. Finalmente se debe actualizar las normativas sismorresistentes para el diseño de estructura para incorporar los análisis de comportamiento no lineales. Además, Si no es posible el reforzamiento, se deberán aligerar las edificaciones al máximo, y realizar las revisiones sísmicas periódicas.

Palabras claves: Sismo, Estructura, Vulnerabilidad, investigación, Análisis

ABSTRACT

This research entitled seismic vulnerability assessment of a 5-story building using sap2000 and cypecad in Cusco Peru-2022 aims to analyze the weaknesses in structures in order to find and propose solutions to present failures, the type of research is applied with a non-experimental design and a descriptive level, the variables are the design of the structural elements and seismic analysis, The sample represents reinforced concrete buildings of 5 stories for family use in the province of Cusco, a structural redesign is proposed with the geometry of the building and its loads for a reduction factor (R=3) because when reviewing the structure the columns up to the third floor and some load beams have excess reinforcing steel, in view of this the columns were changed from 50x70 cms to 70x90 cms, and the load beams from 30x50 cms to 40x60 cms. Finally, the seismic-resistant regulations for the design of the structure must be updated to incorporate nonlinear behavior analysis. In addition, if reinforcement is not possible, buildings should be lightened as much as possible, and periodic seismic revisions should be carried out.

Key words: Earthquake, Structure, Vulnerability, research, Analysis.

I INTRODUCCIÓN

El arte y la técnica de construir edificios de cualquier fin educativo, salud o vivienda están sujetos a, si la estructura es o no segura para sus habitantes, en un país donde han ocurrido gran variedad de sismos los estudios de vulnerabilidad de los edificios se han vuelto imprescindibles debido a la magnitud de daños que pueden ocasionar dichos sismos sobre una edificación. Gracias a la reestructuración y rehabilitación se puede lograr que algunas estructuras no sean vulnerables, el objetivo es aumentar su resistencia, ductilidad, lograr una distribución adecuada de las masas a fin de disminuir los desplazamientos que afectan los diferentes elementos que conforman la estructura tanto en la planta como en la altura.

De este modo, se busca comprender como se comporta una estructura que esta o estará sometida a diferentes eventos en su vida útil, los principales factores que afecta la estabilidad de una estructura se deben a los aspectos geológicos o naturales, si la ubicación de la misma se encuentra en fallas geológicas o cerca fuentes hídricas que puedan producir inundaciones, también se considera el empuje de viento, o falta de planificación en su construcción. (Molina y Osorio, 2004).

Esta investigación tiene como finalidad encontrar las debilidades en la estructura para proponer soluciones a una problemática y a las fallas, antes de que puedan generar un impacto negativo. Gran porcentaje de las construcciones están en zonas que se encuentran sometidas a la acción de un diverso número de amenazas naturales, si a esto le sumamos la vulnerabilidad de algunas estructuras seria incontable y elevado el costo de los daños que se ocasionan, hablando de pérdidas que pueden ser humanas y es aquí donde se categoriza a estas zonas como de alto riesgo.

El Perú se encuentra integrado en el cinturón de fuego del Pacífico, por lo que la actividad sísmica es bastante frecuente (Kuroiwa, 2002). Por esta razón es necesario que las edificaciones estén hechas de materiales de calidad que impidan los derrumbes, sin embargo, el crecimiento poblacional junto con la informalidad en los procesos constructivos de viviendas ha generado que un gran número de personas construyan sus viviendas exponiéndose constantemente a un accidente fatal si ocurre un sismo de elevado nivel de magnitud.

Cabe resaltar, que la Sociedad Geológica del Perú (SGP), 2019 Expresa, que uno de los países con mayor potencial sísmico es Perú, debido a que se encuentra y forma parte del cinturón de fuego del pacifico, esta región se distingue por que la tierra libera más de 80% de la energía ahí acumulada debido a los procesos de convección, se establece que un gran porcentaje de los sismos alcanzan magnitudes de hasta 6.5 en la escala de Richter y con frecuencia suceden en zonas como San Martin, Ancash, Junín, Ayacucho, Arequipa y Cuzco.

En relación con este tema, Perú específicamente en la ciudad de Cusco En las zonas sísmicas existen edificaciones cuyo diseño está orientado a evitar que el mismo se colapse cuando hay eventos naturales pretendiendo resguardar las vidas que ocupan estas edificaciones y cualquier otra que se encuentre en sus cercanías.

En el mismo orden de ideas, es importante señalar que el crecimiento de la población ha incrementado el uso de viviendas verticales es decir a viviendas multifamiliares, edificios, condominios o similares, en el 2017 según censo se establece que la tendencia de este tipo de viviendas es en aumento, con respecto a los registros del 2007 aumenta un 116% lo que indico más de 12mil nuevos departamentos pertenecientes solo al distrito de Cuzco.

En consecuencia, por consecuente un mejor diseño en la construcción de estas estructuras, así como el estudio de su comportamiento puede reducir el número de pérdidas que se establece en estos eventos naturales, para ello es necesario una evaluación del comportamiento sísmico de la estructura a fin de determinar la vulnerabilidad de la misma.

En este sentido en la actualidad para realizar la evaluación de una edificación se utilizan softwares estructurales tales como el SAP2000 y el CYPECAD que permitan una buena evaluación. entre otras herramientas, que modelan, evalúan y dimensionan el más amplio conjunto de problemas que pueda presentar la edificación.

Debido a esta situación, es necesario la realización de una evaluación de comportamiento estructural y de vulnerabilidad sísmica de edificaciones principalmente cuando estas superan los 3 niveles de altura, razón por la cual este estudio se enfoca en evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación multifamiliar en ejecución de 5 pisos de concreto armado utilizando los Softwares Sap2000 y CYPECAD en la ciudad de Cusco.

De estas premisas, nace el problema general, ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto armado de cinco niveles de uso multifamiliar utilizando el software Sap2000 y CYPECAD ubicado en la Cuidad de Cusco Perú? En los problemas específicos en primera parte se encuentra ¿Cuáles son las solicitaciones sísmicas y de uso de la edificación? Seguido de ¿Cuál es el análisis sismorresistente por el método dinámico no lineal de la edificación de cinco pisos? Y finalmente ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica por el método dinámico no lineal de acuerdo a la Norma E.030 del edificio familiar de concreto armado?

La construcción de edificios se justifica como parte de la necesidad de satisfacer los diferentes sectores de una población, al proveer vías de acceso, vivienda, lugares de esparcimiento y lugares de trabajo; cuidando también que estos espacios sean agradables, funcionales, pero sobre todo construir edificios seguros impuesto por normativas, pero guiada por la lógica de cualquier constructor, de nada sirve una vivienda que no es segura o con espacios que no sean confortables.

De forma teórica al diseñar estructuras de concreto armado se pueden presentar innumerables fallas en sus principales elementos, colapsos parciales y totales son consecuencia de una evaluación sismo-resistente no adecuado. Por esta razón, profesionales a lo largo de los años han implementado gran variedad de metodologías y mejoras continuas al diseño de las edificaciones, desde pruebas a sus elementos como el estudio del comportamiento de un edificio frente a una acción sísmica de acuerdo a su estructura, esto con el único fin de resguardar las vidas que se encuentren dentro y alrededor de estas edificaciones.

En este orden como justificación Técnica, Perú por estar ubicada en zona sísmica se ve en la necesidad de implementar análisis y estudios al comportamiento de sus edificios y a futuras construcciones. Es necesario determinar una serie de factores y estudios y es que toda estructura debe tener la mayor cantidad de líneas de defensa; y que todos sus sistemas estén interconectados entre sí, con el único fin de evitar deformaciones o el colapso total de la estructura. El estudio de vulnerabilidad sísmica de un edifico comprende todos estos elementos de una estructura y analiza su comportamiento ante diferentes cargas o factores que intervengan en la estabilidad del edificio, de aquí parte la importancia de esta investigación que sirve como sustento y contribución a problemáticas similares.

Esta investigación tiene como justificación económica, encontrar las debilidades en el comportamiento estructural que permitan proponer soluciones factibles y económicas a edificaciones de altura en la ciudad de cusco, antes de que puedan generar un impacto negativo y pérdidas económicas. Esta pretende desarrollar contribuciones a problemáticas similares sirviendo de apoyo y conocimiento valido y responsable a la construcción de edificaciones multifamiliares de cinco pisos de concreto armado en la ciudad de Cusco.

De manera Social, La construcción de edificios parte de la necesidad de satisfacer los diferentes sectores de una población en el caso de Cusco se establece la necesidad de aprovechar el espacio vertical debido al nivel poblacional en aumento y el desarrollo dentro del aspecto económico, este desarrollo va ligado a la construcción es decir, vivienda, vías de acceso, parques, y espacios de trabajo; donde también se considera lo agradable de estos espacios, funcionales, pero sobre todo construir edificios seguros impuesto por normativas, pero guiada por la lógica de cualquier constructor, de nada sirve una vivienda que no es segura o con espacios que no sean confortables.

Expuesto lo anterior el objetivo general es evaluar la vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto armado de cinco niveles de uso multifamiliar utilizando el software Sap2000 y CYPECAD ubicado en la Cuidad de Cusco Perú-2022. Desglosado en 3 objetivos específicos respectivamente. Determinar las solicitaciones sísmicas y de uso de la edificación. Realizar el análisis sismorresistente por el método dinámico no lineal de la edificación multifamiliar de cinco pisos y Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica por el método dinámico no lineal de acuerdo a la Norma E.030 del edificio familiar de concreto armado.

Finalmente se definieron las hipótesis general y 3 hipótesis específicas, teniendo como hipótesis general: Se logra evaluar la vulnerabilidad sísmica de la edificación multifamiliar de cinco pisos mediante la utilización del SAP2000 y CYPECAD. Y las hipótesis específicas. Primera, las solicitaciones sísmicas y de uso de la edificación son numéricamente aceptables, segunda, el análisis sismorresistente muestra irregularidades a través del método no lineal y ultima, La evaluación de la vulnerabilidad sísmica por el método dinámico no lineal demuestra que no se cumple la Norma E.030.

II MARCO TEÓRICO

En la presente investigación se tomaron en cuenta las siguientes investigaciones a nivel internacional Flores, (2021) en su artículo científico donde explica la forma de evaluación a una edificación sin previos cálculos estructurales sismo-resistente, donde se determina si esta se encuentra en capacidad de soportar de forma un terremoto; la cual fue realizada a partir de determinar la forma en cómo se comporta y el nivel de desempeño de la estructura, así como también de los valores obtenidos por medio del método denominado: “de un estudio Estático No Lineal Pushover”. Para la ejecución de este proceso fue requerido una información de inicio como: el dimensionamiento de los elementos que componen la estructura; planos de armadura, entre otros. “Seguidamente, se ejecutó el modelaje al cual es asignado la carga espectral y se realizó el respectico análisis bajo la aplicación de los softwares SAP2000, ETABS y Microsoft Excel”, donde se obtuvo como resultado el aporte una base de información fiable para futuros proyectos de construcciones para la zona de estudio.

También se tomó en cuenta a Cabrera & Torres, (2016) Elaboraron un trabajo de graduación en la universidad del Azuay en Cuenca Ecuador, estudiando la forma en la que se comporta estructuralmente diferentes edificaciones, que varían de acuerdo a su alto, cantidad de elementos resistentes, iluminación, regularidad en planta es decir, alturas y muros de corte externos e internos. En primera instancia fue realizado un análisis lineal de todos los modelos que fueran proyectados con utilización del software estructural CYPECAD, en el que se halló y se compararon los primeros elementos para diseñar de forma sismo-resistente; seguidamente fueron clasificadas las construcciones de acuerdo a la forma en la que se comportan estructuralmente. Para de forma final realizar un análisis no lineal de los modelos previos clasificados con aplicación del programa estructural SAP2000.

Del mismo modo Velásquez (2016), en su trabajo ante la universidad de Los Andes, en Bogotá Colombia, propusieron una metodología sólida y consistente, para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones ante un evento sísmico. Para este control consideró variables como: criterios de selección de indicios sísmicos, que representen la sismología y geotécnica del área geográfica en cuestión; modelos 3D de la construcción y su estimación de la respuesta

dinámica, mediante análisis no lineal simple; creación de un modelo de vulnerabilidad de componentes estructurales y no estructurales, con sus respectivos costos y tiempo de reactivación. Por otra parte, considera una metodología que contribuye a la unificación de pérdidas económicas y sus factores de incertidumbre. Los resultados metodológicos demostraron que las funciones de vulnerabilidad son específicas para cada tipo de construcción y concuerdan con las pérdidas económicas esperadas y el grado de intensidad sísmica. Esta metodología fue probada en construcciones escolares de Perú, las cuales emplearon entre sus componentes estructurales concreto armado y pórtico resístete a movimientos sísmicos.

Así mismo Dalfaro et al., (2016) En su proyecto ante la universidad politécnica de Cartagena España estudiaron el comportamiento no lineal mediante análisis pushover, de casos prácticos de sistemas de refuerzo, adaptados a los métodos constructivos actuales del reino de España, que se aplican a una edificación de este tipo, donde se encuentran alteraciones y modificaciones en la altura de la edificación y así abarque todas las situaciones comunes en el proceso constructivo residencial en el contexto de la ciudad de Murcia. Utilizando un proceso de modelado para el análisis estático no lineal con el programa SAP2000 y obteniendo análisis tanto de los modelos originales en sus tres variantes de alturas, nueve niveles, seis niveles, y 3 niveles y en cada diseño se incorporaron los 3 parámetros de refuerzos aplicados. Finalmente se obtuvieron como resultados para cada tipología relacionándolos en cada caso con las demás alternativas propuestas.

En este mismo orden se considera las investigaciones a nivel nacional como la de Saldaña & Villanueva (2021), en su estudio de grado ante la universidad privada Antenor Orrego, evaluaron la estructura de un edificio multifamiliar, ubicado en Monserrate Trujillo, para determinar su vulnerabilidad sísmica y riesgos estructurales, mediante el método de Benedetti-Petrini. El estudio consideró trabajo de campo y ensayo de esclerometría, donde los componentes de mayor importancia fueron vigas y columnas, calculados mediante programa de modelamiento ETABS. Los resultados muestran que el edificio es frágil y está expuesto a daño sísmico severo. También se evaluaron 11 parámetros que

muestran las condiciones habitacionales y estado de conservación del edificio, mostrando un índice de vulnerabilidad baja.

En este sentido Quispe (2021), en su investigación de grado ante la Universidad Cesar Vallejo, presentó un análisis de una construcción de concreto armado, ubicada en Juliaca-Puno, empleando un sistema Diagrid que considera un método dinámico no lineal, para optimizar la eficiencia del comportamiento sísmico. Los resultados muestran desplazamientos máximos (deriva) en el piso seis, en el eje X-X con 0.00453 cm y en la dirección Y-Y de 0.00503 cm, y amortiguamiento estructural máximo de 6.67%, mediante el sistema estructural diagrid. La investigación muestra que concluye con el comportamiento sísmico de dicha construcción varia reduciendo la deflexión lateral, incrementando su amortiguamiento estructural y su resistencia en la cortante basal.

Así mismo Febres y Ñahuis, (2019) Realizaron una tesis en la ciudad de Lima donde tuvieron como intención la verificación del programa estructural Cypecad para la validez de sus resultados en comparación con otros softwares utilizados y renombrados en el mercado como el ETABS. Este proyecto investigativo tuvo un alcance exploratorio, comparativo y explicativo. Donde se obtuvo como disertación que Cypecad, trabaja con el espectro elástico mientras que el software Etabs se encuentra enfocado en un espectro inelástico por lo cual se requiere la multiplicación de la carga espectral por la aceleración de la gravedad, en cuanto a la diferencia de resultados de los análisis realizados por los programas se encuentra una diferencia del 4.87%, debido a esto, se considera efectivo el análisis realizado en Cypecad, este programa muestra una hoja de datos detallada para calcular el análisis estático, mientras el Etabs no posee esta opción, por lo cual el usuario debe realizar la interpretación de los resultados dados por el software y en tal caso que se requiera un análisis detallado, con un modelo estructural a través del programa ETABS.

Por otro lado Perez, (2019) Elaboro una tesis en el área de comportamiento estructural y sísmico, realizando un “análisis comparativo del uso de programas estructurales, y el método clásico aplicado para diseñar las estructuras de edificios de concreto armado de 4 niveles”. El diseño y evaluación fueron realizados considerando las normas y reglamentos para la construcción de edificaciones, donde se tuvo en cuenta la forma en la que interactúan los suelos

y cimentaciones y la norma E.060 de Concreto Armado. Finalmente se obtuvo como conclusión que, con el programa CYPECAD se posee la ventaja relacionada a las diferentes herramientas que son incluidas en la instalación de este software, además de que permite la reducción de tiempo en la generación del modelo y del diseño, sin embargo, con el software Etabs el modelado fue directo con los métodos anteriores en la elaboración del diseño final estructural de edificios.

Otro aporte fue el de Quiroz (2017), en su trabajo de grado ante la Pontificia Universidad del Perú, presentó la vulnerabilidad sísmica de una típica construcción escolar de la ciudad de Lima, con módulos llamados 780 Pre NDSR-1997, en el cual se emplearon modelos matemáticos no lineales y considerando la normativa de diseño antisísmico, correspondiente al año 1997. La fragilidad antisísmica de los módulos se calculó a partir de funciones de vulnerabilidad, tales como: la distorsión máxima y daño esperado de la estructura se obtuvo a partir de la curva de capacidad bilinealizada, esto se logró correlacionando los deslizamientos máximos en el techo con su grado de daño. Para la determinación de la distorsión máxima se aplicaron los parámetros de rango elástico e inelástico. También se presentan datos estadísticos sobre la problemática estructural de las instituciones educativas existentes y los lineamientos acatados por el Estado para mitigar estos daños.

Del mismo modo Huashua y Sanchez, (2017) realizaron una “evaluación de la vulnerabilidad y el daño sísmico de viviendas autoconstruidas en la Urbanización de Bella Vista de la ciudad de la ciudad de Abancay partiendo de una metodología cuantitativa” definida como índice de vulnerabilidad sísmica, logrando realizar la inspección de manera visual detalladamente, y utilizando encuestas, toma de medidas y ensayos de laboratorio. Analizaron los elementos técnicos, así como los errores de tipo arquitectónico, constructivo y estructural de las casas construidas. Seguidamente se identificaron los principales factores externos o propios a las casas, que pueden afectar de forma negativa su comportamiento sísmico. Con esto fue posible la determinación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas para lograr la estimación de los posibles daños seguidos de un sismo. Se obtuvo como resultados que el 2% de las viviendas poseen un índice bajo de vulnerabilidad (0 a 20%), seguidamente el

46% posee vulnerabilidad media alrededor de (20% a 40%) y finalmente 52% posee vulnerabilidad alta (40% a 100%).

Finalmente Ramírez y Aguirre (2020) realizaron un trabajo de investigación donde estudiaron los resultados que pudieran generar distintas ecuaciones y/o procesos para calcular la sismo-resistencia para una misma arquitectura de 5 pisos, se procedió a evaluar en un elemento estructural a través de un software. El análisis de sismo resistencia estática, dinámica y con interacciones, se realizó con la finalidad de saber cuál tiene un mejor comportamiento ante un sismo. Igualmente, fue diseñado un E.M.S el cual se validó por un especialista del área a fin de utilizar la información para procesar la data y el modelamiento con la intención de ejecutar y análisis sísmico I.S.E de la edificación. Donde finalmente se demostró, que es importante la realización de una evaluación de vulnerabilidad sísmica que contemplen los efectos de cimentación, para poder ejecutar una simulación sísmica con mayor sentido de realidad a través de este programa, para lograr la verificación de un correcto comportamiento en los desplazamientos que se dan lateralmente.

Para las Bases Teóricas se describe la Evaluación de vulnerabilidad sísmica por el método dinámico no lineal para ello se define algunos conceptos como Vulnerabilidad la cual según INDECI (2006) define lo vulnerable a un nivel de debilidad o estar expuesto a las condiciones del suceso de un peligro por parte de la naturaleza o de manera antrópica de una magnitud dada". Esto hace referencia entonces a cómo un elemento, sea una vivienda, un edificio, o cualquier otra infraestructura, es propensa a sufrir algún daño. Por ejemplo, de acuerdo con la "Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres" (2004), construir casas en lugares de un nivel de riesgo alto incide en mayor vulnerabilidad, por ejemplo, en zonas con poca estabilidad del terreno, o en zonas muy cercanas a ríos, en el primer caso, puede ser susceptibles a derrumbes y en el segundo caso a inundaciones.

Por otro lado, Vulnerabilidad estructural según La OMS (2000) conceptualiza la vulnerabilidad de una estructura como "ser susceptible frente a daños posibles en diferentes partes y componentes que hacen que se mantenga en pie ante un evento sísmico o terremoto intenso. Incluyendo, columnas, vigas, losas y paredes". Del mismo modo Vulnerabilidad física De acuerdo con INDECI, (2006)

la vulnerabilidad física encuentra enfocada a la calidad y tipo de material utilizado para construir las viviendas o los establecimientos públicos (hospitales, escuelas, oficinas públicas), privados (comercios, industrias) o de importancia socioeconómica (centrales hidroeléctricas, carreteras, puentes y canales de riego) con el fin de reducir los efectos del peligro.

En el mismo orden de ideas se tiene que la Vulnerabilidad sísmica En el marco del “Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales OPS”, (1993) definimos la amenaza sísmica como la probabilidad de que se presente un sismo potencial en un lugar determinado en un tiempo determinado. Igualmente, En este sentido encontramos que vulnerabilidad sísmica es el grado o perdida que sufre un elemento en este caso una estructura ante un riesgo, en otros términos, es la consecuencia de un evento sísmico ante una estructura. (Yepez, 1996).

Según Ramos (2003), Indica que un riesgo sísmico es el porcentaje de pérdidas que se espera de una estructura durante el lapso en el que permanece expuesta a la acción sísmica, por lo que el riesgo sísmico es la relación entre el evento que afecta la estructura y el comportamiento que esta tiene ante los movimientos de tierra.

Esta condición a evaluar en una edificación es un valor que permite la cuantificación el tipo de daño en la estructura, en forma de fallo y la capacidad de resistir de una edificación bajo las condiciones probables de sismo (Hernández, 2010). Esta vulnerabilidad se relaciona directamente con los parámetros del diseño y la forma de construcción de la edificación.

De acuerdo a (INDECI, 2006) “la vulnerabilidad puede clasificarse en 4 tipos: bajo, medio, alto y muy alto, de acuerdo con la característica de la vivienda, suelo y la exposición a los fenómenos naturales”.

Tabla 1. Clasificación de la vulnerabilidad.

ESTRATOS/NIVELES	DESCRIPCIONES	VALORES
VB (Vulnerabilidad Baja)	Construcciones ubicadas en espacios seguros, hechas con material de calidad y resistentes. Población con ingresos medio-	1 < de 25%

	altos, con buena educación y cultura de riesgo y prevención.	
VM (Vulnerabilidad Media)	Construcciones en terrenos de intermedia calidad, donde pueden ocurrir inundaciones en momentos determinados. Población con ingresos medios y cultura de riesgo y prevención en desarrollo. Existe parcialmente una cobertura de servicios básicos y facilidad de acceder a atenciones de emergencia.	2 de 26% a 50%
VA (Vulnerabilidad Alta)	Viviendas ubicadas en zonas propensas a la actividad sísmica. Viviendas hechas con material de construcción en estado regular. Población de pocos recursos económicos y no existe culturalmente la idea de prevención. Inexistencia de cobertura parcial de servicios básicos y un limitado acceso a atenciones de emergencia.	3 de 51% a 75%º
VMA (Vulnera Muy Alta)	Edificaciones localizadas en territorios de suelos con una alta probabilidad de que ocurra licuación de manera general o suelos que puedan colapsar, Con materiales de construcción precarios. Poblados de alta	4 de 76% a 100

	pobreza, con poca educación de prevención y sin servicios de agua y luz o poco y sin acceso a una buena atención de una emergencia.

Fuente: Marín, 2019.

Dentro de este contexto también se establece el Método dinámico no lineal que según Quispe (2015) menciona que este tipo de metodología analiza las fuerzas, desplazamientos, aceleraciones y velocidades que están presentes en una estructura" (p. 67).

Por lo tanto, un análisis dinámico se refiere a la adición del análisis espectral y el análisis modal, las cuales se encuentran directamente en una situación de sismo. Este método posee las características no lineales de cada parte, seguidamente la estructura se encuentra sometida a movimiento sísmico que es la representación del análisis temporal.

Siguiendo con lo antes expuesto se tiene a la Norma E.030 En esta norma quedan establecidas las mínimas condiciones para que las estructuras diseñadas de acuerdo a sus requerimientos posean un comportamiento sísmico relacionados a la filosofía y principios del diseño sismo terrestre. Esta filosofía de diseñar de manera sismo resistente tiene 3 aspectos fundamentales, en primera parte evitar víctimas fatales, siguiendo de hacer seguro el continuo funcionamiento de los servicios básicos de la comunidad y por último lograr un mínimo de daños ocasionado a la estructura. De acuerdo con esta filosofía, se determinan los siguientes principios de diseño. a) La edificación en ningún caso debe colapsar, tampoco causar ningún tipo de daño importante a los ciudadanos a la hora de producirse algún movimiento sísmico. b) La estructura debe soportar movimientos sísmicos moderados durante su vida útil, son aceptables daños moderados.

Para el análisis se utilizaron los Programas de análisis estructural SAP2000 y CYPECAD en este sentido, el cálculo y análisis de las estructuras se realizan a través de programas informativos que facilitan evaluar gran cantidad de

operaciones como dimensionar las estructuras con variedad de materiales, comprobar uniones soldadas y atornilladas, evaluar el comportamiento de la edificación expuesta a las diferentes cargas, hasta una interfaz en 3D orientada a los objetos. Estos programas influyen en los logros obtenidos y son determinante en el planteamiento de nuevas propuestas con técnicas mejoradas y uso más racional de los materiales. SAP2000 Es un programa que en general analiza y diseña cualquier tipo de estructura, en sistemas básicos y avanzados desde 2D a 3D, además su geometría puede ir desde lo básico a lo complejo, este sistema optimiza con un entorno de moldeado haciendo que el análisis sea más práctico e intuitivo agilizando así el proceso.

El motor de análisis SAPFire ® integrado de SAP2000 Establece diversos análisis por el método de elementos finitos, como valor agregado dispone de características avanzadas de las técnicas de análisis no lineal y dinámico de estructuras.

CYPECAD "Esta herramienta permite a un ingeniero con conocimientos básicos en diseño realizar análisis tridimensionales de una estructura, logrando conseguir resultados de una forma más detallada, además facilita una memoria de cálculos" (Vilema, 2014, p.38).

Ofrece distintos tipos de alternativas y herramientas para producir proyectos de otras plataformas.

Muños (2015) expone que "Es una herramienta que garantiza el buen funcionamiento de una estructura permitiendo a su vez un buen comportamiento ante un evento sísmico" (pág. 17).

Esto implica que el software SAP2000 posee mayores aciertos ante un evento sísmico por esto tiene un mayor nivel de utilización.

Cabe resaltar, que la Sociedad Geológica del Perú (SGP), 2019 indica que Perú es un país de "mucho potencial sísmico, esto se relaciona a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, región donde la mayoría de los sismos pueden alcanzar niveles de hasta 6.5 en la escala de Richert". Estos sismos ocurren a lo largo de la cordillera y en mayor número, en regiones como Ayacucho, Arequipa, Apurímac y en Cusco zona de estudio.

III METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es aplicada ya que sigue las etapas utilizadas en el método científico con el propósito de obtener conocimiento. Al ser aplicada se busca generar soluciones a la problemática expuesta por medio de conocimientos y aplicados de forma directa en busca de beneficiar a la sociedad.

Además, consiste en poner en práctica la aplicación de la utilización de herramientas computacionales para evaluar la vulnerabilidad sísmica de una edificación en una zona sísmica como la ciudad del Cusco, Basados en el conocimiento adquirido por teorías de otros autores y aplicación de técnicas que vienen sujetas a normativas, así como la opinión de profesionales se logró determinar los problemas que no permiten mejorar la construcción actual

3.1.2 Diseño de la investigación

Para el diseño de esta investigación se optó por no experimental, esto se debe a que no existirá manipulación de las variables, se buscó observar los elementos de nuestro interés para posteriormente describir y analizar.

Según Hernández, (2014) (ob. cit.), “El diseño no experimental se divide a su vez en trasversal el cual indica que se toma en cuenta el tiempo durante se recolectan datos, su propósito es describir variables y su incidencia de interrelación en un momento dado”.

Indica que el diseño no experimental que hay que tener en cuenta que no solo identifica las características de las cargas y solicitaciones sobre la estructura, sino que se controlaran y manipularan en los programas con el fin de observar después de realizar las evaluaciones estructurales y los resultados de los desplazamientos laterales relativos.

3.1.3 Nivel de investigación

El proyecto investigativo que se presenta es de tipo descriptiva, pues se basa en describir la situación actual y condiciones del objeto de estudio a fin de determinar posibles situaciones ante las actividades sísmicas, además es descriptiva porque a partir de las descripciones realizadas se generan conclusiones y posibles mejoras.

Para Tamayo y Tamayo (2006), “Este tipo de investigación descriptiva busca comprender describir analizar e interpretar la situación, composición y fenómenos que componen un proceso.”.

3.1.4 Enfoque de investigación

Los enfoques de investigación están basados en paradigmas del conocimiento, y son utilizados dependiendo de la forma en la que se obtendrán los datos de la investigación, la presente tiene un enfoque cuantitativo, de cual Hernández y Mendoza, (2018), exponen: es un análisis organizado de información que se realiza para comprobar suposiciones. Las fases de esta investigación no pueden saltarse pues van concatenadas una a otras.

3.2 Variables y operacionalización

Las variables definidas para la revisión de los objetivos específicos son:

- El diseño de los elementos estructurales, es también una variable dependiente ya que depende de lo establecido en la norma técnica de concreto armado (E.060), y es cuantitativa porque su resultado son las aéreas y separaciones del acero de refuerzo.
- El análisis sísmico por el método dinámico lineal, es una variable dependiente ya que está establecida en la norma técnica E.030, y es cuantitativa porque sus resultados son los esfuerzos, momento y desplazamiento de los elementos estructurales.

Tabla 2. Cuadro de operacionalización de las variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA
Independiente Edificación de concreto de 5 niveles	Es una estructura construida de concreto estructural reforzado con varillas de acero, formando elementos de un sistema estructural	Construcción de una obra o estructura de manera de diseño en el plano o en un programa.	-Diseño -configuración -estructural	-Espesor de losas. -Peralte de vigas - profundidad de cimientos y zapatas	Nominal

Dependiente Vulnerabilidad sísmica	Esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura resistente, como edificaciones o esqueletos resistentes de maquinaria	Uso de herramientas que nos proporciona ahorro de tiempo a todo ingeniero que diseñe la estructura de una edificación	Norma de diseño sismorresistente (E.030). Ensayos y pruebas	-Desplazamiento lateral. -Rigidez -Deformación -Esfuerzos internos y externos	Nominal

3.3 Población, Muestra y Muestreo

3.3.1 Población

Para la presente investigación se considera como población igual a la muestra a una edificación de concreto armado de cinco pisos de uso multifamiliar en la provincia de Cusco.

3.3.2 Muestra

Se ha seleccionado un edificio de cinco niveles de concreto armado de uso multifamiliar en la provincia de cusco siendo de este mido la muestra de esta investigación es no probabilística- convencional

3.3.3 Muestreo

En cuanto al muestreo, se considera la muestra igual a la población, por lo tanto, no existe muestreo.

3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

En la primera etapa se utiliza las técnicas de observación y análisis documental, ya que se observa la estructura para definir su uso y forma, posteriormente se realiza una investigación documental para después analizar estos documentos, y poder determinar la vulnerabilidad de la estructura.

Posteriormente se utiliza la técnica experimental y también de observación, se va experimentando con los métodos de análisis y se va observando los resultados obtenidos. Y por último se utiliza la herramienta de Excel y AutoCAD para la recolección de datos. Pero utilizando principalmente los softwares Sap2000 y Cypecad en el análisis de la estructura y vulnerabilidad sísmica.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados en la investigación son una ficha técnica para la recolección de los datos, en ella se busca dar registro de los parámetros observados en el desarrollo del proyecto a fin de dar uso siguiente de estas observaciones al programa SAP2000 y CYPECAD para sus respectivos análisis.

El instrumento fundamental para procesar y recoger la data será la aplicación de los programas Sap2000 y Cypecad, mediante los cuales es posible la modelación de estructuras, realización del diseño y analizar cada modelo; para seguidamente mediante la obtención de los resultados se tendrán los datos requeridos para determinar los comportamientos de los desplazamientos laterales relativos y de vulnerabilidad sísmica de una edificación de 5 niveles para uso multifamiliar.

Del mismo modo se hace uso de un esclerómetro a fin de obtener la resistencia que posee el concreto de los elementos estructurales que conforman los edificios.

3.4.3 Validez

La validez para el contenido del instrumento de recolección de datos utilizado en la investigación será sometida a juicio de tres expertos profesionales en el área de ingeniería civil o arquitectura, la necesidad es que acotejen y verifiquen de manera imparcial y de forma coherente la calidad y seguridad del instrumento de recolección de datos.

3.4.4 Confiabilidad

En este apartado se presentan datos suministrados por el instrumento de recolección de datos los cuales son confiables debido a que provienen de los programas anteriormente descritos y mencionados, siendo estos especialistas en el tema en el que se enfoca la investigación de igual forma será corroborados por expertos en el tema.

3.5 Procedimiento

Para el logro de los objetivos en este proyecto primero se analiza y estudia de forma cuidadosa los planos y demás documentos que se tengan de la edificación.

Segundo, para el modelamiento se hará uso del software SAP2000, se modelará la Arquitectura, haciendo uso de los planos en DWG de dicha especialidad, una vez culminado el modelo, dentro de los programas se realizará modelos de estructuras; luego se hará una exportación del modelo de estructuras hacia el programa de análisis estructural y vulnerabilidad sísmica CYPECAD, El programa facilitará los cálculos y diseños de manera definitiva de cada uno de los elementos estructurales del presente proyecto, una vez que se defina correctamente el modelo de la estructura, se podrá detectar las interferencias y problemáticas producidas, las mismas tendrán una descripción detallada de la edificación.

3.6 Método de análisis de datos

El método utilizado en la investigación partirá de un análisis cuantitativo de datos, logrando así establecer la integración de las distintas disciplinas que competen al proyecto.

3.7 Aspectos éticos

A fin de ser auténticos se imparte las responsables sobre la confiabilidad de los datos obtenidos en el desarrollo del trabajo, así mismo cada aporte plasmado será debidamente citado pretendiendo cuidar el conocimiento y dedicación de otros autores por medio de comparada por la herramienta web Turnitin. Finalmente ser íntegros y cuidar las instalaciones prestadas para el desarrollo de las actividades.

Los resultados que se desarrollen en esta investigación serán veraces y auténticos; por tal motivo se asume la responsabilidad ante las normas de la universidad Cesar Vallejo y ante la Justicia Peruana.

IV RESULTADOS

Sismos de Diseños

Para la determinación de la vulnerabilidad sísmica se revisó el comportamiento de la estructura para la ocurrencia de diferentes sismos, se utilizó los sismos definidos por el Comité Visión 2000, definidos como frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, los períodos de retornos para estos sismos se muestran a continuación.

Tabla 3. Sismos de Diseño para edificios – Comité Visión 2000.

Sismo de Diseño	Periodo de Retorno (años)	Probabilidad de Excedencia en 50 años (%)
Frecuentes	45	**69**
Ocasionales	75	50
Raros	475	10
Muy Raros	970	5

Para poder definir los sismos de diseños se resumieron las aceleraciones máximas en la ciudad de Cusco obtenidas de Saico (2021), dado que la página web de la red acelerométrica del Ministerio del Ambiente se presenta con reporte de movimientos sísmicos siendo más complicado la obtención de los datos. De manera informativa las estaciones acelerográficas más cercanas a la ciudad de Cusco son CUS-001 y CUS-002.

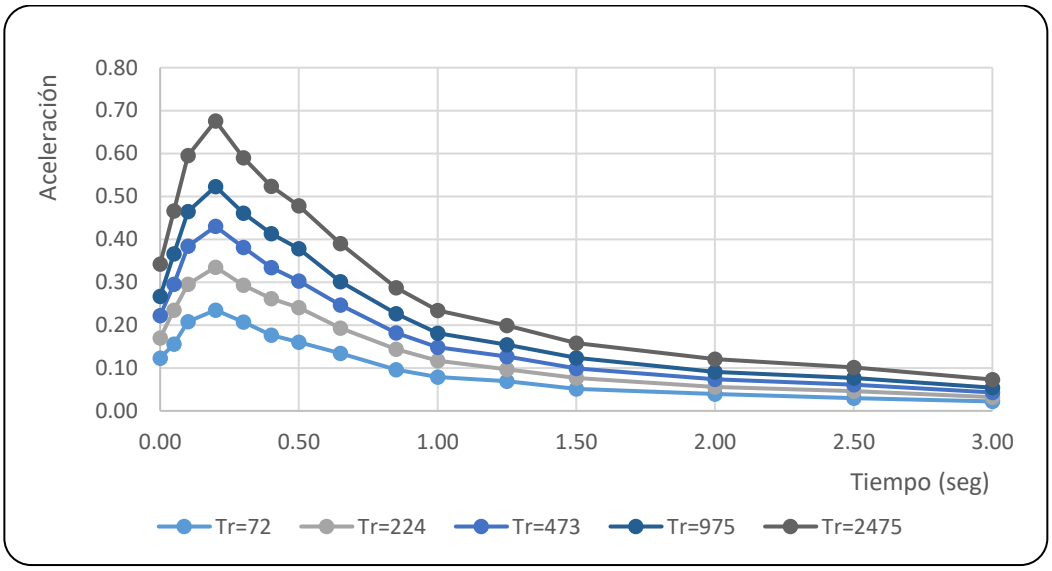
Tabla 4. Aceleraciones Espectrales en la Ciudad de Cusco.

Tiempo	Aceleración Espectral				
(seg)	Tr=72	Tr=224	Tr=473	Tr=975	Tr=2475
0,00	0,123	0,170	0,222	0,267	0,342
0,05	0,156	0,235	0,295	0,366	0,466
0,10	0,208	0,295	0,384	0,465	0,595
0,20	0,235	0,335	0,430	0,523	0,676
0,30	0,207	0,293	0,381	0,461	0,590
0,40	0,177	0,262	0,334	0,413	0,524
0,50	0,160	0,241	0,303	0,378	0,478
0,65	0,134	0,193	0,247	0,301	0,390

0,85	0,096	0,144	0,182	0,277	0,287
1,00	0,079	0,117	0,148	0,181	0,234
1,25	0,069	0,097	0,127	0,154	0,199
1,50	0,051	0,077	0,099	0,124	0,158
2,00	0,039	0,056	0,074	0,091	0,121
2,50	0,030	0,046	0,061	0,077	0,101
3,00	0,022	0,032	0,043	0,054	0,073
Máximo	0,235	0,335	0,430	0,523	0,676
Relación	0,5465	0,7791	1,0000	1,2163	1,5721
Promedio	0,119	0,173	0,222	0,272	0,349
Relación	**0,5363**	**0,7787**	**1,0000**	**1,2258**	**1,5718**

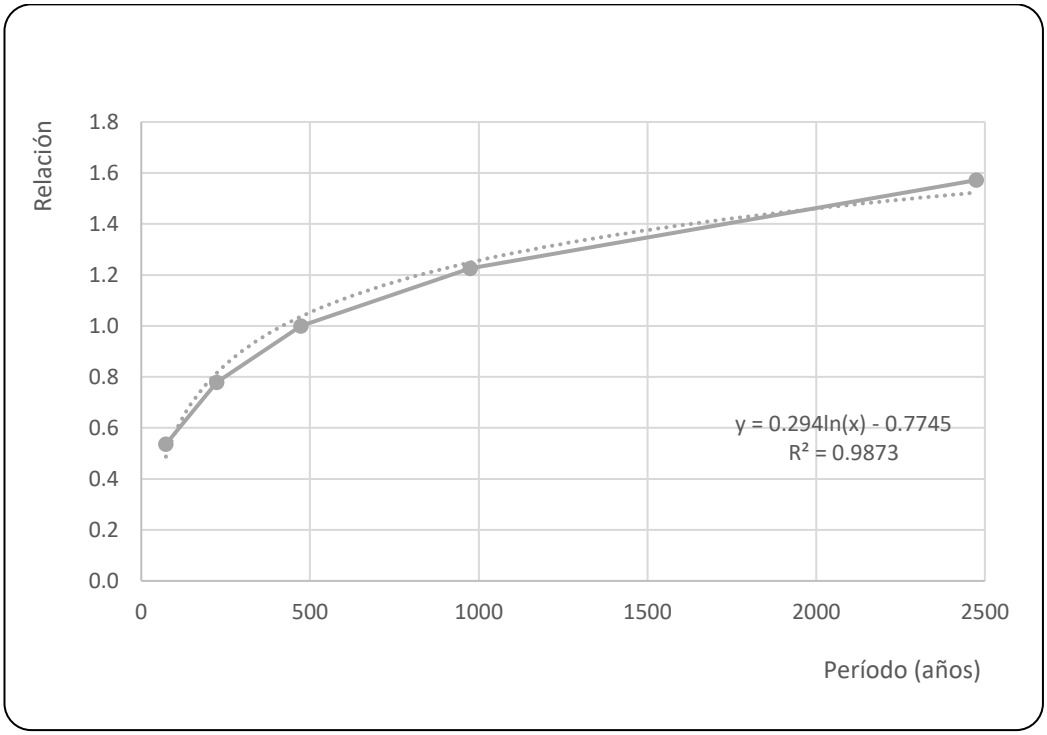
Se observa al final de la tabla relaciones (de valores máximos y promedios) para los diferentes períodos de retorno, considerando base para 473 años, el cual corresponde al espectro que se sugiere en la norma E.030. El comportamiento de los espectros se observa en la siguiente figura.

Figura 1. Aceleraciones Máximas en la Ciudad de Cusco



Se observó en la tabla que las relaciones para los valores máximos y promedios son prácticamente los mismos, graficándose las relaciones de los promedios en una hoja de Excel e incorporando una tendencia logarítmica la cual dio un factor de correlación (R2) de 0,9873, se obtuvo ecuación para determinar la relación para los sismos frecuente de 0,345.

Figura 2. Correlaciones para Diferentes Períodos de Retorno



Parámetros necesarios para la Modelación

Se presenta en forma resumida los diferentes parámetros requeridos para la modelación de la estructura, los cuales se obtuvieron de la revisión del estudio de suelo, el tipo de estructura que es de concreto aporticada su uso residencial (común) y de la evaluación de la regularidad vertical y horizontal del edificio, de acuerdo a los criterios establecidos en las normas E.030 y E.050.

Tabla 5. Parámetros de Diseños

Descripción	Unidad	Valor
Factor de irregularidad en altura		1
Factor de irregularidad en planta		1
Geometría en altura		Regular
Coeficiente básico de reducción de respuesta (Ro)		8
Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R)		8
Categoría del edificio		C
Límite de distorsión del entrepiso		0,007
Factor de importancia “U”		1

Altura del edificio	m	14.2
Zona sísmica		2
Factor de zona “z”		0.25
Tipología estructural NT E.050		III
Tipo de suelo		S3
Suelo, resistencia admisible permanente	Kg/cm2	1.1
Suelo, resistencia ultima sísmica y accidentales	Kg/cm2	3.3
Periodo Tp	seg	1
Periodo Tl	seg	1.6
Factor de amplificación del suelo “S”		1.4
Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días F’c	Kg/cm2	250
Módulo de elasticidad del concreto	Kg/cm2	238.752
Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo “fy”	Kg/cm2	4.200
Resistencia última del acero de refuerzo “fu”	Kg/cm2	6.327

Resultados del Estudio de Suelo

Se realizaron calicatas en la parcela para realizar descripción de los estratos y tomar muestras para los ensayos en el laboratorio, el terreno característico son las gravas limosas con arena **s(GM),** de acuerdo al Sistema de Clasificación Universal, se presenta a continuación los parámetros geotécnicos a utilizar en el diseño

Tabla 6. Parámetros de Diseños

Descripción	Unidad	Calicata 1	Calicata 2
Profundidad	M	2	2
Peso unitario máximo	T/m3	2,068	2,036

Peso unitario natural	T/m3	1,82	1,75
Peso unitario mínimo	T/m3	1,677	1,596
Compacidad Relativa	%	41,825	39,752
Pasante tamiz No. 200	%	20,8	19,6
Ángulo de fricción.	Grados	31,28	30,96

Se ha tomado en cuenta estudios anteriores para no modificar el diseño de nuestro proyecto. También realizamos nuestro propio estudio de suelos. La cual se hicieron ensayos para calcular la capacidad portante del suelo, se hizo un ensayo de corte directo - ASTM D3080 – 72 para cada calicata.

Tabla 7. Ensayo de corte directo – ASTM D3080 – 72

Descripción	Calicata N°1	Calicata N°2
Angulo de fricción interna	22.1 grados	23.5 grados
Cohesión	0.28 kg/cm2	0.12 kg/cm2

Tabla 8. Capacidad Portante del suelo

Calicata	Descripción
01	0,85 kg/cm2
02	1,12 kg/cm2

Figura 3. Ensayo de Límite de Consistencia

Figura 4. Ensayo de Límite de Consistencia

Figura 5. Ensayo de Granulometría

Figura 6. Ensayo de Granulometría

Figura 7. Secado de las Muestras

Definición de los Espectros de Diseños.

Se Presenta a continuación los diferentes espectros para revisión del comportamiento de la estructura, estos ya están afectados por el tipo de estructura, por el suelo, y los factores de irregularidad.

Figura 8. Espectro elástico

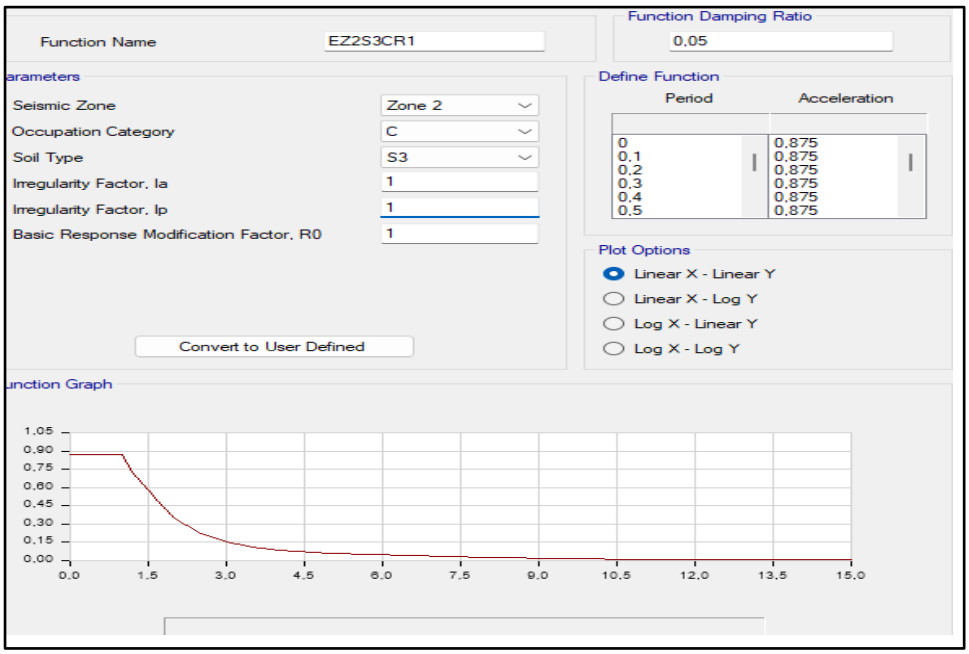


Figura 9. Espectro Ro de 8 de Diseño

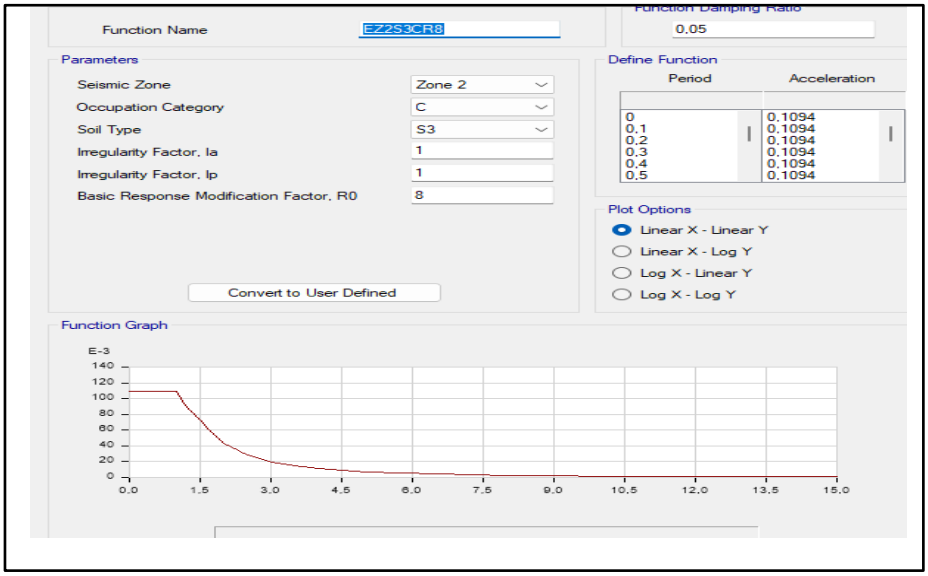


Figura 10. Espectro Ro de 2 de Ocasional

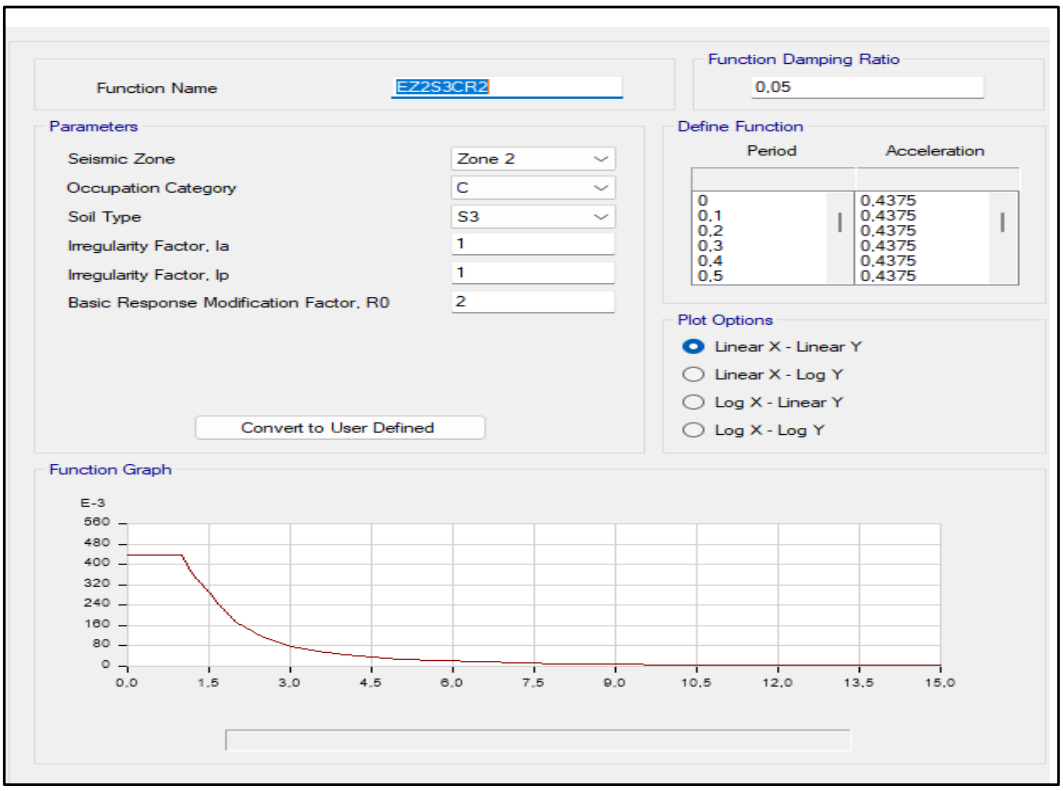
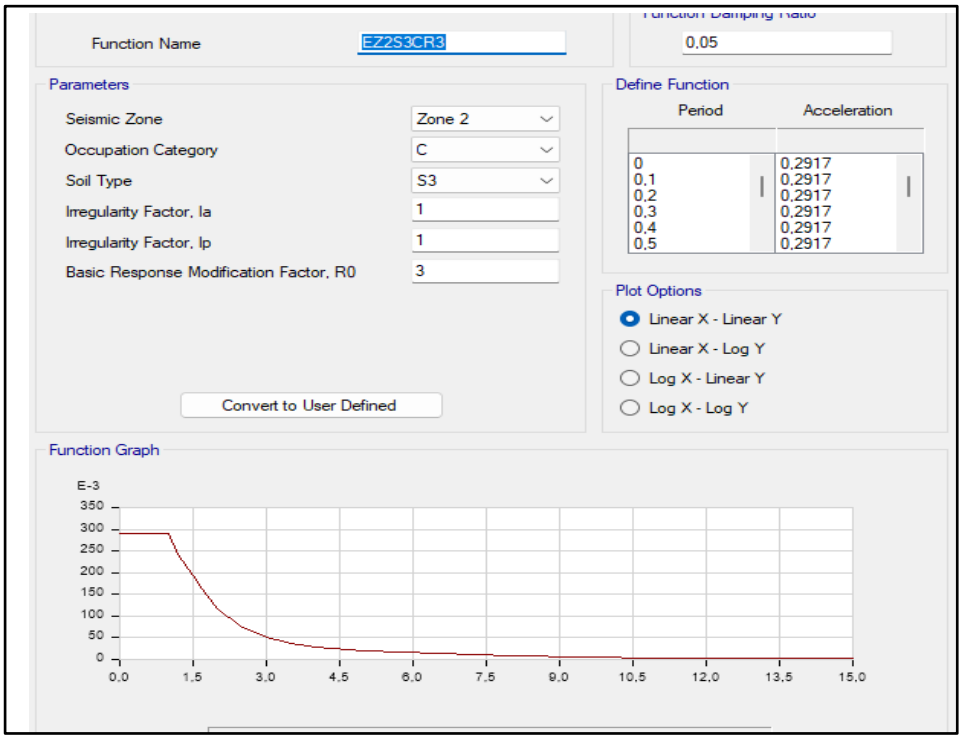


Figura 11. Espectro Ro de 3 de Frecuente



Modelo Geométrico del Edificio

Se presenta a continuación la geometría del edificio en la planta del segundo piso, que sirvió para el modelado de los pisos de la estructura.

Figura 12. Planta típica de Arquitectura

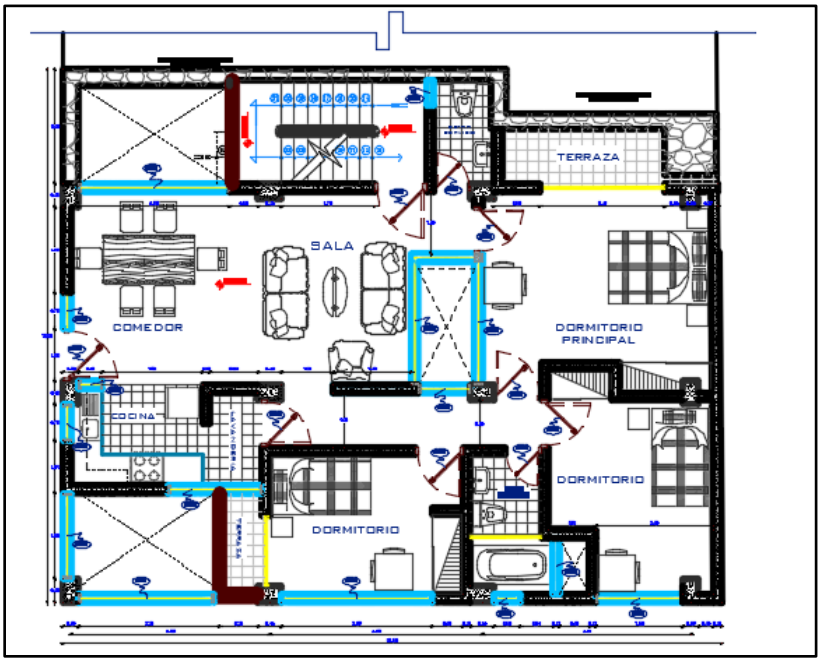
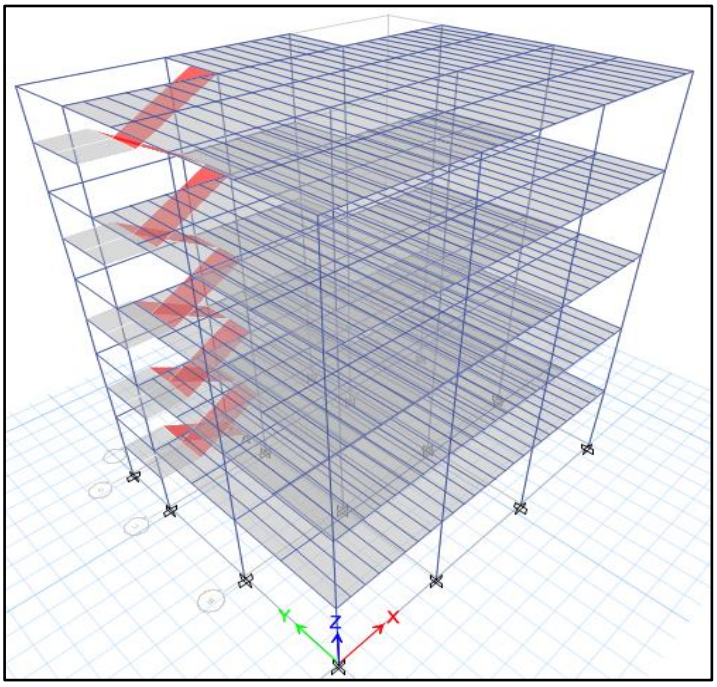


Figura 13. Modelo de Geometría de la Estructura



Asignación de Cargas Estáticas

Después de modelarse la geometría y las secciones de los elementos estructurales, se procedió a definir los parámetros y cargas necesarias para realizar los distintos análisis: modal, cargas estáticas mayoradas, y dinámico espectral, se presenta su configuración en el programa.

Figura 14. Patrones de Cargas

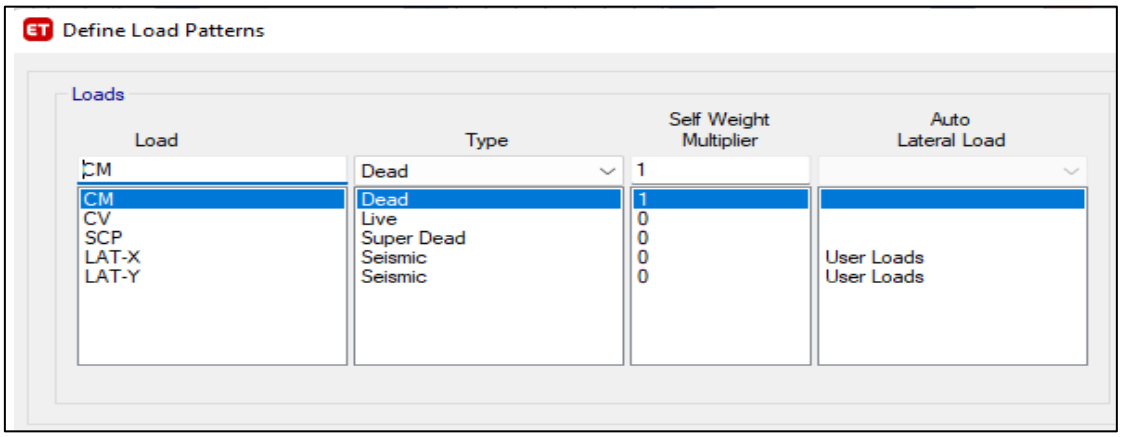
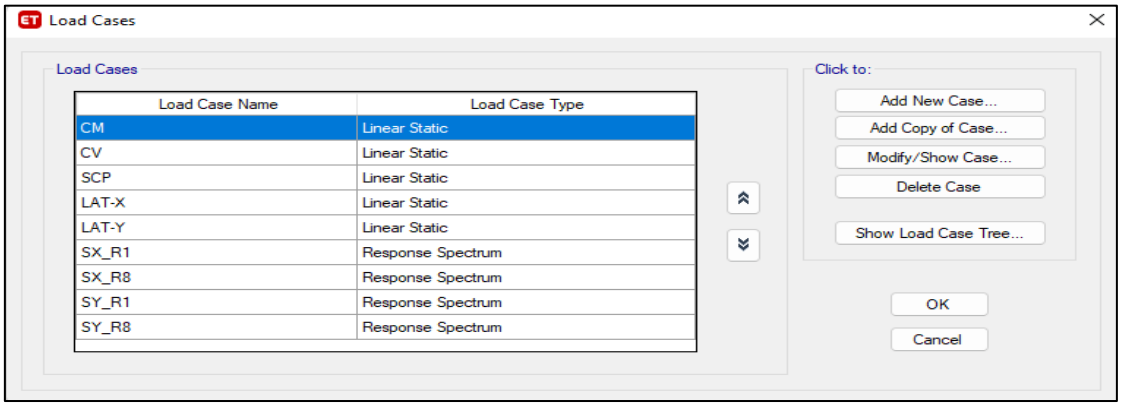


Figura 15. Casos de Cargas



En la figura 17, se observa que se definieron las cargas sísmicas para el sismo máximo probable (R=1) y las cargas sísmicas para el sismo de diseño el cual tiene un factor de reducción de R=8, establecido como máximo en la norma E.030. Con estos dos sismos correspondiente a los espectros elástico y reducido se obtienen las curvas bilineales de comparación. Se incorporan adicionalmente los espectros R=2 y R=3, sismos ocasionales y frecuentes, a ser utilizado en la revisión por FEMA 440.

Se utilizó un 70% de la carga variable (CV) para definir la fuente de masa, y el correspondiente 100% de la carga permanente (CM estructura y SCP sobre carga permanente). En el artículo 26 de la norma E.030 se estable para la categoría C se tome el 25% de la CV, el cual represente el valor mínimo.

Figura 16. Definición de la fuente de

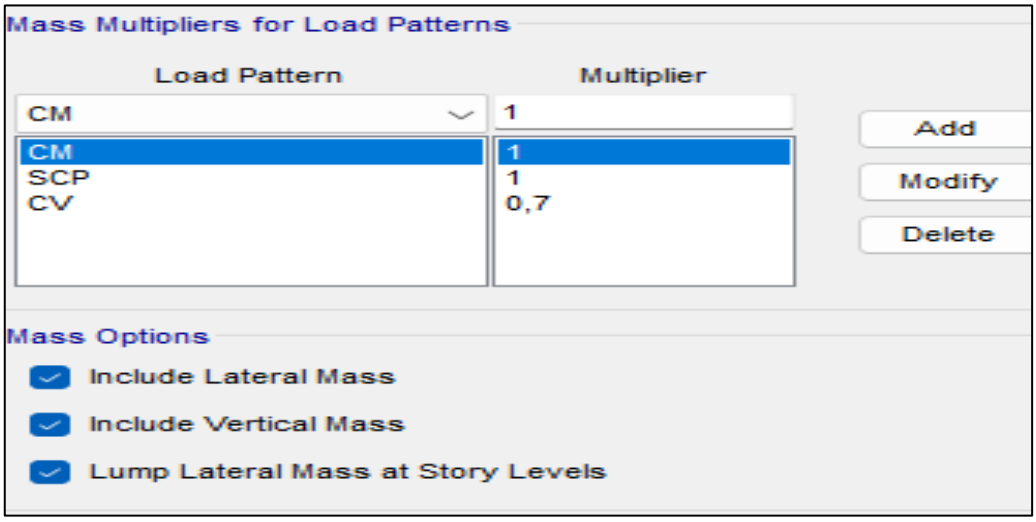


Figura 17. Definición de los Diafragmas Rígidos

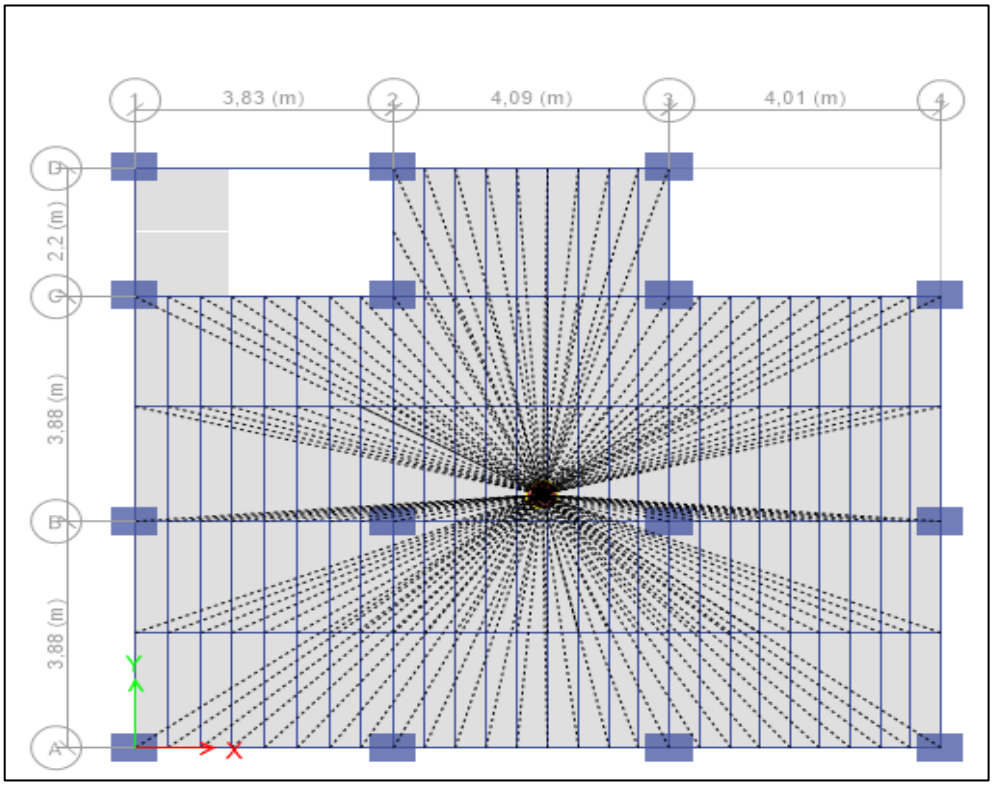


Figura 18. Asignación de la Sobrecarga Permanente

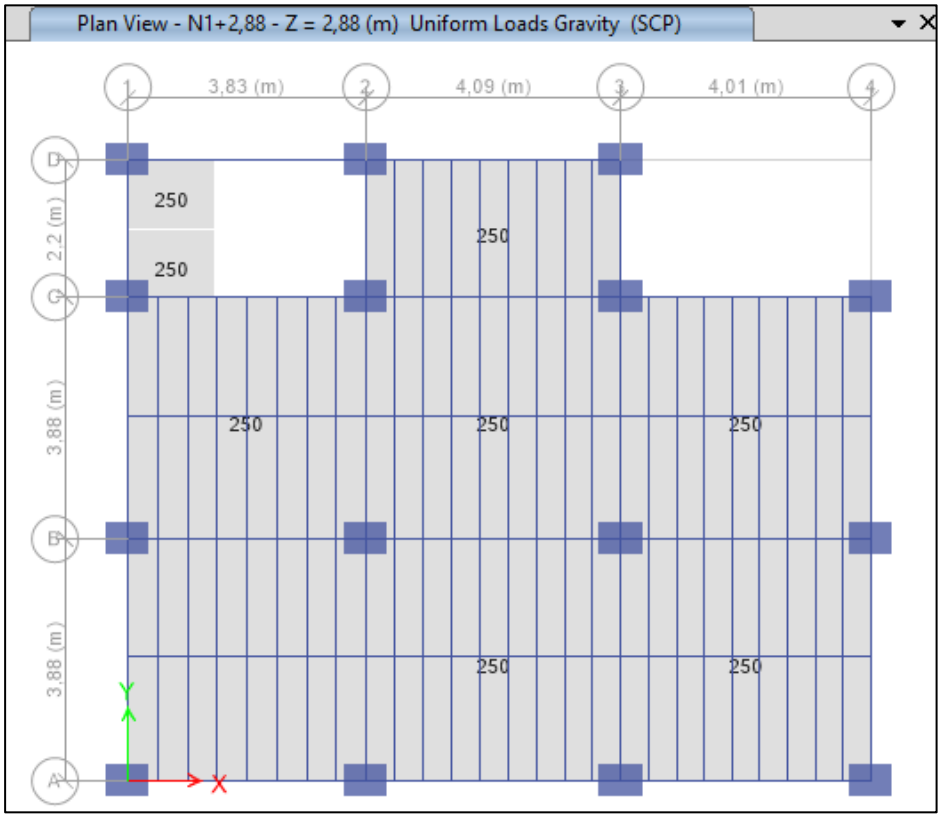
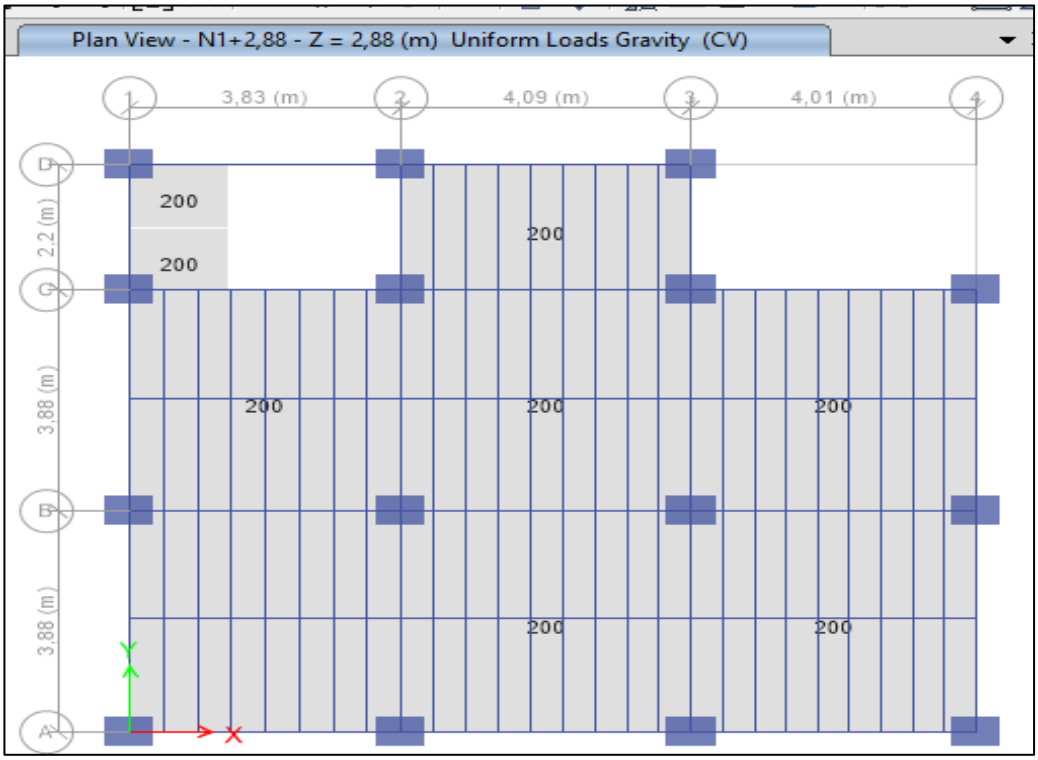


Figura 19. Asignación de la Carga



Revisión del Análisis Modal

En primer lugar, se verifica si el análisis modal es representativo, esto se realiza verificándose que la traslación en X, traslación en Y y Rotación en Z tienen porcentajes de participación mayor de 90%, lo cual se logra. En la siguiente tabla extraídas del programa se puede identificar también los periodos fundamentales de la estructura.

Tabla 9. Relaciones de participación de la Masa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Modal	1	**0,455**	0,0052	**0,7344**	0,0052	0,7344	0,0619	0,0619
Modal	2	**0,394**	**0,7664**	0,0121	0,7715	0,7465	0,0173	0,0792
Modal	3	**0,343**	0,0216	0,0553	0,7932	0,8017	**0,7232**	0,8023
Modal	4	0,138	0,0003	0,1117	0,7935	0,9134	0,0082	0,8105
Modal	5	0,117	0,1133	0,0013	0,9068	0,9147	0,0035	0,8141
Modal	6	0,104	0,0049	0,0080	0,9117	0,9227	0,1015	0,9156
Modal	7	0,072	0,0000	0,0423	0,9117	0,965	0,0041	0,9197
Modal	8	0,059	0,0468	0,0002	0,9585	0,9652	0,0018	0,9215
Modal	9	0,057	0,0000	0,0000	0,9586	0,9652	0,0000	0,9215
Modal	10	0,055	0,0000	0,0000	0,9586	0,9652	0,0004	0,9219
Modal	11	0,055	0,0023	0,0019	0,9609	0,9671	0,0398	0,9617
Modal	12	0,054	0,0000	0,0000	**0,9609**	**0,9671**	0,0000	**0,9617**

Los períodos fundamentales de la estructura son: en Y de 0,455 seg, en X de 0,394 seg, y en rotación en Z de 0,343 seg. Se observa a continuación como se presentan los desplazamientos, presentándose ligeros giros como consecuencia de la concentración de rigidez en el área de la escalera.

Figura 20. Desplazamiento en Y, Modo 1

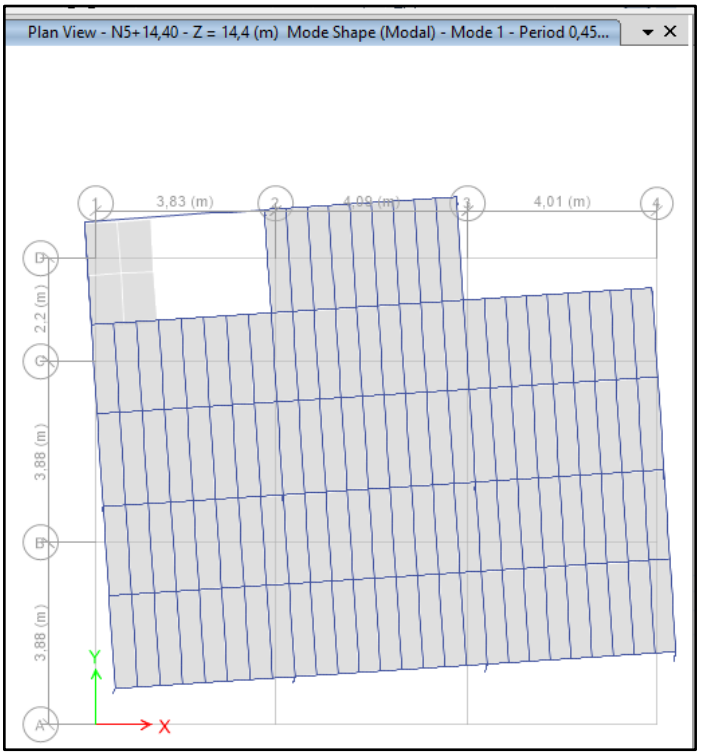
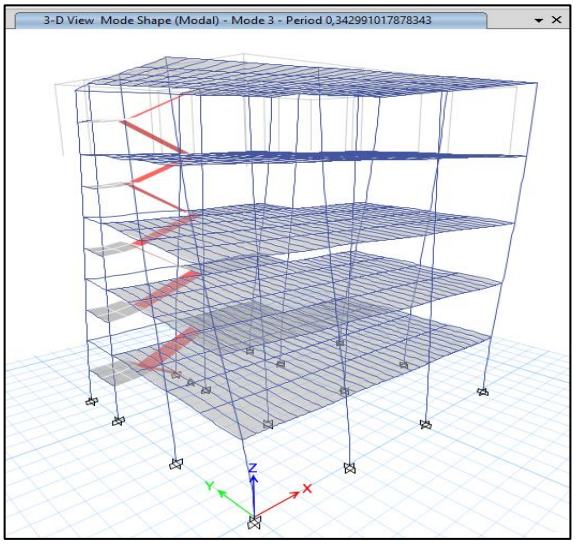


Figura 21. Desplazamiento en X, Modo 2

Figura 22. Desplazamiento en X, Modo 2



Obtención y Corrección de los Cortes Basales

Para definir el peso de la estructura, tal como lo establece la norma E.030, se utilizaron los porcentajes utilizados en la fuente de masa en una combinación de carga que se identificó como **Peso Propio** (100%CM más 70%CV). El peso es obtenido en la tabla resumen de las reacciones en la Base, se presenta a continuación, dejándose las cargas particulares para su comprobación.

Tabla 10. Tabla de Reacciones en la Base

TABLE: Base Reactions			
Output Case	**FX**	**FY**	**FZ**
	kgf	Kgf	kgf
CM	0,00	0,00	461.977,54
CV	0,00	0,00	94.627,65
SCP	0,00	0,00	119.634,90
LAT-X	0,00	0,00	0,00
LAT-Y	0,00	0,00	0,00
SX_R1	432.507,45	51.349,37	2.328,90
SX_R8	54.063,43	6.418,67	291,11
SY_R1	51.349,37	416.481,78	2.640,49
SY_R8	6.418,67	52.060,22	330,06
PESO ESTRUCTURA	0,00	0,00	647.851,79

Chequeo en Excel del peso propio

Con los valores de la tabla se pueden realizar unas simples multiplicaciones y suma, utilizando como se muestra una hoja en Excel.

Tabla 11. Comprobación del Peso Propio

	CM	SCP	%	CV	PP	
Peso propio	461.977,54	119.634,90	0,70	94.627,65	647.852	Kgs

Una vez obtenido el peso propio se debe proceder a multiplicarlo por el coeficiente de la aceleración de los espectros elástico y diseño correspondiente a los periodos fundamentales, afectado de un factor normativo de 0,80. Obteniéndose los cortes basales necesario para la corrección del modelo. Estos basales corresponden también a las ordenadas de las curvas bilineales.

Se presenta en las siguientes tablas los pasos para la realización de las correcciones, al terminarlas se procede a identificar los desplazamientos bases en la construcción de las curvas bilineales.

Tabla 12. Períodos Fundamentales

Modo	T(s)	% Participación de Masa			Observación	Acel. Espectrales	
		Ux	Uy	Rz		R=1	R=8
2	0,394	0,7664			Transl X	0,875	0,10938
1	0,455		0,7344		Transl Y	0,875	0,10938
3	0,343			0,7232	Torsión	0,875	0,10938

Tabla 13. Factores de Corrección

	Fuerzas Actuantes por Sismo		Coeficientes de Corrección	
	R=1	R=8	R=1	R=8
SX_R1 Máx	432.507,45		1,0485282	

SY_R1 Máx	416.481,78		1,08887418	
SX_R8 Máx		54.063,43		1,04857615
SY_R8 Máx		52.060,22		1,08892401

Tabla 14. Corte Basal y Desplazamiento

	Dirección X		Dirección Y	
	R=1	R=8	R=1	R=8
Vb (Kgs)	453.496,26	56.689,62	453.496,26	56.689,62
δ (cms)	5,105	0,638	8,135	1,017

Construcción de las Curvas Bilineales

En las gráficas siguientes se presentan las curvas bilineales obtenidas para la dirección X e Y, los valores son muy parecido dada la poca irregularidad de la estructura. Se recuerda que se grafica para R=1 ya que representa el sismo máximo probable, que debe soportar la estructura antes del colapso.

Figura 23. Curvas Bilineales Dirección X

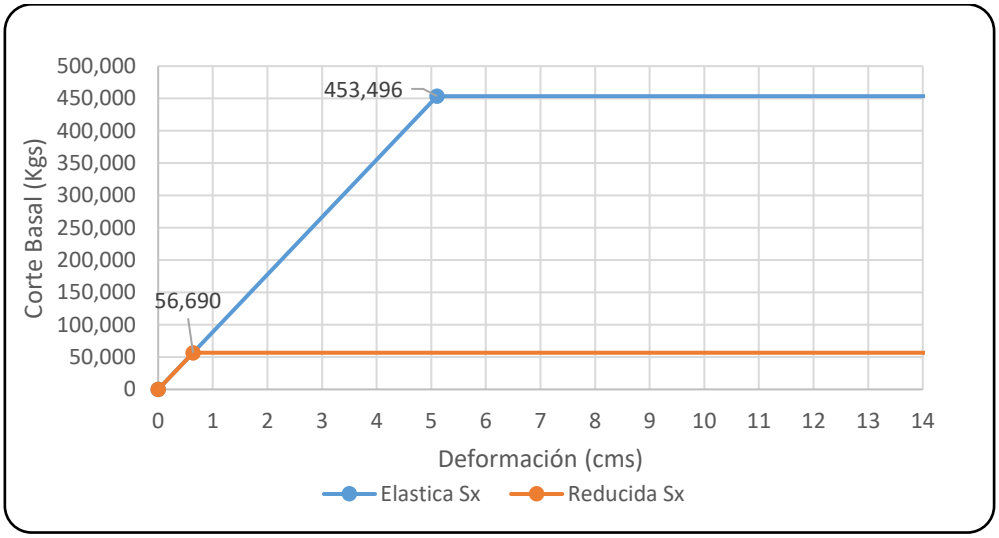
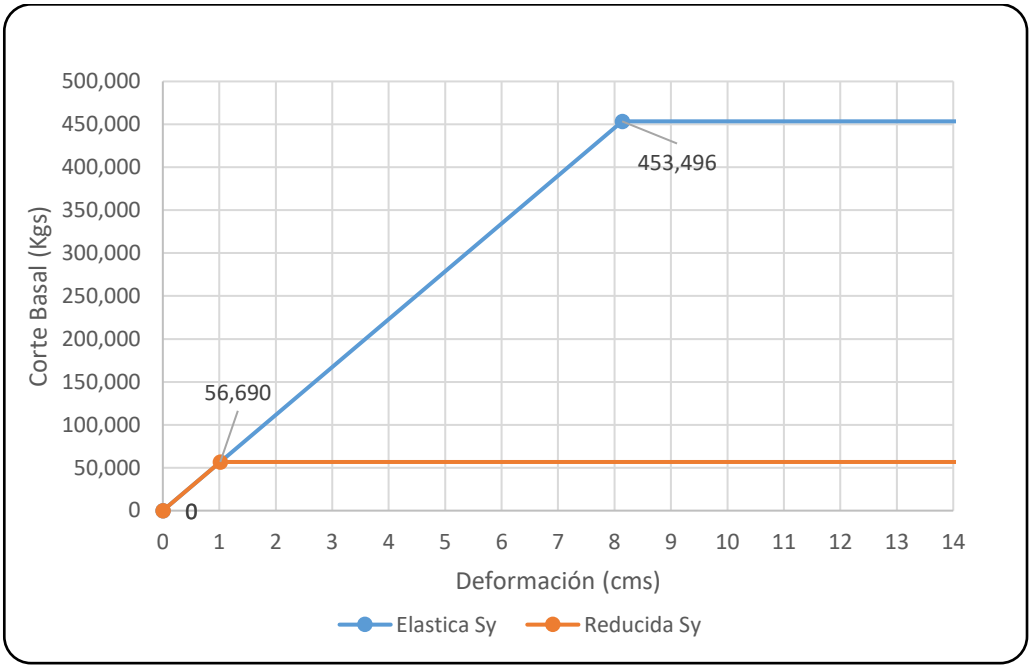


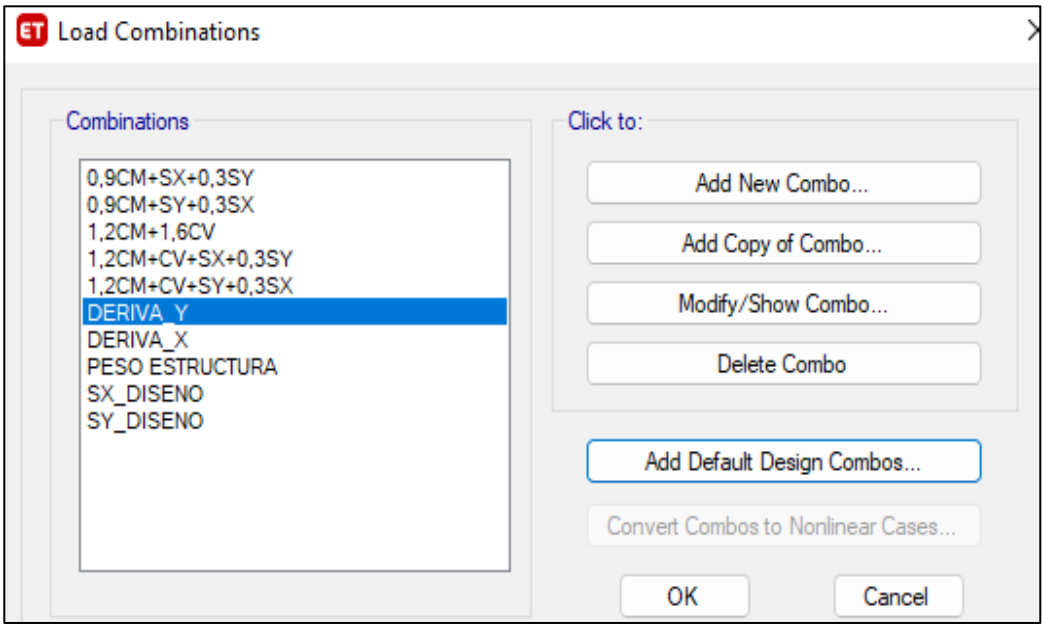
Figura 24. Curvas Bilineales Dirección Y



Análisis Estáticos Lineales Normativos

Antes de realizar el estudio de la vulnerabilidad de la estructura se debe realizar los análisis estáticos y dinámicos exigidos en la norma E.030

Figura 25. Combinaciones de Carga



Se muestran figuras con el cumplimiento del acero normativo

Figura 26. Acero Longitudinal Vista 3D

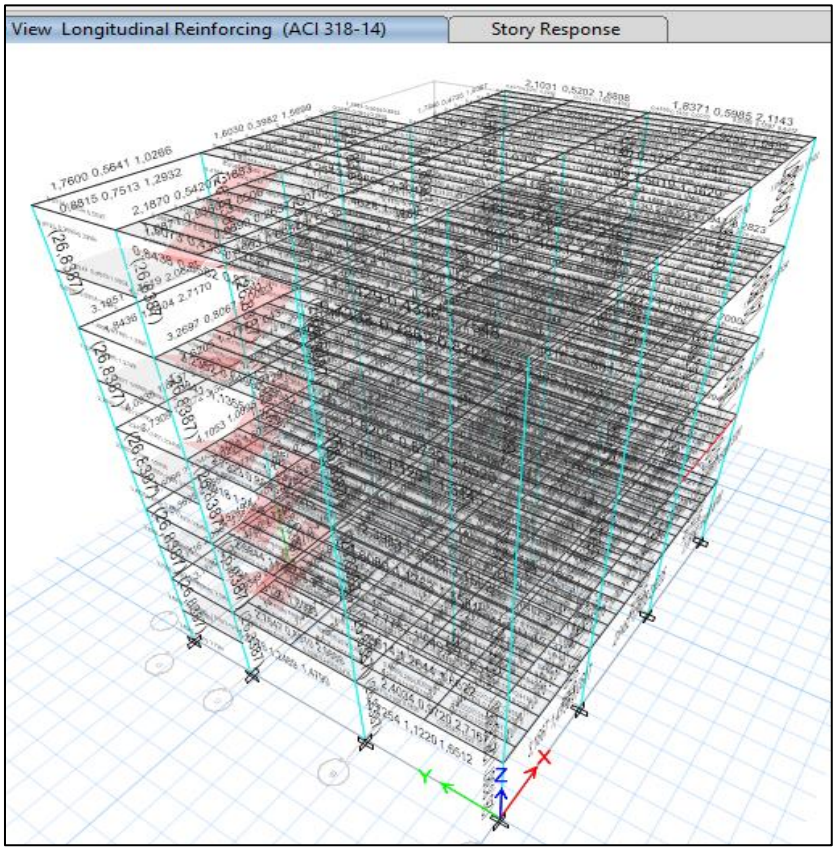


Figura 27. Acero Longitudinal Nivel N1+2,88 Mas Desfavorable

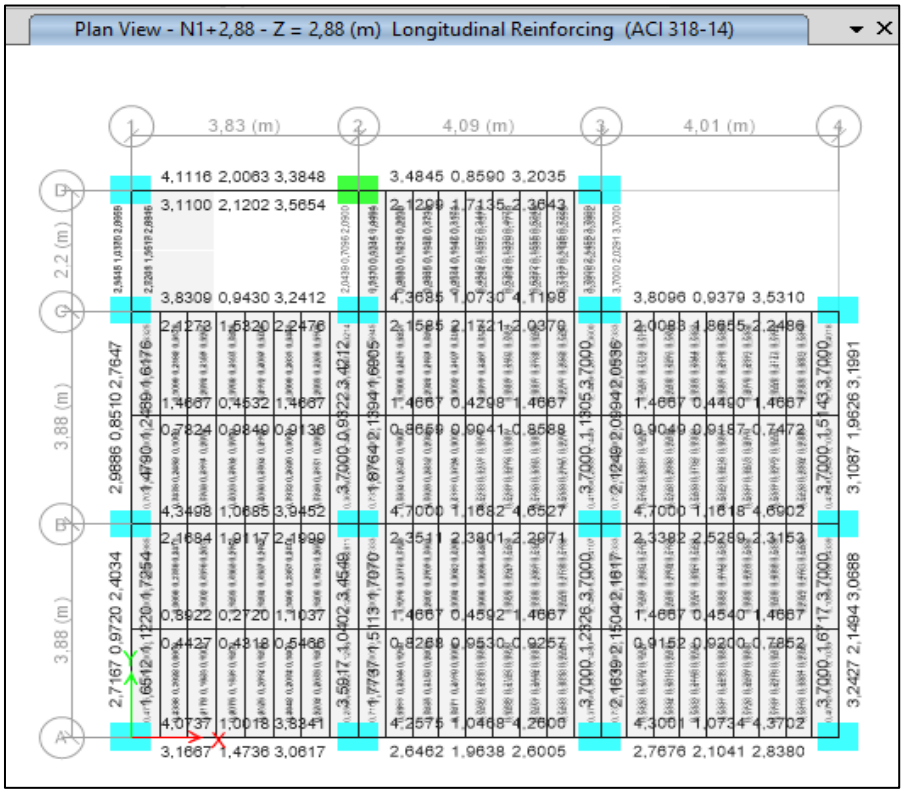
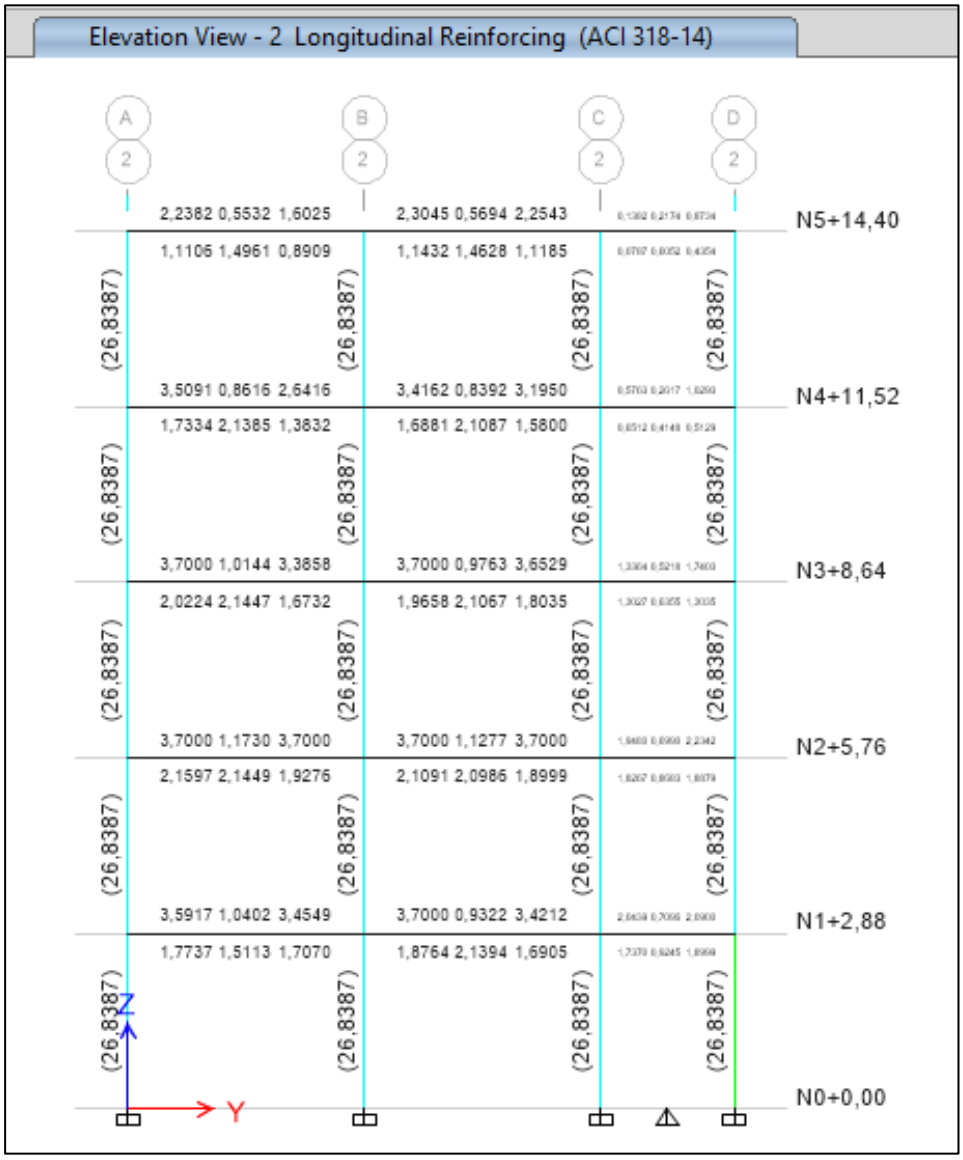


Figura 28. Elevación Sección 2 Mas Desfavorable



Chequeo de las Derivas

De acuerdo a lo establecido en la norma E.030 la deriva máxima para estructura de concreto armado es de 0,007 (0,7%). La deriva máxima en la dirección X fue de 0,0038 y en la dirección de Y de 0,0061. Se observa tablas y figuras de las derivas para los diferentes niveles.

Tabla 15. Derivas en Dirección X

TABLE: Story Response			
Story	Elevation	Location	X-Dir

	m		
N5+14,40	14,4	Top	0,0019
N4+11,52	11,52	Top	0,0029
N3+8,64	8,64	Top	0,0037
N2+5,76	5,76	Top	0,0038
N1+2,88	2,88	Top	0,0021
N0+0,00	0	Top	0,0000
	OK	**Máx**	**0,0038**
		Aceptación	0,0070

Figura 29. Derivas en Dirección X

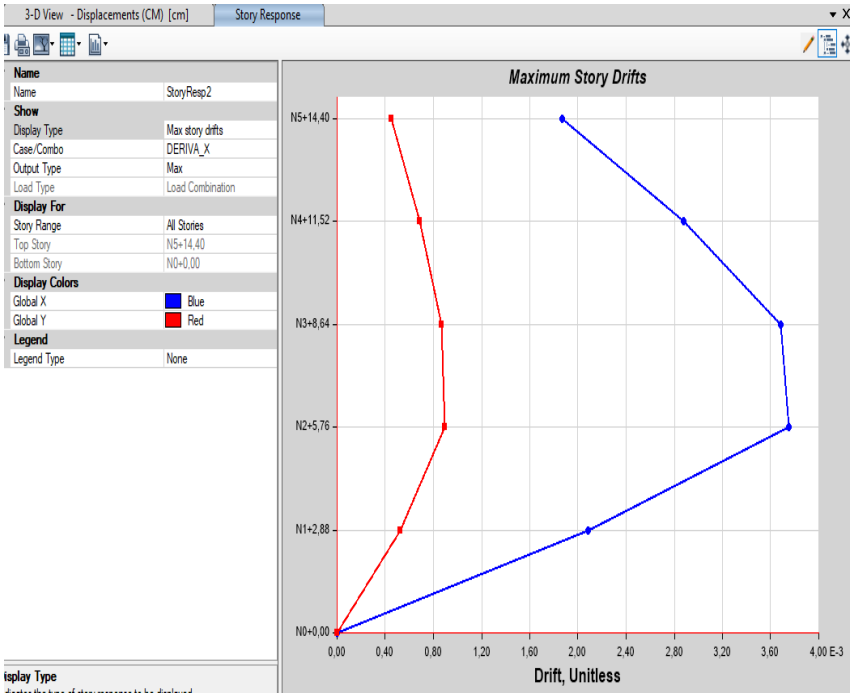
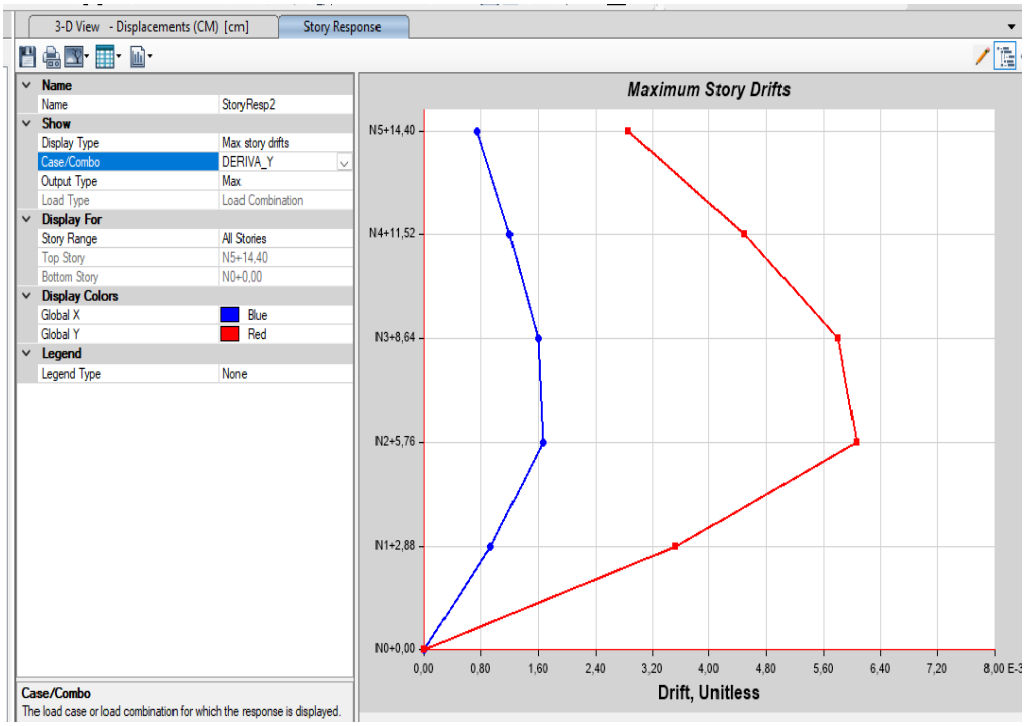


Tabla 16. Derivas en Dirección Y

TABLE: Story Response			
Story	**Elevation**	**Location**	**Y-Dir**
	m		
N5+14,40	14,4	Top	0,0029
N4+11,52	11,52	Top	0,0045
N3+8,64	8,64	Top	0,0058
N2+5,76	5,76	Top	0,0061
N1+2,88	2,88	Top	0,0035

N0+0,00	0	Top	0,0000
	OK	**Máx**	**0,0061**
		Aceptación	0,0070

Figura 30. Derivas en Dirección Y

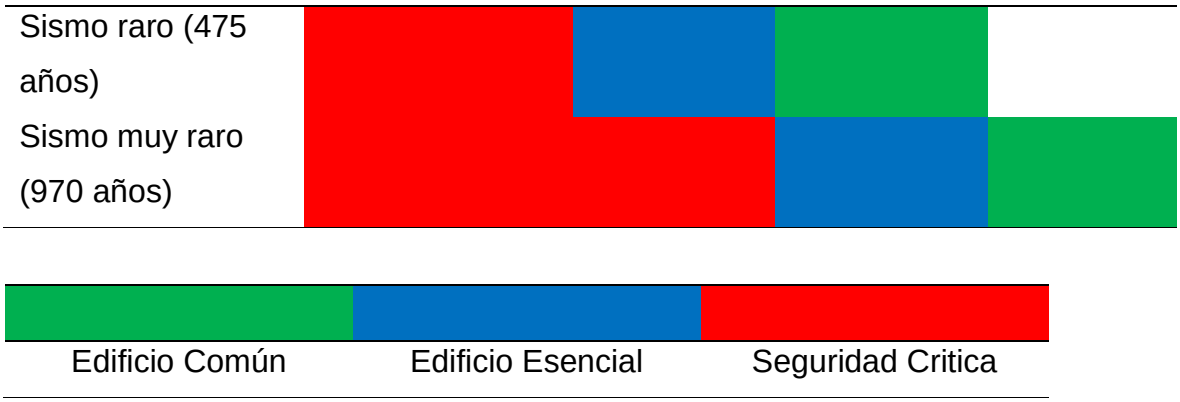


Desempeño no Lineal

Para realizar el análisis de vulnerabilidad de la estructura se debe identificar el criterio de revisión y con que parámetro se debe comparar, tomándose las recomendaciones de la FEMA 440 y el Comité Visión 2000

Tabla 17. Desempeño de Edificios Comunes, Esenciales y de Seguridad Crítica

	Nivel de Desempeño			
Sismo de Diseño	**Completamente Operativo**	**Operativo**	**Resguardo de la Vida**	**Cerca al Colapso**
Sismo fecuente (54 años)				
Sismo ocacional (75 años)				



Otro aporte que aclara mejor es el de Alejandro Muñoz en su libro de ingeniería sísmica, los datos más importantes de comparación se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 18. Aceleraciones Pico y Comportamiento en Edificios Comunes

Sismo de Diseño	Aceleración (g)	Comportamiento Estructural
Sismo frecuente (54 años)	0,20	Perfectamente elástico
Sismo ocasional (75 años)	0,25	Perfectamente elástico
Sismo raro (475 años)	0,40	Importantes incursiones inelásticas con pérdidas de resistencia y rigidez. La estructura podría repararse.
Sismo muy raro (970 años)	0,50	Severas incursiones inelásticas, perdidas casi totales de rigidez y resistencia. No es posible reparar la estructura.

Análisis PUSHOVER

En el análisis PUSHOVER se definieron cargas incrementales que van desde 0 hasta un máximo de 750, estableciendo un factor de escala de 50 en una distribución lateral de 15 toneladas. También se define los parámetros de carga de las rotulas plásticas las cuales definirán el comportamiento de la curva

de capacidad en carga para la columna 1,1CM+CV+SX+0,30SY, y para las vigas 1,2CM+1,6CV.

Figura 31. Rotulas Plástica en la Dirección x

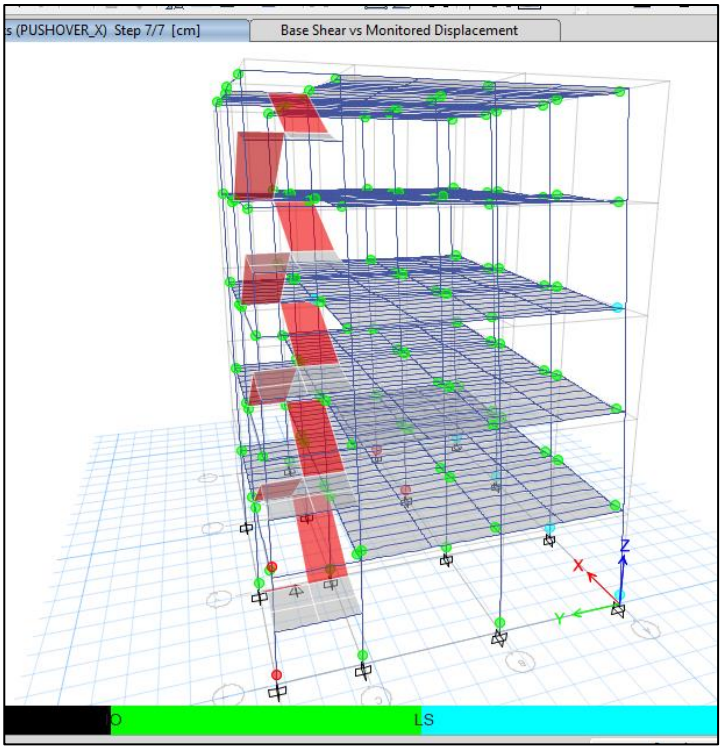


Figura 32. Rotulas planta Nivel 1, en la Dirección X, más Desfavorable

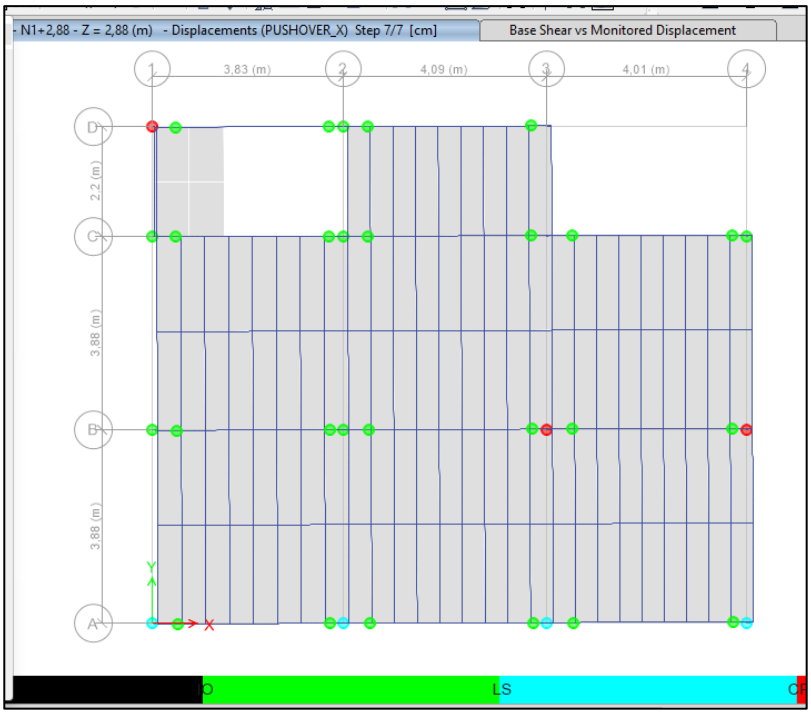
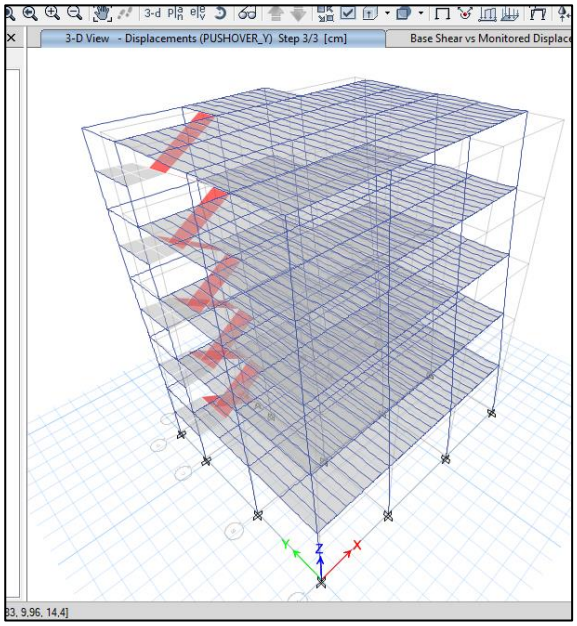
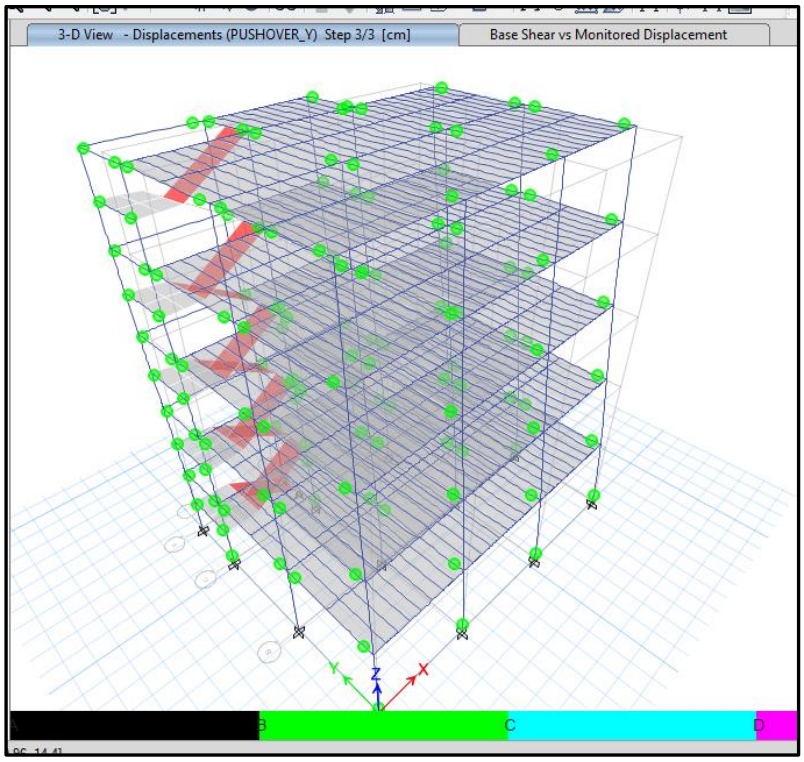


Figura 33. Rotulas Plástica en la Dirección Y; según Comité Visión



No se generaron rotulas, se decidió modelar de cuerdo a la curva de capacidad de los elementos, Se de esta manera se obtuvo el siguiente comportamiento

Figura 34. Rotulas Plástica en la Dirección Y; según FEMA 440



Representación de las Curvas de Capacidad

El procedimiento para determinación la vulnerabilidad estructural de la edificación es comparar el comportamiento de las curvas de capacidad dentro de las curvas bilineales.

Figura 35. Curva de Capacidad Final PUSHOVER en X

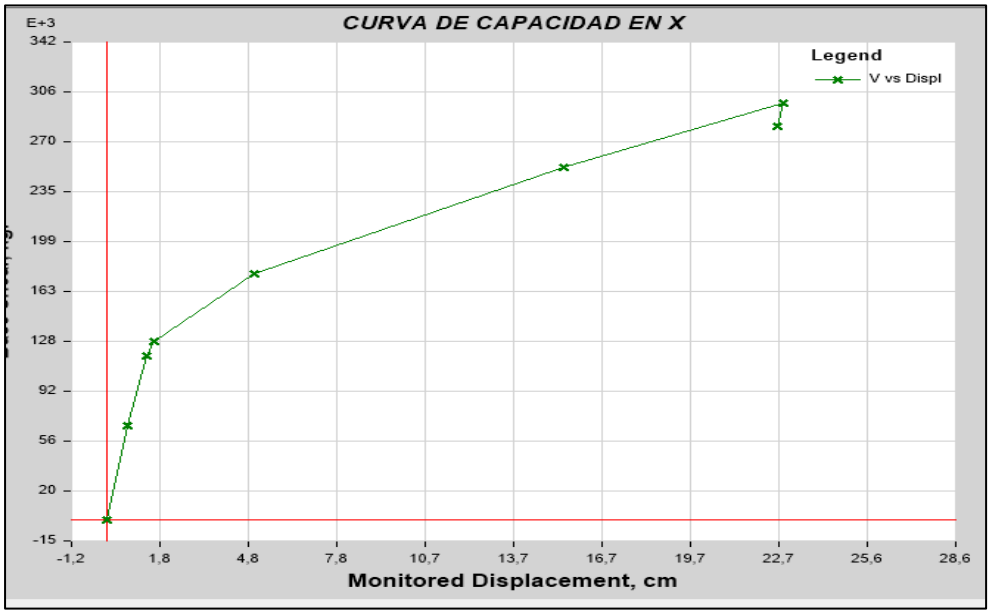


Figura 36. Curva de Capacidad Final PUSHOVER en Y

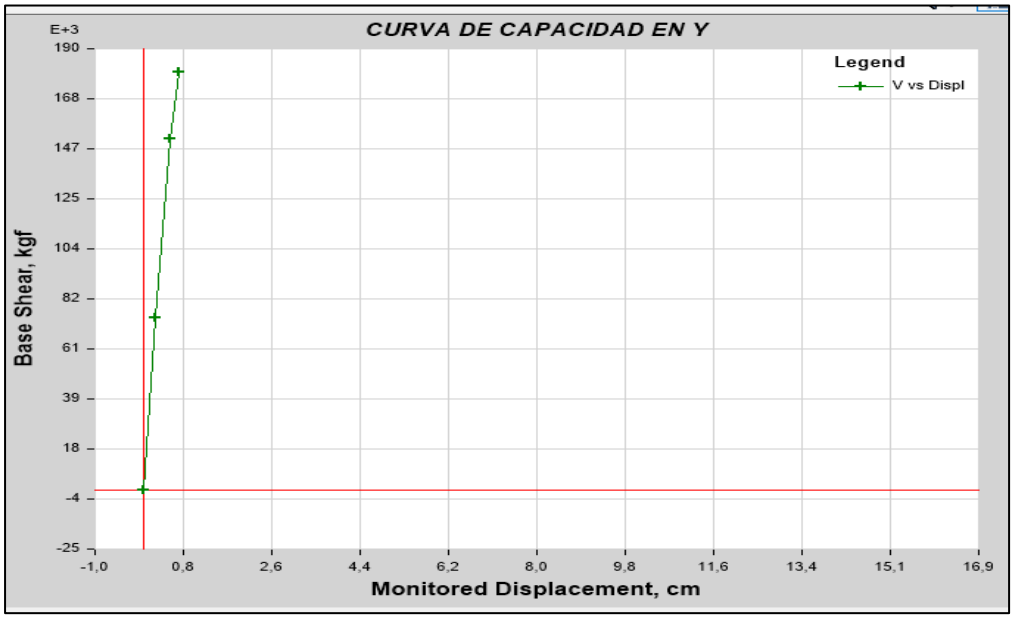
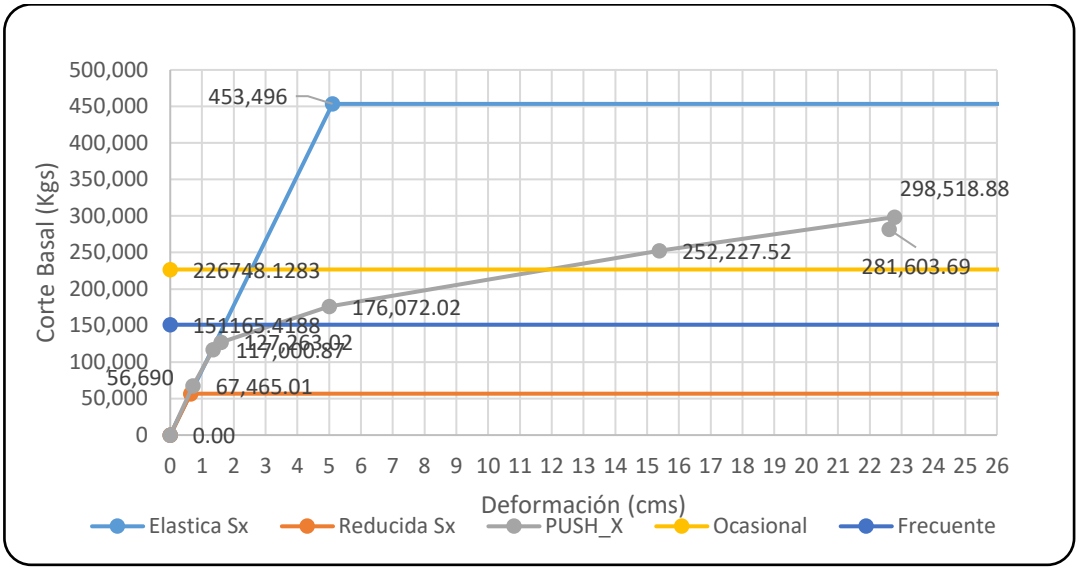


Figura 37. Curva de Capacidad y Bilineales en la Dirección X



De acuerdo a esta gráfica, para un sismo ocasional la estructura está en el rango plástico, y su deriva es de 0,0083 superior a la reglamentaria de 0,007, se puede observar también que la curva de capacidad está muy distante de acercarse al sismo raro. En vista de lo observado la estructura no cumple con las recomendaciones del Comité Visión 2000, de llegar al resguardo de vida.

Figura 38. Curva de Capacidad y Bilineales en la Dirección Y

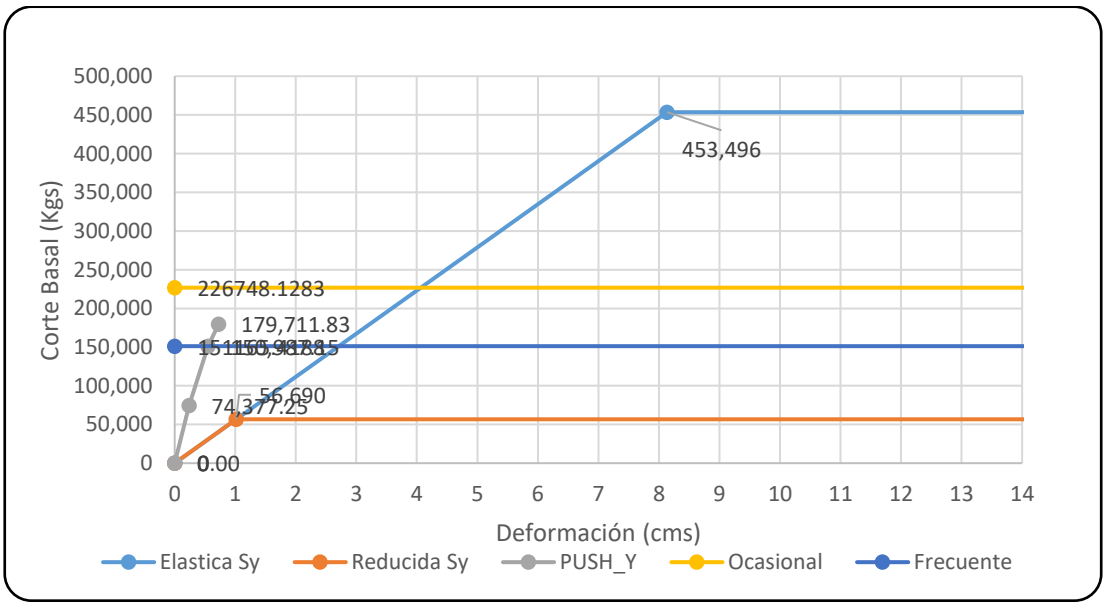


Tabla 19. Coordenadas Curva Capacidad en X

Curva Puhsover X		
No	**Fd (kg)**	**Despla (cms)**
0	0,00	0,00
1	67.465,01	0,72
2	117.000,87	1,35
3	127.263,02	1,60
4	176.072,02	5,00
5	252.227,52	15,38
6	298.518,88	22,78
7	281.603,69	22,61

Tabla 20. Coordenadas Curva Capacidad en Y

Curva Puhsover Y		
No	**Fd (kg)**	**Despla (cms)**
0	0,00	0,00
1	74.377,25	0,24
2	150.987,15	0,55
3	179.711,83	0,73

Se presenta a continuación el criterio según FEMA 440, el cual compara la curva de capacidad con los diferentes espectros.

Figura 39. FEMA 440 con PUSHOVER X y espectro R=1

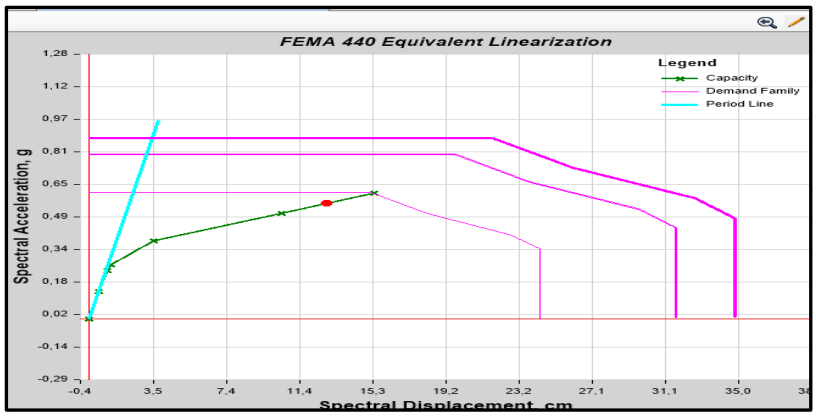


Figura 40. FEMA 440 con PUSHOVER X y espectro R=8, Diseño

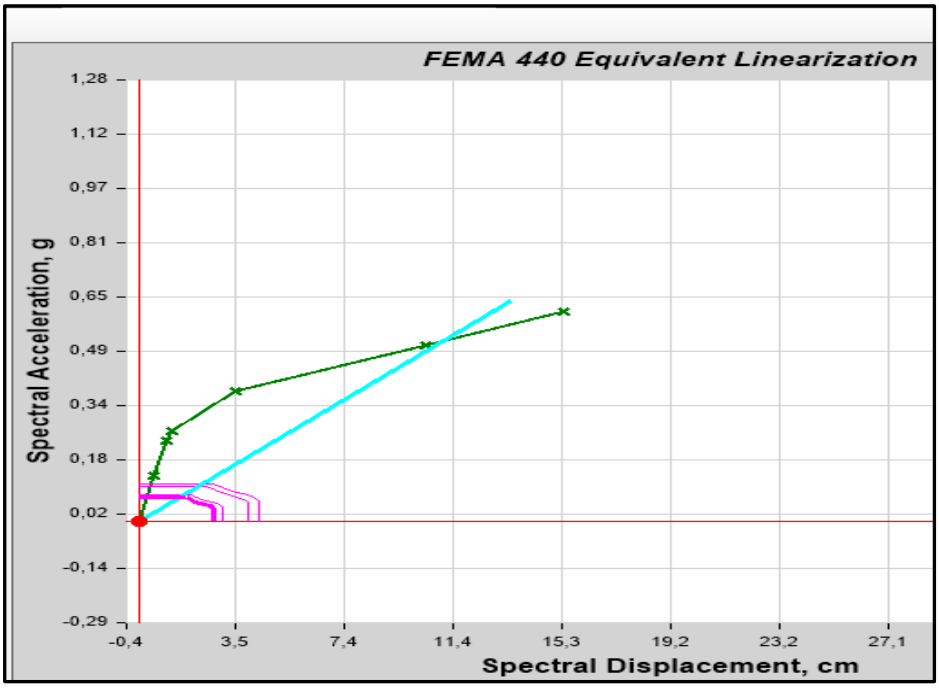


Figura 41. FEMA 440 con PUSHOVER X y espectro R=3, Sismo Frecuente

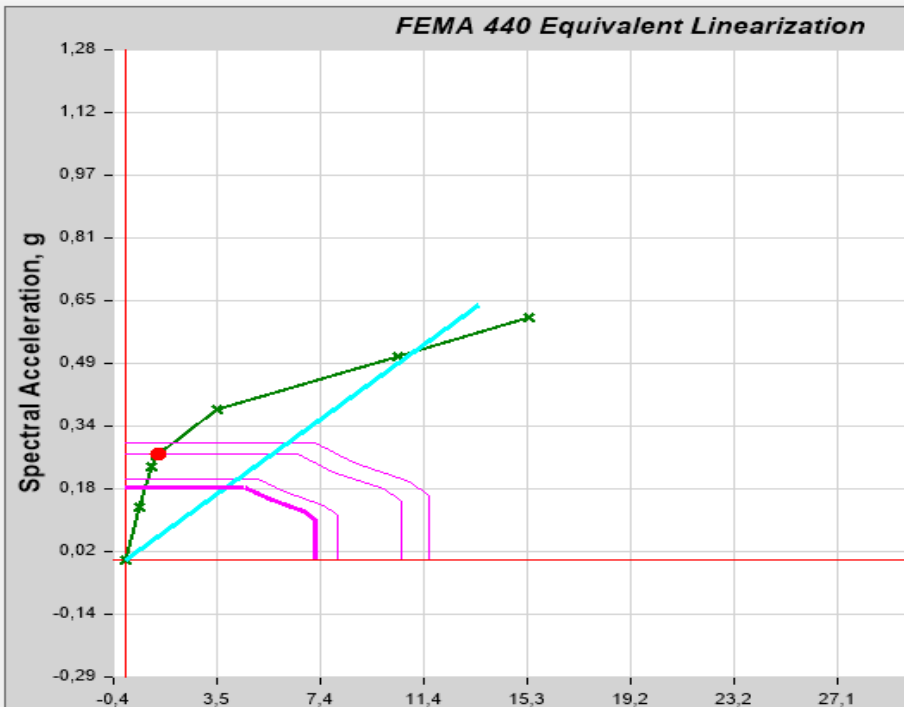
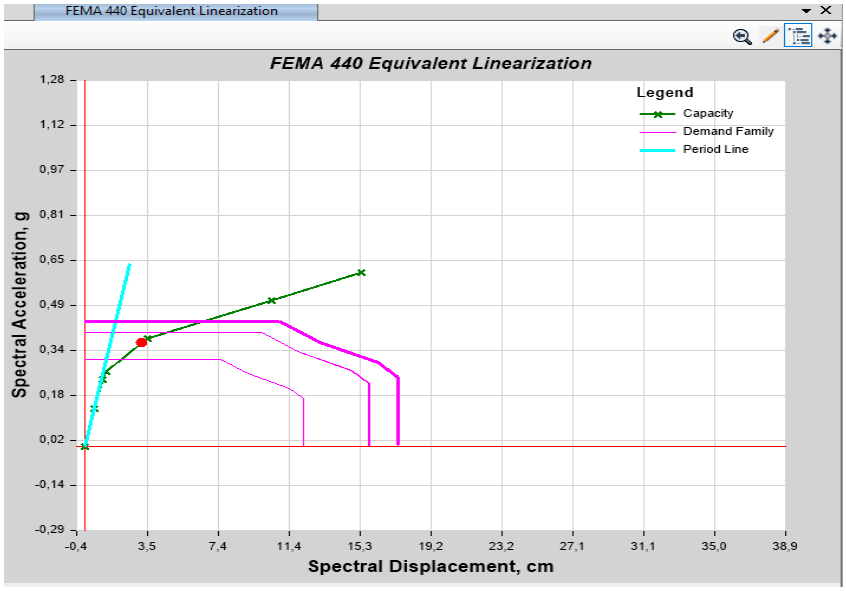


Figura 42. FEMA 440 con PUSHOVER X y espectro R=2, Sismo Ocasional



Aunque la estructura cumple con el diseño establecido por la norma es vulnerable, sufre daño en el sismo ocasional al tener una deriva superior a la permitida, y no poder soportar el sismo raro.

Rediseño de la Estructura

Aunque el factor de reducción de 8 está establecido en la norma E. 030 para la estructura de concreto armado, no significa que se debe tomar siempre, es una recomendación de la norma para conseguir aligerar las estructuras y no hacerlas tan pesadas. Esta norma al igual que las del resto de los países no toman en cuenta el diseño por capacidad de la estructura.

Existen varios índices para medir la vulnerabilidad los cuales evalúan el riesgo de ubicación, consideraciones constructivas y de diseño, y la norma que se utilizó. Sin embargo, si la estructura no es capaz de soportar el sismo no vale ningún índice.

Con el fin de análisis se diseñó con la geometría del edificio y sus cargas para un factor de reducción de 3 (R=3).

Figura 43. Secciones Originales Revisión Diseño, Revisión 3D

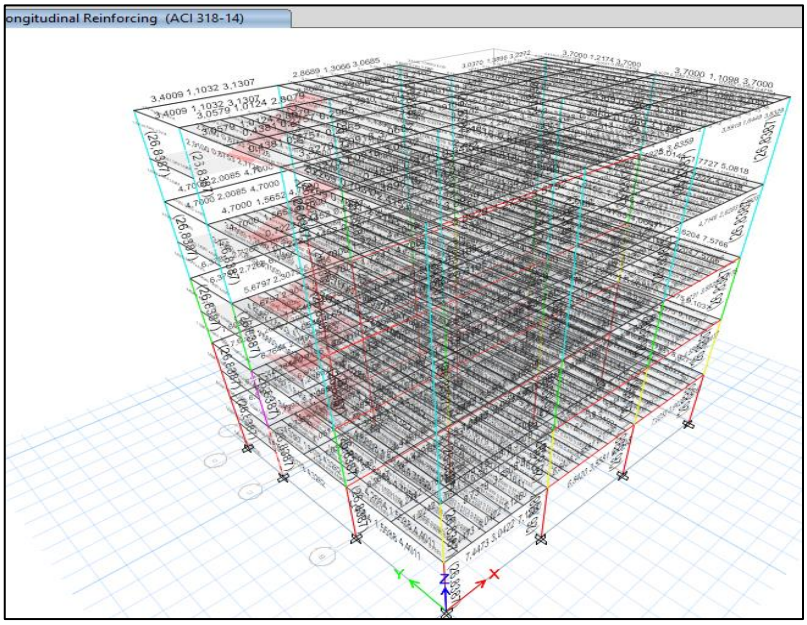
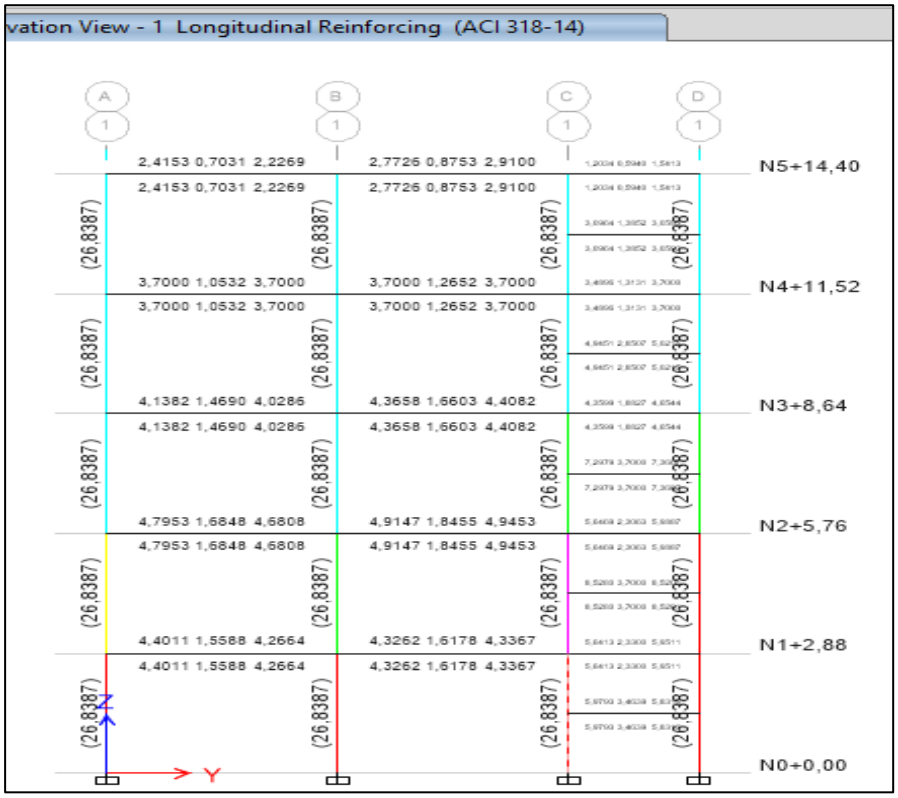


Figura 44. Secciones Originales Revisión Diseño, Elevación 1



Al revisar la estructura las columnas hasta el tercer piso y algunas vigas de carga poseen excesos de acero de refuerzo, en vista de esto las columnas se cambiaron de 50x70 cms a 70x90 cms, y las vigas de carga de 30x50 cms a 40x60 cms.

Figura 45. Secciones Modificadas Revisión del Diseño, Revisión 3D

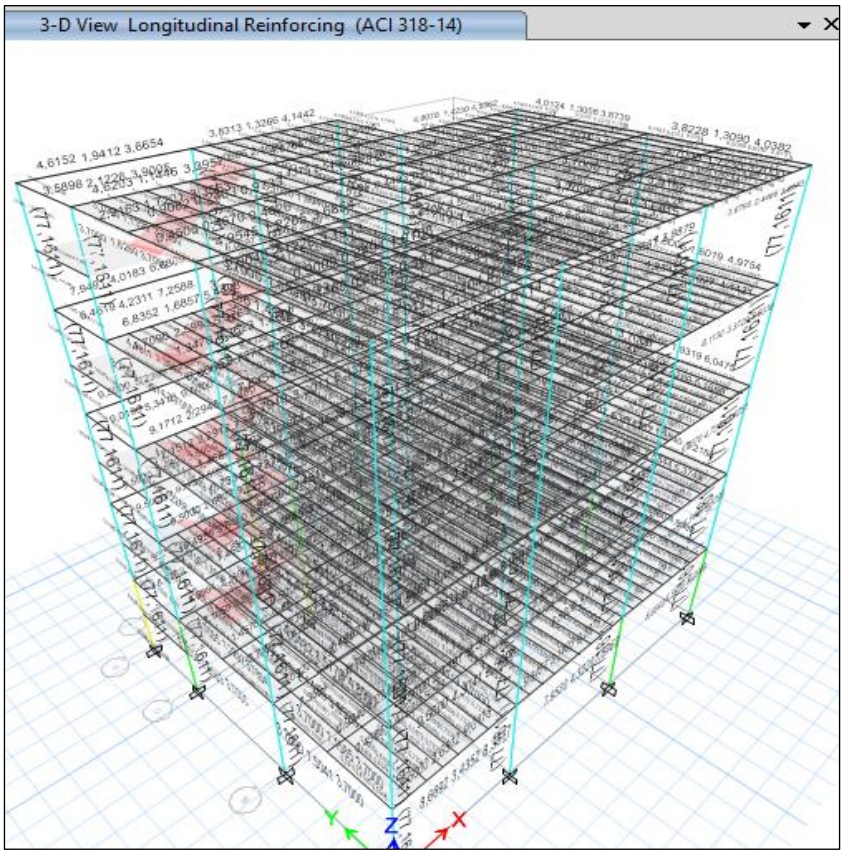


Figura 46. Secciones Modificadas Revisión del Diseño, Planta Baja

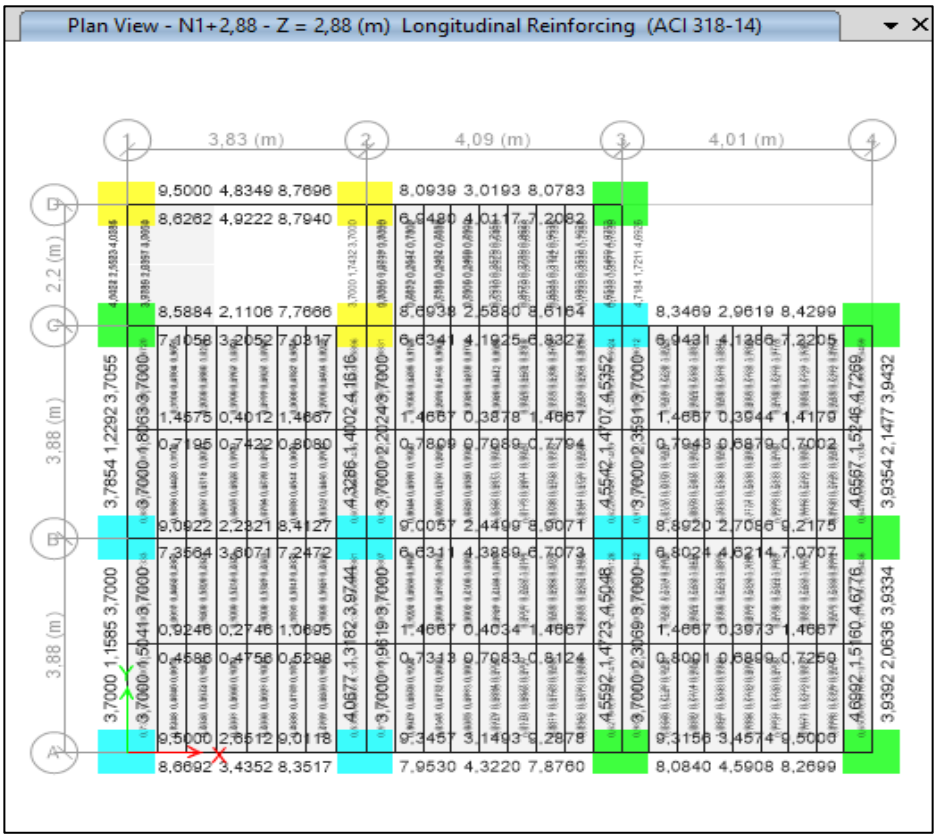
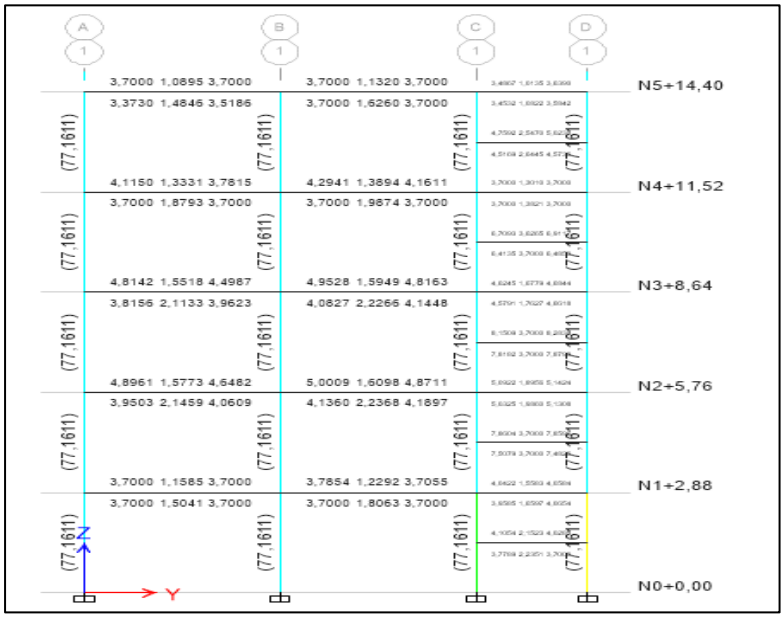


Figura 47. Secciones Modificadas Revisión del Diseño, Planta Baja



Periodos fundamentales y Correcciones Basales

Se presenta a continuación la revisión del análisis modal, con las correcciones del corte basal, determinación de los periodos, desplazamiento y aceleraciones correspondientes. También se presenta el cumplimiento de las derivas.

Tabla 21. Resultado Análisis Modal, R=3

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Case	Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Modal	1	**0,384**	0,0001	**0,7437**	0,0001	0,7437	0,0108	0,0108
Modal	2	**0,272**	**0,6221**	0,0034	0,6222	0,7471	0,1648	0,1756
Modal	3	**0,261**	0,1641	0,0077	0,7863	0,7548	**0,6061**	0,7817
Modal	4	0,104	0,0000	0,1434	0,7863	0,8981	0,0022	0,7840
Modal	5	0,079	0,0985	0,0005	0,8849	0,8987	0,0244	0,8084
Modal	6	0,076	0,0252	0,0015	0,9100	0,9002	0,0982	0,9066
Modal	7	0,048	0,0000	0,0002	0,9100	0,9004	0,0000	0,9066
Modal	8	0,048	0,0000	0,0000	0,9100	0,9004	0,0000	0,9066
Modal	9	0,048	0,0000	0,0000	0,9100	0,9004	0,0000	0,9066
Modal	10	0,048	0,0000	0,0001	0,9100	0,9005	0,0000	0,9066
Modal	11	0,048	0,0000	0,0000	0,9100	0,9005	0,0000	0,9066
Modal	12	0,047	0,0000	0,0054	**0,9100**	**0,9059**	0,0001	**0,9067**

Tabla 22. Periodos Fundamentales y Porcentajes de Participación, R=3

Modo	T(s)	% Participación de Masa			Observación	Acel. Espectrales	
		Ux	Uy	Rz		R=1	R=3
2	0,272	0,6221			Transl X	0,875	0,291667
1	0,384		0,7437		Transl Y	0,875	0,291667
3	0,261			0,6061	Torsión	0,875	0,291667

Tabla 23. Corte Basal Corregido, R=3

	Dirección X		**Dirección Y**	
	R=1	**R=3**	**R=1**	**R=3**
Vb (Kgs)	635.539,04	211.846,59	635.539,04	211.846,59
δ (cms)	0,343	0,114	0,631	0,21

Figura 48. Derivas en Dirección X, R=3

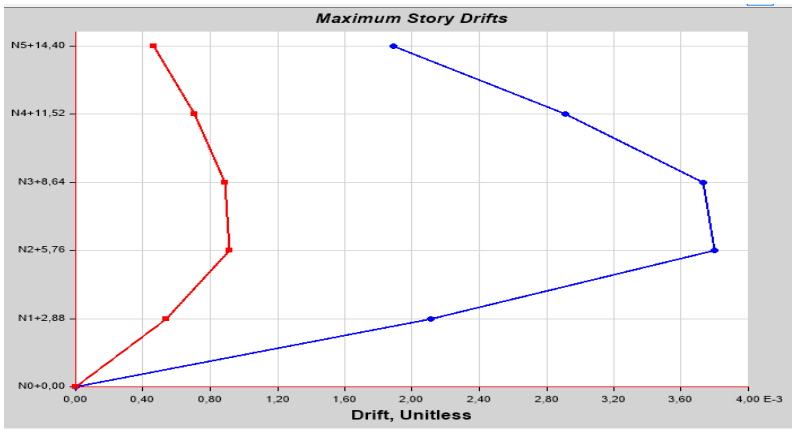
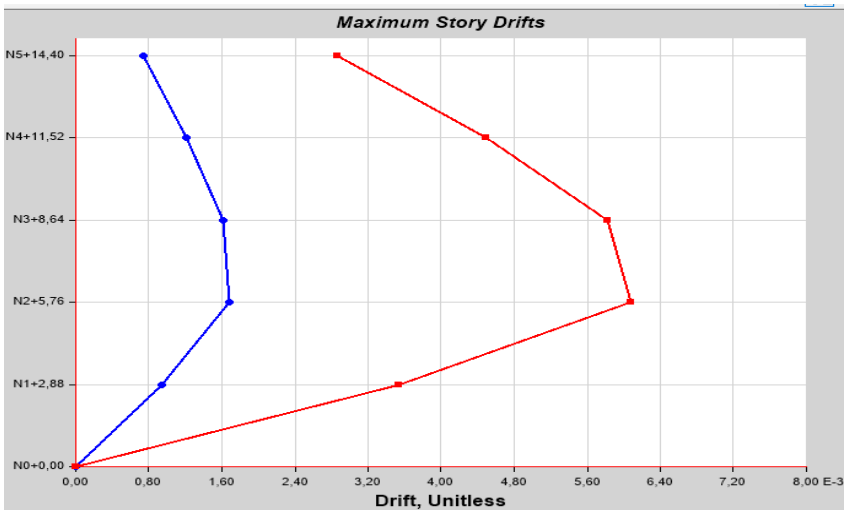


Figura 49. Derivas en Dirección Y, R=3



Diseño de Refuerzo

Ya teniendo las dimensiones definitivas de la estructura es cuando se procede al diseño del acero de refuerzo, para esto se utiliza el programa CYPECAD el cual contiene los códigos de diseño de Perú. El CYPECAD posee una interface con el usuario muy amigable que permite realizar modificaciones al diseño y chequear el cumplimiento con las normas.

Se presenta a continuación algunas salidas del programa.

Figura 50. Despiece de viga – CYPECAD

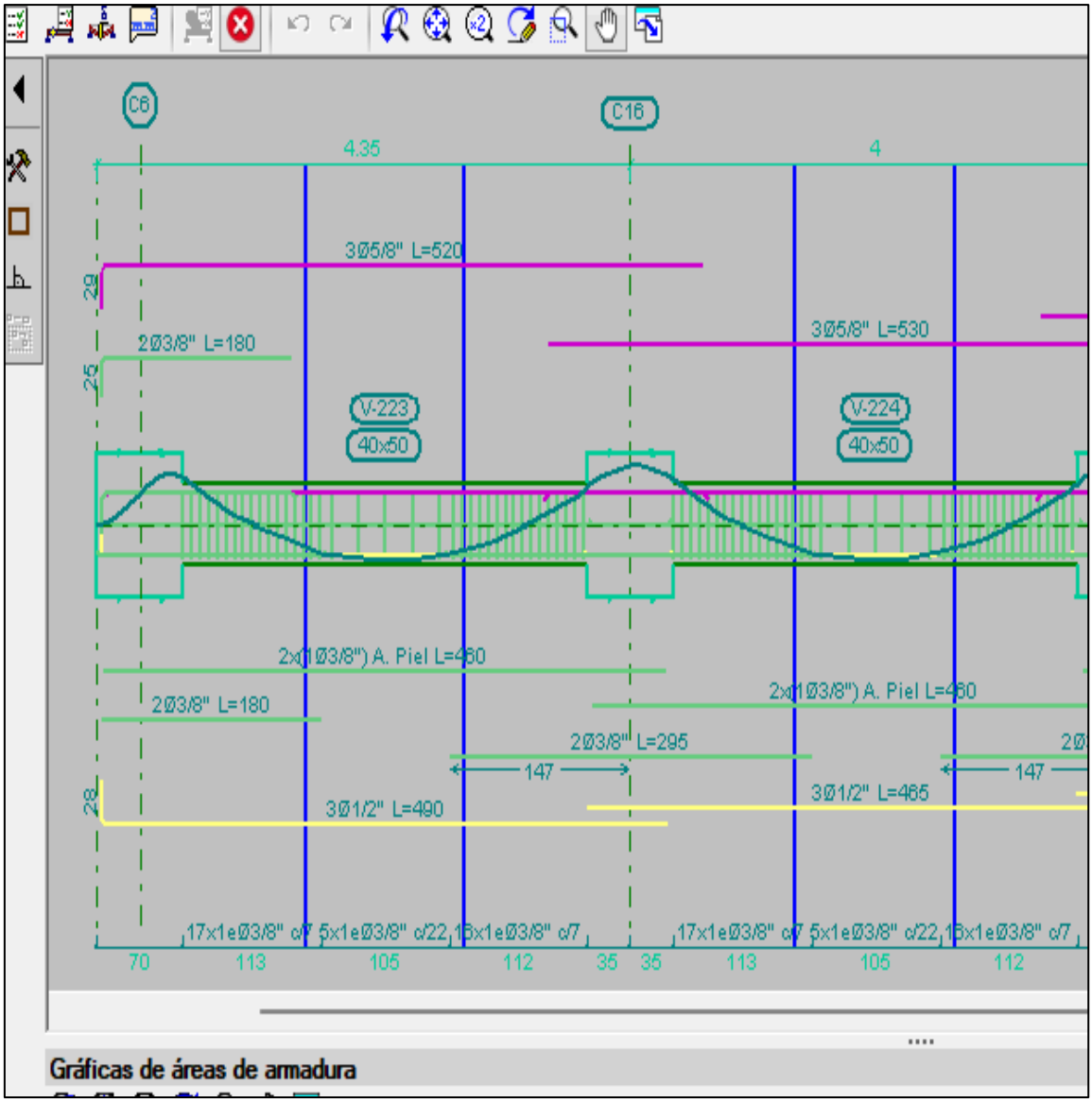


Figura 51. Áreas de Acero de viga - CYPECAD

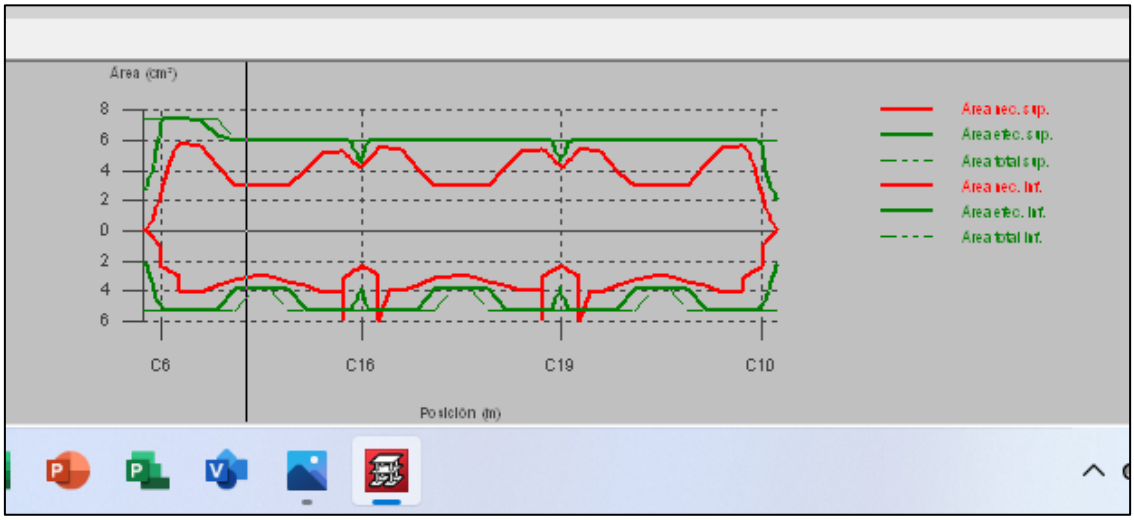
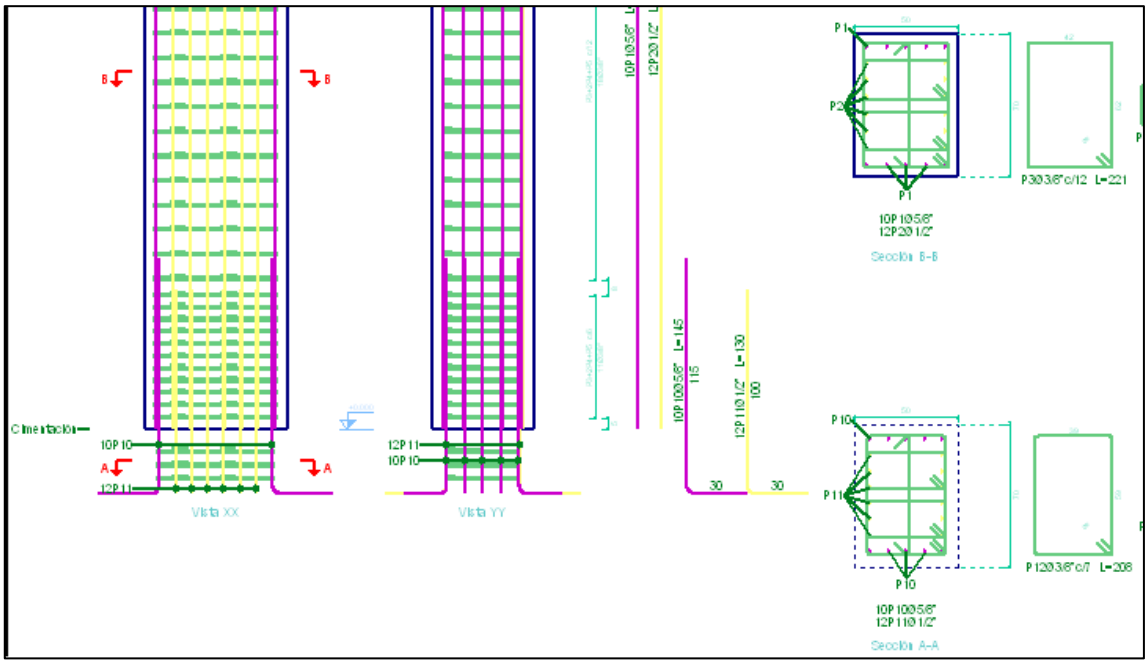


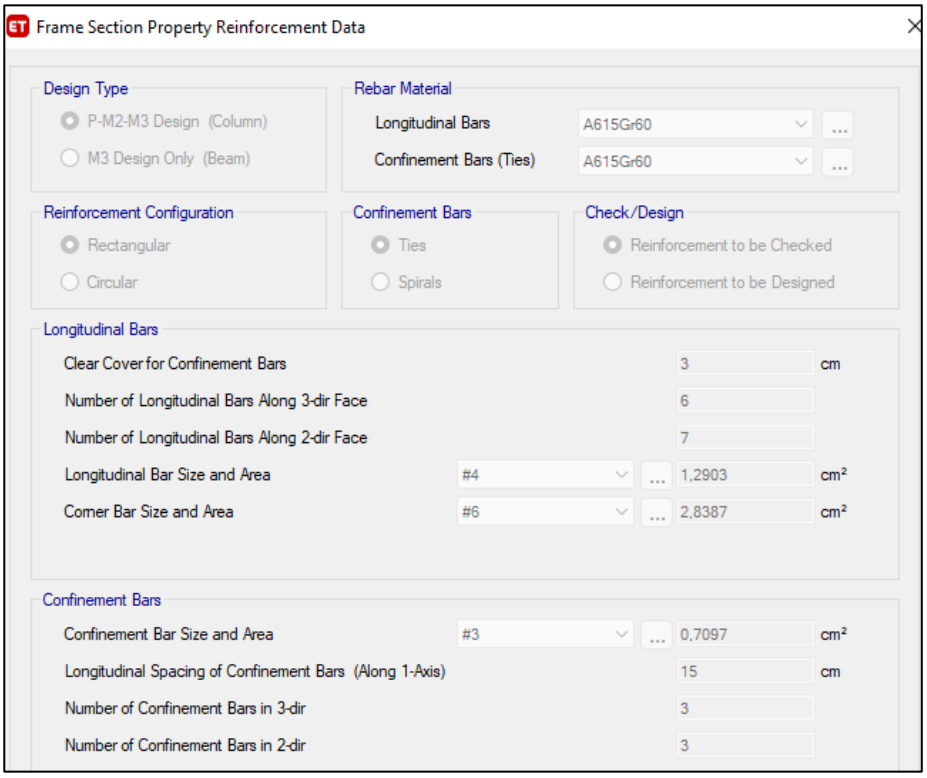
Figura 52. Despiece de Columna - CYPECAD



Es de acotar que la familia de programas de CSI posee un nuevo programa de armado (CSIDETAIL), sin embargo, CYPECAD tiene una mayor versatilidad. Posteriormente, se chequean las áreas determinadas por el SAP ajustándose con los valores del CYPECAD, la razón de esta corrección es que el CYPECAD incorpora en el armado el acero de construcción y otros aceros recomendados por los desarrolladores del programa (ver figura 50).

Se procede a desbloquear el programa, modificar los aceros, y se corre la estructura completa, incluyendo el análisis estático no lineal.

Figura 53. Modificación del Acero - Sap



Análisis Estático no Lineal

Se presenta a continuación la curva de capacidad con las curvas bilineales.

Figura 54. Curva de Capacidad y Bilineales Dirección X, R=3

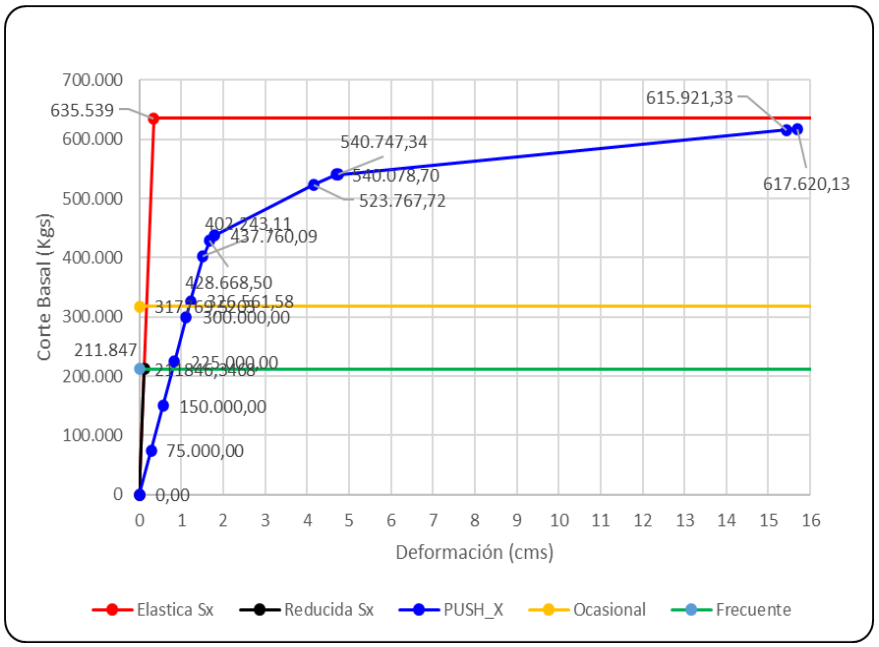
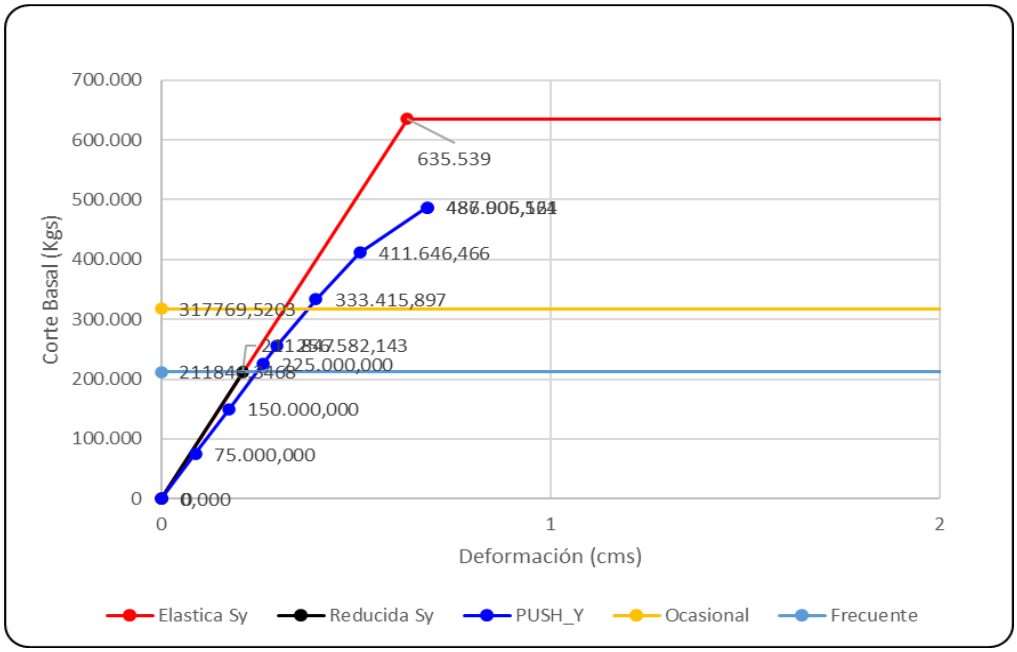


Figura 55. Curva de Capacidad y Bilineales Dirección Y, R=3



Como se puede observar cuando se realiza el diseño con un factor de reducción de R=3, el comportamiento de la estructura es mucho mejor y si la estructura no posee sobrepeso puede soportar un sismo raro, cumpliendo las recomendaciones del Comité Visión teniendo la vulnerabilidad desea.

Los índices de vulnerabilidad establecidos por diferentes organismos están basados en determinar las zonas de mayor desastre en la ocurrencia de sismos, deslizamientos e inundaciones. Estos métodos son cualitativos y no indican en realidad si las estructuras son capaces de soportar las solicitaciones en este caso sísmicas. Es claro que se evalúan condicionantes que afectan significativamente el comportamiento de la estructura como lo son: tipo de suelo, métodos constructivos, y entre los factores estructurales: irregularidades, elevación, columnas cortas, tipo de estructura, versión de la norma utilizada.

Si determina el índice por la capacidad de soportar sismos vemos, que la estructura en construcción tiene una vulnerabilidad estructural con respecto a sismo de 50% (soporta frecuente y ocasionales, pero no raros ni muy raros). Si sacamos los sismos muy raros, su vulnerabilidad es de 33% ya que no soporta el sismo raro (475 años).

V DISCUSIÓN

Determinar de las solicitaciones sísmicas y solicitaciones de uso de la edificación

En todos los trabajos de los antecedentes se determinaron correctamente las solicitaciones sísmicas a través de los espectros de repuestas y las de uso, ya que se utilizaron las que contiene las normas. Sin embargo, el contenido normativo sísmicos no son suficiente para la determinación del comportamiento no lineales, o plásticos de las estructuras, es de resaltar que actualmente ninguna norma sismorresistente de los países de América contiene especificaciones claras para los análisis no lineales.

En cuanto a las informaciones sísmicas que ofrece el instituto geofísico del Perú en su página web, son reportes de movimientos sísmicos y se representan por las diferentes escalas de magnitudes, datos que para la realización de los análisis estructurales no sirve.

El instituto geofísico debería suministrar mayor información como las aceleraciones y períodos de los diferentes sismos de diseño, y registros acelerográficos bases para los análisis dinámicos paso a paso no lineales, sin los cuales es imposible la realización de un correcto análisis de vulnerabilidad estructural.

Este trabajo se apoyó en la información sísmica contenida en el trabajo de Saico (2021) y de Alejandro Muñoz en su libro.

Realizar el análisis sismorresistente por el método dinámico no lineal de la edificación

Por la falta de información sísmicas de un registro base de un sismo representativo de diseño, no es conveniente la realización del análisis dinámico paso a paso no lineal, ya que los resultados no van a ser representativo, es por esta razón que los trabajos de los antecedes llegan hasta la modelación estática no lineal. Para solventar esta dificultad se realizaron ensayos estáticos no lineales con

varios espectros de aceleraciones. Identificados por sus factores de reducción 1, 2, 3 y 8 (diseño normativo para estructura de concreto armado.

Para cada uno de estos resultados se compraron con las curvas bilineales y los diferentes espectros de aceleración desplazamiento, adicionalmente se realizaron los análisis dinámicos modal y espectral y el estático mayorado.

El análisis dinámico no lineal, conocido como histórico paso a paso, realiza un análisis no lineal de cómo se comporta en el tiempo la estructura para un sismo determinado, tomando en cuenta la curva de deformación del material bajo comportamiento cíclico, lo cual nos daría mayor información de como quedarías la estructura después del sismo. Sin embargo, no se pudo obtener información del instituto geofísico de la data de un sismo de alta magnitud de los acelerógrafos que están cerca de la ciudad de cusco, el cual es necesario para la realización del análisis habiendo realizados las correcciones adecuadas por tipo de suelo y de considerarse necesario la escalación de los valores para aumentar la aceleración sísmica.

Es de acotar, que el análisis dinámico no lineal representaría un punto de la curva de capacidad obtenida en el análisis PUSHOVER, correspondiente a la aceleración máxima del sismo utilizado. De esta manera observar las variaciones de los resultados y los posibles ajustes de la curva de capacidad.

En cuanto a los análisis realizados, estáticos mayorado, modal lineal, dinámico espectral, y estático espectral no lineal (PUSHOVER), reviste de una importancia significativa el análisis modal ya que indica la capacidad que tiene la estructura de soportar las solicitaciones a la cual está sometido el edificio, además de darnos los períodos de retornos de la edificación y quede ser comparado con el del suelo para saber posibilidad de resonancia de la estructura.

Determinación del grado de vulnerabilidad

En los antecedentes se determinaron la vulnerabilidad a través de los diferentes métodos cualitativo, en este trabajo se determinó la vulnerabilidad de la estructura por capacidad de soportar los diferentes sismos de diseño (frecuente, ocasionales, raros y muy raros). El procedimiento fue comparar los comportamientos estructurales bajo estos sismos según las recomendaciones del

Comité Visión 2000 y de FEMA 440. Resultando que para el sismo de diseño con R=8 la vulnerabilidad es de 50% y para sismo de diseño de R=3 la vulnerabilidad es de 25% (para este diseño se tuvo que aumentar las secciones de los elementos estructurales)

Se debe tener claro que en los índices de vulnerabilidad cualitativos se supone que el diseño debe ser capaz de soportar los movimientos sísmicos, lo cual es falso dado el análisis realizado.

Este trabajo arrojo como resultado principal que las edificaciones de 5 niveles de concreto armado que cumplen con los requerimientos mínimos establecidos por las normas estructurales no son capaces de soportar el sismo máximo probable, y que son capaces de soportar los sismos ocasionales presentando deformaciones permanentes por cuanto se encuentra muchos de los elementos estructurales trabajando en el rango plástico.

El factor de reducción de acuerdo al estudio realizado en estructura de concreto armado de 5 niveles debe estar en un rango de 3 a 5, y no el mínimo establecido de 8 en edificaciones comunes (residenciales). Se debe realizar una revisión de la norma, mientras tanto se debe realizar los análisis no lineales hasta cumplir con los niveles de desempeño, y que desde el punto de vista de diseño la estructura sea capaces de soportar en estado de colapso inminente el sismo 475 años.

VI CONCLUSIONES

Determinación de las solicitaciones sísmicas y de uso de la edificación.

En las normativas vigentes se encuentran las solicitaciones mínimas recomendadas para las cargas de usos de las estructuras de acuerdo al uso de la edificación y de cada una de sus áreas, se seleccionó como carga variable 200kg/m2 y como sobrecarga permanente 250kg/m2, en cuanto el peso propio es determinado directamente por los programas de modelación utilizados.

En cuanto a las cargas sísmicas que viene representada por los cortes basales corregidos, se determinaron para el caso de un factor de reducción máximo de 8 (normado en la E.030) y un factor Ro=3 correspondiente a un sismo frecuente de acuerdo a los análisis realizados. La información de los datos sismo se obtuvo de Saico / (2021)

Realización del análisis sísmico no lineal

Actualmente, los reportes de los diversos organismos que se encarga de evaluar cual debe ser el desempeño de las estructuras dentro del rango no lineal, coinciden que deben ser capaces de soportar el sismo raro el cual corresponde a un período de retorno de 475 años. En base a lo anterior, se analizaron dos criterios de diseño no lineales, uno con un factor de reducción de 8 y el otro con 3 (donde se realizaron ajuste a las dimensiones de los elementos estructurales).

Se obtuvieron como resultado para el factor Ro=8 que no es capaz de soportar el sismo raro (475 años), y que para el sismo ocasional la estructura está en el rango plástico con una deriva de 0,0083 mayor que 0,007 exigida por la norma. El análisis no lineal con el factor Ro=3, la estructura está muy cerca de soportar el sismo raro, este pequeño ajuste se puede lograr reforzando con acero un poco más los elementos estructurales.

Determinación del grado de vulnerabilidad sísmica

En cuanto a los grados de vulnerabilidad, de la estructura analizada, para los diferentes sismos tenemos:

1. Para un sismo frecuente (periodo de retorno de 45 años) algunos elementos entran en el rango elástico sin daños mayores, existe una pequeña pérdida de capacidad, y se deben reparar algunos elementos. Sin embargo, la estructura está operativa.
2. Para el sismo ocasional (periodo de retorno de 75 años), entren en el rango plásticos una gran cantidad de elementos estructurales, los daños son considerables, se presenta perdida de resistencias, y la tabiquería sufre daños considerables. Esta estructura queda debilitada, pero puede ser reparable.
3. En cuanto el sismo con periodo de retorno de 475 años, la estructura no es capaz de soportarlo.

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto de 5 niveles.

Extrapolando los resultados obtenidos en el edificio analizado, se puede llegar a concluir que la vulnerabilidad de las estructuras de concreto armado aporticado para edificio de 5 niveles es satisfactorias para un sismo de 45 años de periodo de retorno. En el caso de sismos de mayores aceleraciones, la incorporación de las estructuras en el rango inelástico ocasionaría daños considerables con pérdida de la capacidad de soporte, estos daños pueden ser reparados. En cuanto a la tabiquería confinada, presentaría grandes agrietamiento, ventanas rotas y grietas en algunas partes de las losas de entrepiso.

Si ocurriese un sismo mayor que el ocasional se presentarían juntas plásticas en las partes superiores e inferiores de las columnas, si se dispone de

suficiente acero de refuerzo, que garantice la sección, las columnas se mantendrán de pie, pero deben ser reparadas inmediatamente.

VII RECOMENDACIONES

- En cuanto a las dificultades que se presentan para conseguir la información sísmica, la universidad como organización en pro de la enseñanza de los riesgos sísmicos y en continua revisión de las nuevas metodologías en materia sismorresistente, llegar a un convenio con el Instituto Geofísico para disponer de los datos acelerográficos de las estaciones cercas de la Ciudad de Cusco.
- Se debe actualizar las normativas sismorresistentes para el diseño de estructura para incorporar los análisis de comportamiento no lineales.
- Promover la universidad y el colegio de ingeniero cursos de interpretación de las normas estructurales, así como la divulgación de los avances que se viene realizando en materia de comportamiento no lineal o ultimo de las estructuras.
- Se debe evaluar el comportamiento sísmico de todas las edificaciones importantes con la finalidad de determinar los sismos que las afecta, y realizar los reforzamientos adecuados. La municipalidad o los organismos especializados, deberán realizar zonificaciones de vulnerabilidad.
- Si no es posible el reforzamiento, se deberán aligerar las edificaciones al máximo, y realizar las revisiones sísmicas periódicas

REFERENCIAS

- Cabrera, E., & Torres, M. (2016). Estructuración de edificaciones esenciales y su comparación en comportamiento y vulnerabilidad estructural, mediante modelación dinámica de diferentes tipologías constructivas. Universidad del Azuay
- Dalfaro, D. R., Jos, C., & Costa, P. (2016). Vulnerabilidad Sísmica en Edificios de Hormigón Armado. Estudio de Casos.
- E.060 norma técnica de concreto armado
- Flores, E. (2021). Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso Evaluación. JOURNAL BOLIVIANO DE CIENCIAS, 17, 56–90.
- Febres y Ñahuis, (2019) verificación del programa estructural Cype para la validez de sus resultados en comparación con otros softwares utilizados y renombrados en el mercado como el ETABS
- Huashua, M., & Sanchez, A. (2017). Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Autoconstruidas de la urbanización bella Vista de la ciudad de Abancay. Universidad tecnológica de los andes.
- Hernández, (2014) (ob. cit.) Diseño no experimental
- Hernández y Mendoza, (2018), Fases de investigación
- Hernández-sampieri, r., fernández-collado, c. Y baptista-lucio, (2014) P. Metodología de la investigación. Mexico : Mcgraw-hill,. Vol. Sexta Edición, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- INDECI. (s.f.). Acerca de INDECI. Recuperado el 2017, de https://www.indeci.gob.pe/contenido.php?item=MQ
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017.
- Jurado. (2016) cálculo de estructuras con sap2000-tomo i obras civiles y de edificación con aplicaciones prácticas https://www.researchgate.net/publication/308677941_CALCULO_DE_ESTRUCTURAS_CON_SAP2000-TOMO_I_OBRAS_CIVILES_Y_DE_EDIFICACION_CON_APLICACIONES_PRACTICAS

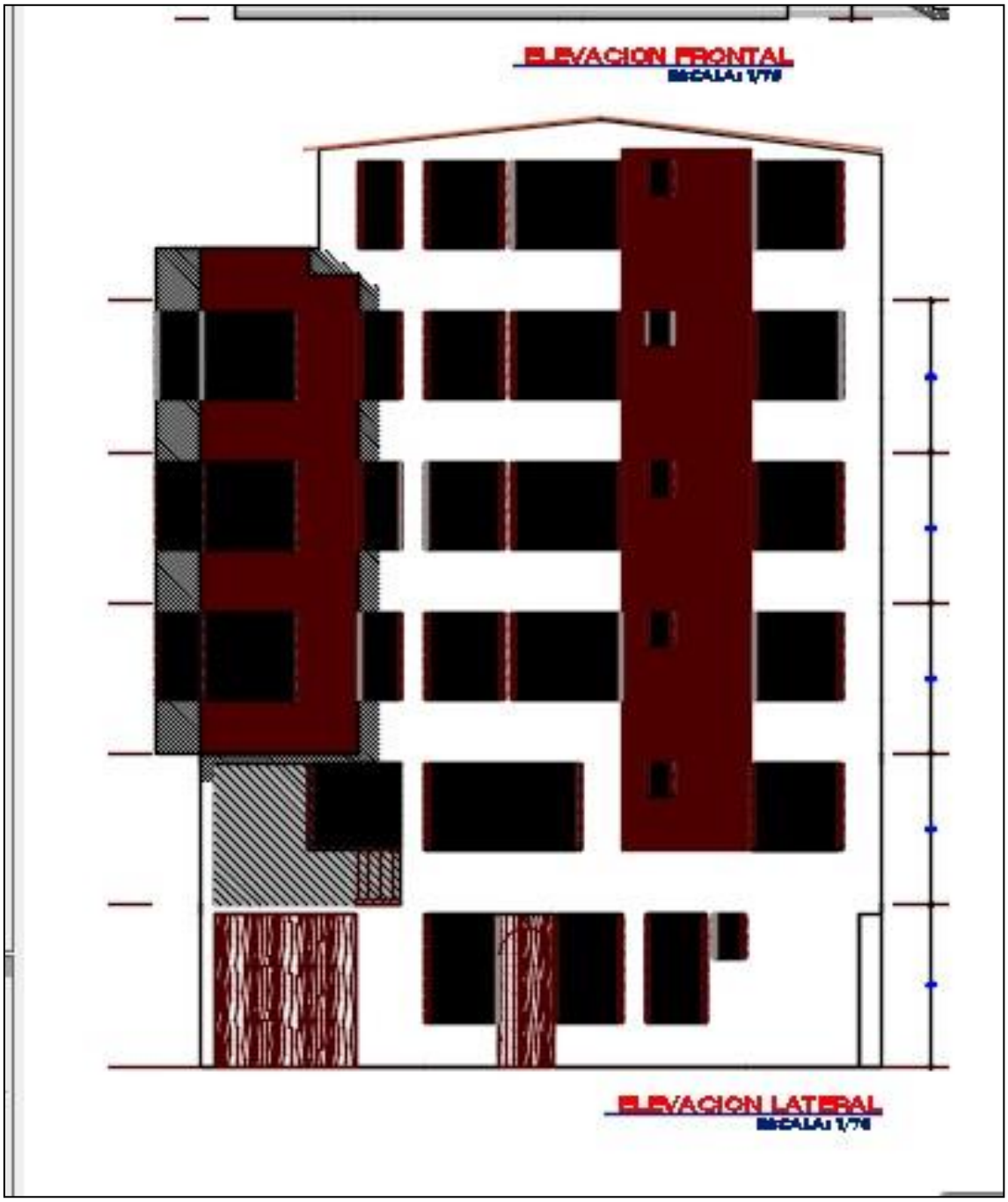
- Molina V. Juan Camilo y Osorio N, (2004). “Estudio de la vulnerabilidad sísmica del bloque m1”. Facultad de minas, universidad nacional de Colombia sede Medellín.
- NTP E 030. (2017). E 030: Diseño Sismorresistente. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Gobierno Del Perú, 8.
- Ning, N., & Zhongguo, J. (2016). Recomendaciones de diseño para lograr ‘’ viga fuerte columna débil”
- Marinilli, (2017) Evaluación probabilística de la condición “columna fuerte viga débil” https://trienal.fau.ucv.ve/2017/publicacion/articulos/TC/extenso/TIFAU2017_Extenso_TC-01_AMarinilli.pdf
- Marín, (2019). Clasificación de la vulnerabilidad en edificios aporticados
- Muños (2015) fallas en las Estructuras https://es.slideshare.net/mariayurimunozleal/fallas-en-las-estructura
- Organización Mundial de la Salud. (2000). Vulnerabilidad estructural. Recuperado: http://cidbimena.desastres.hn/docum/ops/Edan/publicaciones/Fundamentos/FundamentosCap2.pd
- Oficina de las Naciones Unidas, (2004) Reducción del Riesgo de Desastres
- OPS”, (1993) Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales
- Park, R. (2016). Terremoto de estructuras resistentes. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.00856-0
- Pérez, L. (2019). Análisis Comparativo del Diseño Estructural de un Edificio de Concreto Armado de 4 Niveles, por Método Clásico y los Programas Etabs y Cypecad, Carapongo Chosica, Lima 2019. Universidad Cesar Vallejo.
- Peralta, (2011) Determinación de esfuerzos en una superficie de apoyo mediante la aplicación del elemento finito https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/631819/33068001103936.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quispe (2015) Método dinámico no lineal Método de elementos finitos aplicado al estudio de estructuras existentes: casos de cargas de gravedad https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ojs-article-15272
- Quispe (2021), análisis de una construcción de concreto armado, ubicada en Juliaca-Puno, empleando un sistema Diagrid

- Quiroz (2017), vulnerabilidad sísmica de una típica construcción escolar de la ciudad de Lima
- Ramírez, J., & Aguirre, S. (2020). Evaluación de derivas para determinar el análisis sísmico de un edificio dual en el Jr. Progreso, Abancay-2020 TESIS. Universidad Cesar vallejo
- Ramos Q., Julio. (2003) “Análisis de la vulnerabilidad sísmica del edificio central bloque norte de la universidad de caldas”.
- Santana, R. (2014). concreto armado.
- Sociedad Geológica del Perú (SGP), (2019) “Geo-noticias Perú, un país altamente sísmico” Autor: Hernando Tavera.
- Saldaña & Villanueva (2021), evaluaron la estructura de un edificio multifamiliar, ubicado en Monserrate Trujillo
- Sergio, R. (2015). Análisis de la relación de resistencias de vigas y columnas que concurren a un nudo en estructuras porticadas de hormigón armado
- Silja, 2021 Blog La importancia de las estructuras en la construcción https://www.certicalia.com/blog/importancia-estructuras-construccion
- Tavera, (2014) Evaluación del Peligro Sísmico en Perú.
- Vasco, 2016 Sismo resistencia en edificios de hormigón y acero para zonas de alta peligrosidad sísmica en el Ecuador https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/22521
- Tamayo y Tamayo (2006), Metodología de la investigación
- Velásquez (2016) evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones ante un evento sísmico
- Vilema, (2014, p.38). Herramienta CYPE
- Wisner, B., P. Blaikie, T. Cannon and I. Davis (2004), At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters, (2a ed.), Routledge, Londres

ANEXOS

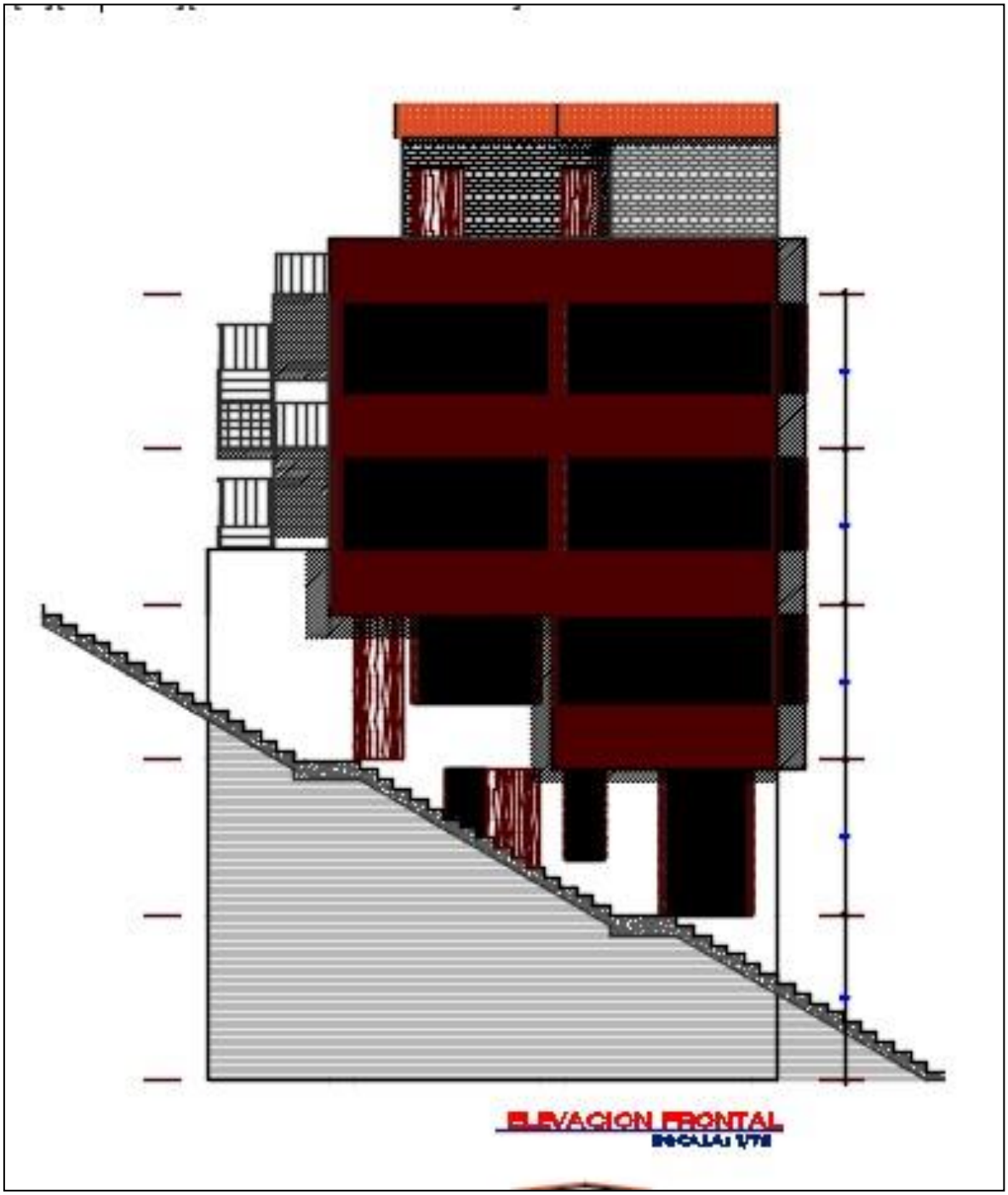
Anexo 1 Vistas del Edificio

Figura 56. Vista lateral del edificio Multifamiliar



Fuente: Ing. Eduardo Pari Palli

Figura 57. Vista frontal del edificio Multifamiliar



Fuente: Ing. Eduardo Pari Palli.

Anexo 2. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
Problema general: ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto armado de 5 niveles de uso multifamiliar utilizando el software Sap200 y CYPECAD ubicado en la Cuidad de Cusco Perú?	**Objetivo General:** Evaluar la vulnerabilidad sísmica de un edificio de concreto armado de 5 niveles de uso multifamiliar utilizando el software Sap200 y CYPECAD ubicado en la Cuidad de Cusco Perú-2022	**Hipótesis General:** Se logra evaluar la vulnerabilidad sísmica de la edificación multifamiliar de 5 pisos mediante la utilización del SAP 2000 y CYPECAD	**Variable independiente:** Edificación de concreto armando de 5 niveles multifamiliar	- **Diseño** - **Configuración estructural**	**-**Espesor de losas. -Peralte de vigas. -Profundidad de cimiento y zapatas
Problemas específicos ¿Cuál ¿Cuáles son las solicitaciones sísmicas y de uso de la edificación? ¿Cuál es el análisis sismorresistente por el método dinámico no lineal de la edificación de 5 pisos? ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica	**Objetivos específicos:** Determinar las solicitaciones sísmicas y de uso de la edificación, Realizar el análisis sismorresistente por el método dinámico no lineal de la edificación multifamiliar de 5 pisos Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica	**Hipótesis específicas:** ✓ Las solicitaciones sísmicas y de uso de la edificación son numéricamente aceptable. ✓ el análisis sismorresistente muestra irregularidades a través del método no lineal. ✓ La evaluación de vulnerabilidad sísmica por el método dinámico no lineal demuestra que no se cumple Norma E.030.	**Variables dependientes:** Vulnerabilidad sísmica	Norma de diseño sismorresistente (E.030), Ensayos y pruebas	-Desplazamiento lateral. -Rigidez

por el método dinámico no lineal de acuerdo a la Norma E.030 del edificio comercial de concreto armado?	por el método dinámico no lineal de acuerdo a la Norma E.030 del edificio comercial de concreto armado.				-Deformación -Esfuerzo internos y externos

Anexo 3. Galería de fotos

Figura 58 Visita de Campo -1

Figura 59 Visita de Campo -2

Figura 60 Visita de Campo -3

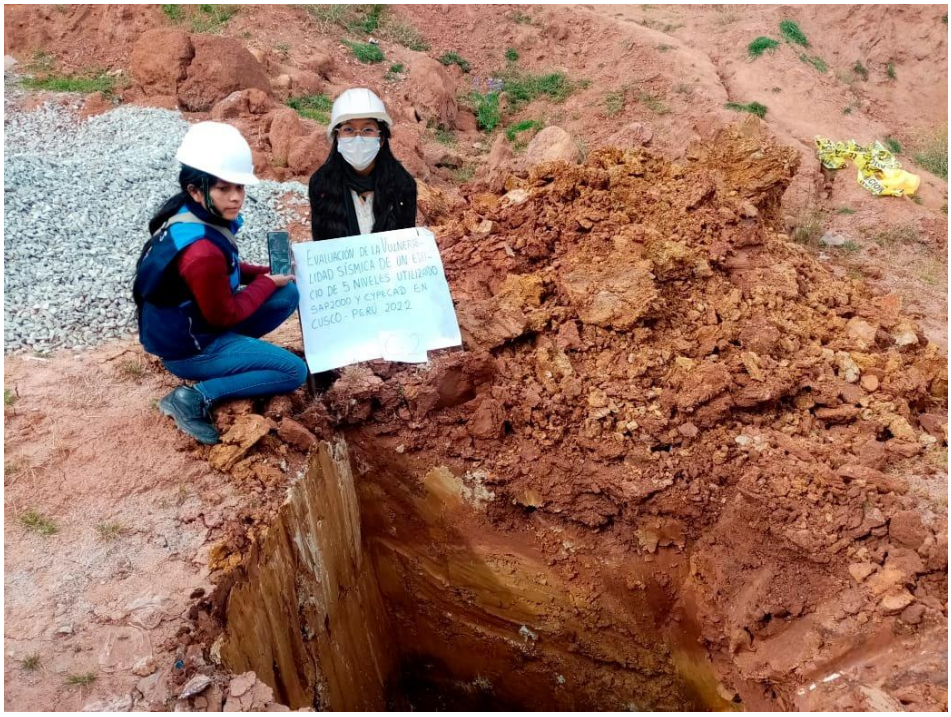


Figura 61 ensayos en el laboratorio

Figura 62 Ensayos en el laboratorio

Figura 63 Ensayos en el laboratorio

Figura 64 Ensayos en el laboratorio

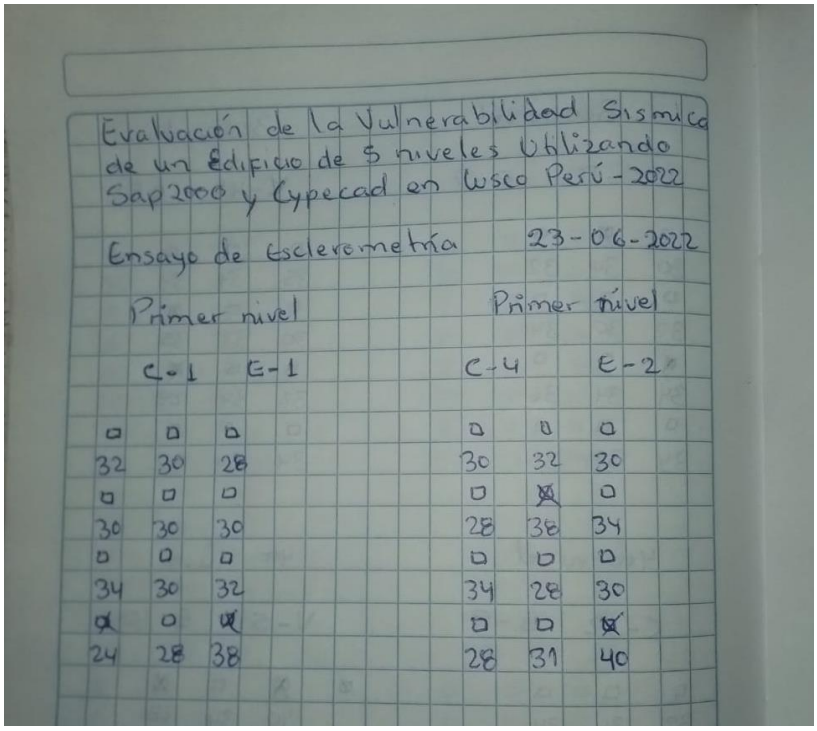
Figura 65 Ensayo de esclerometría en obra

Figura 66 Ensayo de esclerometría en obra

Figura 67 Ensayo de esclerometría en obra

Figura 68 Ensayo de esclerometría en obra

Figura 69 Apuntes de los ensayos de esclerometría



Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un Edificio de 5 niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Perú - 2022

Ensayo de Esclerometría 23-06-2022

Primer nivel			Primer nivel		
C-1	E-1		C-4	E-2	
□	□	□	□	□	□
32	30	28	30	32	30
□	□	□	□	☒	□
30	30	30	28	38	34
□	□	□	□	□	□
34	30	32	34	28	30
☒	□	☒	□	□	☒
24	28	38	28	31	40

Figura 70 Apuntes de los ensayos

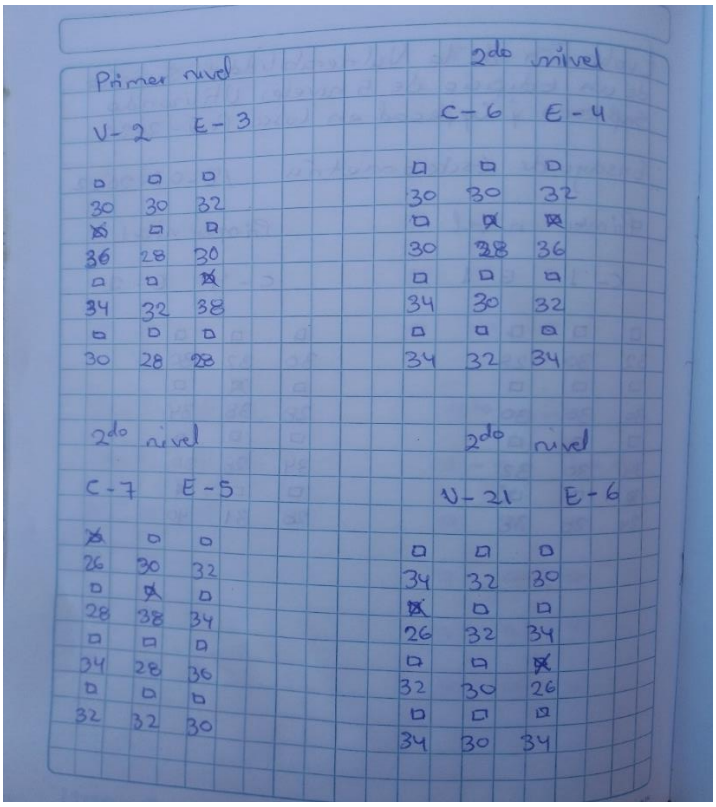
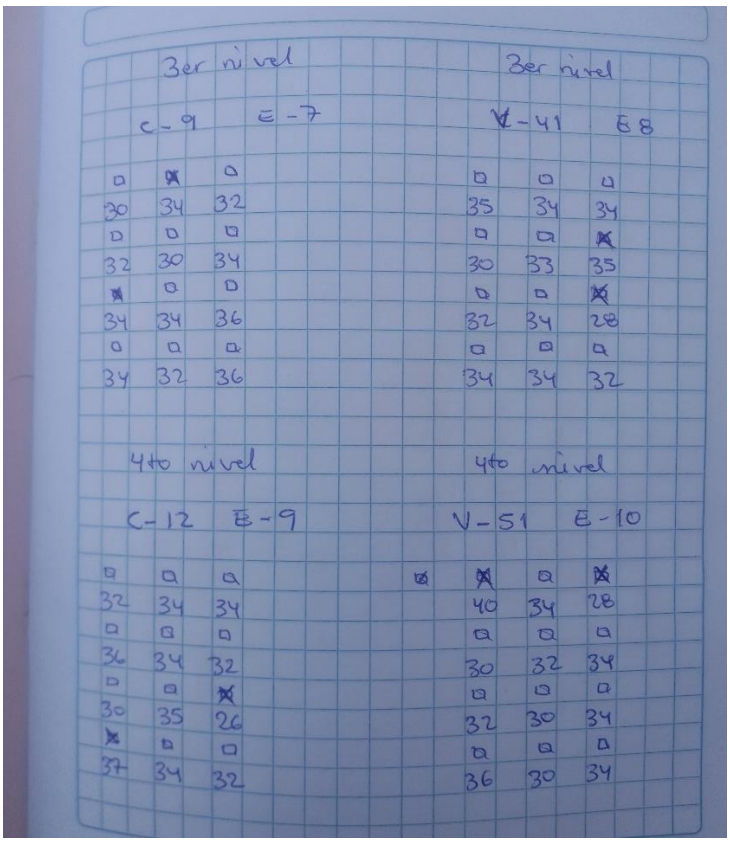


Figura 71 Apuntes de los ensayos



Anexo 4. Ensayos

Nuestros ensayos de mecánica de suelos

ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS

Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Perú - 2022

SOLICITAN: MELENITA TORRES PANDURO
YELITZA MILAGROS GUZMAN LAZARO

UBICACIÓN: URB. UCCHULLU GRANDE, CALLE URUGUAY CUSCO - CUSCO

MAYO - 2022

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977F

1.- ANTECEDENTES

Se ha realizado el Estudio de Mecánica de Suelos del terreno a nivel de cimentación del proyecto ubicado en la Urb. Ucchullu Grande, calle Uruguay del Distrito de Cusco, Provincia y Departamento del Cusco. Se trata de un terreno plano, donde se construirá un edificio multifamiliar.

Objetivo.

En general un EMS se ejecuta con la finalidad de asegurar la estabilidad de la edificación proyecta, de tal forma que se evalúen y establezcan resultados sobre las características litológicas y capacidad del suelo de fundación que soportará y transmitirá las cargas de la edificación construida. Del mismo modo establecer dicha capacidad en relación a la interacción suelo-estructura prediseñada, como lo expresa el Reglamento de Cimentaciones E-050.

Marco Normativo.

Se ha considerado como mínimo, lo establecido en la Norma G-010 de Consideraciones Básicas del Reglamento Nacional de Edificaciones, la Norma E - 050 de Suelos y Cimentaciones, la Norma Básica de Diseño Sismo-Resistente Norma E - 030 y la Norma E-020 de Cargas.

Obligatoriedad del EMS.

Es obligatorio el EMS en edificaciones proyectadas de más de 3 niveles, edificaciones con un área techada mayor a 500m², edificaciones esenciales, edificaciones industriales y edificaciones con particularidades especiales. En edificaciones menores de 3 niveles, donde las condiciones de cimentación son conocidas se elabora un ITS (Informe Técnico de Suelos). En el presente caso es obligatorio por tratarse de una edificación esencial.

Alcance y Responsabilidad del EMS.

La información, conclusiones y recomendaciones del EMS son válidas solamente para el área y obra indicadas en el presente informe. El profesional Responsable PR asume la responsabilidad del contenido del informe en sus conclusiones y recomendaciones.

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 70775

2.- INFORMACION PREVIA DEL TERRENO.

Las características generales de la edificación proyectada son:

TABLA 1
TIPO DE EDIFICACIÓN U OBRA PARA DETERMINAR EL NUMERO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN (TABLA 6)

DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS • (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		= 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	III	III	III	II
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	III	III	II	I
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	II	I	---	---
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	---	---	---
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	II	I	I	I
- Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasi?cará en el tipo de edi?cación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		= 9 m de altura	> 9 m de altura		
		II	I		
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA		III			
INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN OBRAS URBANAS.		IV			

Edificación Categoría C: Edificaciones Comunes.

Programa de Exploración de campo y Ensayos de Laboratorio.

a) Condiciones de Frontera.

Tienen como objetivo la comprobación de las características del suelo, supuestamente iguales a las de los terrenos colindantes ya edificados. Son de aplicación cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- No existen en los terrenos colindantes grandes irregularidades como afloramientos rocosos, fallas, ruinas arqueológicas, estratos erráticos, rellenos o cavidades.
- No existen edificaciones situadas a menos de 100 m del terreno a edificar que presenten anomalías como grietas o desplomes originados por el terreno de cimentación.
- El tipo de edificación (Tabla 1) a cimentar es de la misma o de menor exigencia que las edificaciones situadas a menos de 100 m.
- El número de plantas del edificio a cimentar (incluidos los sótanos y estructuras soterradas tales como placas de ascensores, cisternas, cuarto de máquinas, etc.), la modulación media entre apoyos y las cargas en éstos son iguales o inferiores que las correspondientes a las edificaciones situadas a menos de 100 m.
- Las cimentaciones de los edificios situados a menos de 100 m y la prevista para el edificio a cimentar son de tipo superficial.
- La cimentación prevista para el edificio en estudio no profundiza respecto de las inmediatamente contiguas más de 1,5 m.

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79776

b) Número "n" de puntos de exploración.

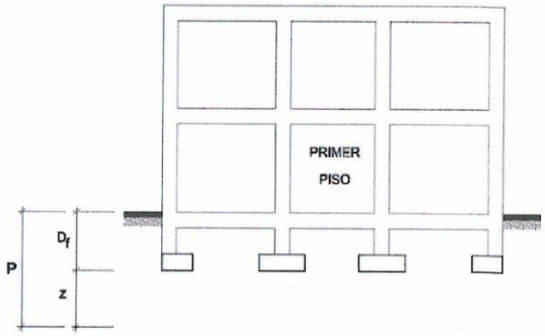
El número de puntos de exploración se determina en la Tabla 6 en función del tipo de edificación y del área de la superficie a ocupar por ésta.

TABLA 6 NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACION	
Tipo de edi?cación u obra (Tabla 1)	Número de puntos de exploración (n)
I	uno por cada 225 m2 de área techada del primer piso
II	uno por cada 450 m2 de área techada del primer piso
III	uno por cada 900 m2 de área techada del primer piso*
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Habilitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

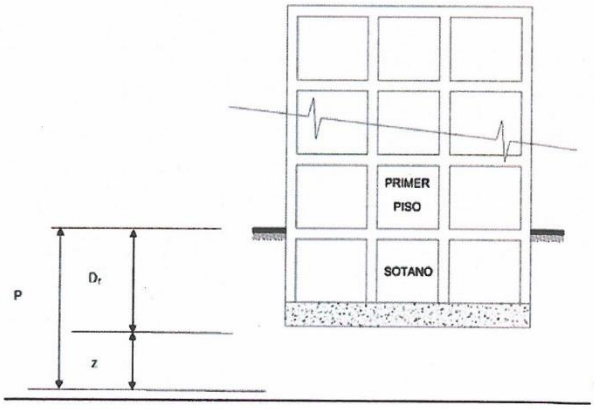
c) Profundidad "p" mínima a alcanzar en cada punto de exploración.

- Cimentación Superficial.

Sin Sótano.



Con Sótano.



Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7077

ENCUADRE GEOLÓGICO.
GEOLOGÍA LOCAL:

Se ha tomado como base el trabajo de la Geología del Cusco del Dr. Elmer Córdova Málaga - 1986. Se describe la geología, de la formación más antigua a la más reciente.

FORMACIÓN CUSCO

Esta unida fue puesta en evidencia por Gregory H (1916) encontrándose en el valle del Cusco posteriormente se hicieron algunos estudios de carácter paleontológico como los de Ramírez J. (1959- 1968) Y Sedimentológico realizado por Córdova E. (1988- 1990).

Morfológicamente conforma una superficie depresiva a manera de una cuenca cerrada alargada, delimitada por las laderas del valle del Huatanay sobre ella se encuentran distritos importantes del Cusco como San Sebastián, San Jerónimo, Cusco etc.

Litológicamente está constituido por depósitos de gravas, arenas correspondientes a conos de deyección, flujos de barro, diatomitas extendidas en toda la unidad litoestratigráfica, limos, arcillas intercaladas con horizontes de paleosuelos de colores claros, también se encuentra turba.

El ambiente de sedimentación de esta secuencia correspondería a una cuenca lagunar con influencia de sedimentación fluvial, donde en sus bordes se acumularon sedimentos organogenos (turba) que en muchos casos fueron sepultados por depósitos de conos de deyección.

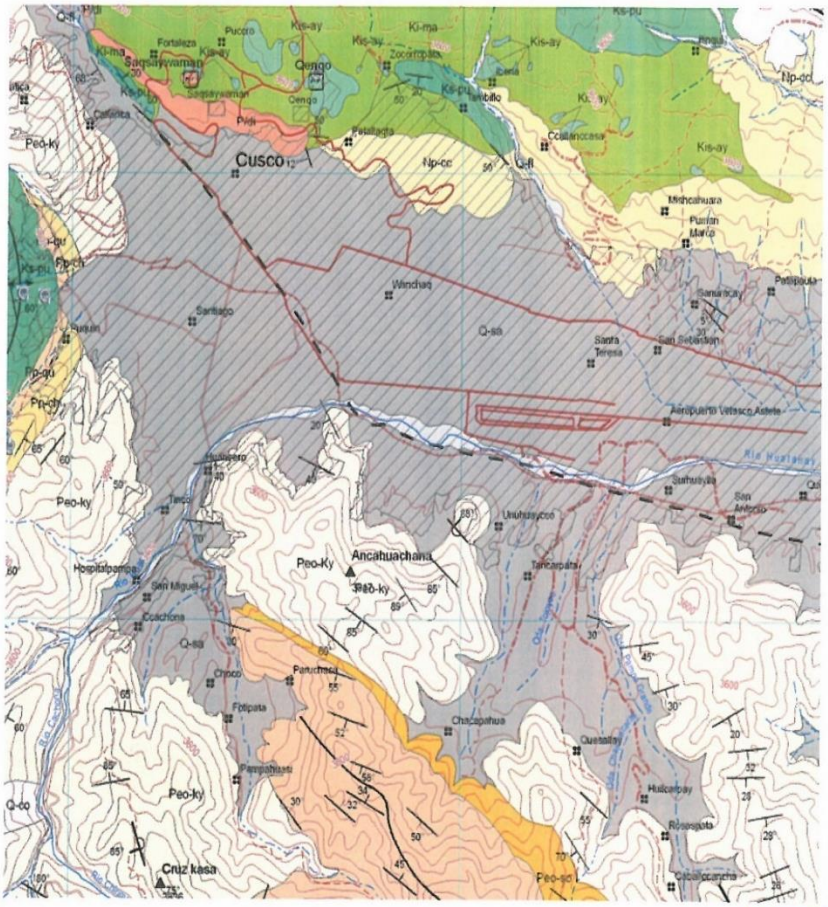
DEPÓSITOS ALUVIALES

Durante el Holoceno reciente se inicia la fase de erosión de los depósitos fluvio glaciarios, lacustres, coluvioaluviales y parte de los sedimentos marinos del Yuncaypata superior (lutitas rojas) y surca la gran depresión confluyendo al Huatanay (corrientes entrelazados) con llanuras de inundación formando sistemas de terrazas. Depositando sedimentos en el piso del Valle. Por el efecto del transporte estos depósitos no cohesivos han sufrido desgaste entre si (abrasión con selección de material), controlados por cargas de máxima y

minina avenidas o flujos. La litología está formada por bloques de roca redondeada a sub redondeada de areniscas rojas de diferentes tamaños, guijas mayores a 02 cm representando un 65% hasta 40 cm de diámetro y tamaños menores a 02 cm representan un 0% que viene a ser la matriz constituida de arenas y limo arcillosos, sueltos. Ocupa todo el actual lecho del río Huatanay, llanuras de inundaciones y causes antiguos, su edad los ubica en el Cuaternario – Holoceno actual y tiene un espesor variable entre 0.4m y 8 m.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	SIMBOLOGIA
Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno	Formación San Sebastian	Qpl - ss

Fuente: INGEMMET



Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: N° 79776

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÀFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósito aluvial	Qh-al
			Depósito de deslizamiento	Qh-d
			Depósito glaciofluvial	Qh-gf
			Depósito morrénico (Dep. erosional)	Qh-m
		PLEISTOCENO	Formación Rumicolca (Dep. erosional)	Qpl-ru
			Formación San Sebastian (Dep. erosional)	Qpl-se
	PALEÒGENO	OLIGOCENA EOCENA	GRUPO PUNO	P-pu
		PALEOCENA	PAMPA Formación Pócoto	P-pc
			PAMPA Formación Yauriscque	KeP-ya

Peligro Sísmico

Zonificación.

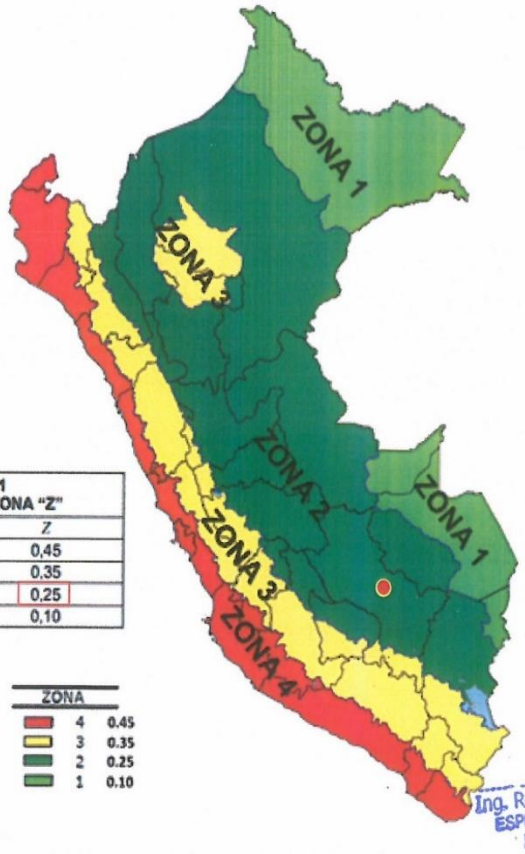


Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

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

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7077[illegible]

Perfiles del Suelo.

1. **Perfil Tipo S_0:** Roca Dura
2. **Perfil Tipo S_1:** Roca o Suelos Muy Rígidos
3. **Perfil Tipo S_2:** Suelos Intermedios.
4. **Perfil Tipo S_3:** Suelos Blandos. √
5. **Perfil Tipo S_4:** Condiciones Excepcionales.

Parámetros de Sitio.

Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"

ZONA \ SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 4
PERÍODOS "T_P" Y "T_L"

	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

El Distrito de Cusco se encuentra geográficamente en una zona de sismicidad media. Según el Reglamento Nacional de Construcciones, con fines de diseño estructural, se considera en forma general los siguientes parámetros sísmicos de diseño para suelos de la ciudad del Cusco:

PARAMETRO	MAGNITUD	DESCRIPCION
Zona	2	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona	0,25g.	Tabla N. ª 1
Perfil de Suelo	Tipo S3	Suelos finos, blandos. e<20m.
Parámetros del Suelo (Tabla Nº 2)	Tp = 1,0 seg. S = 1,60	Período Predominante Factor de Amplificación del Suelo

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP. Nº 79770

4.- TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO:

Se ha practicado en el terreno 02 sondeos de exploración, hasta los 2.00 metros de profundidad mediante calicatas. En todos los casos, la toma de muestras se ha efectuado en cada cambio visual de la estructura del suelo, que luego fueron guardadas en recipientes herméticos para los ensayos de laboratorio.

TÉCNICAS AUXILIARES	NORMAS APLICABLES
Técnicas de muestreo	ASTM D 420
Descripción Visual de Suelos	ASTM D 2487
Reconocimiento e Identificación de rocas	ISRM Suggested Methods
Standard Practice for Soil Investigation and Sampling by Auger Borings	ASTM D1452-80(2000)

ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar los parámetros de caracterización del terreno en cuanto a sus propiedades índices y estructurales, se realizaron los siguientes ensayos normalizados:

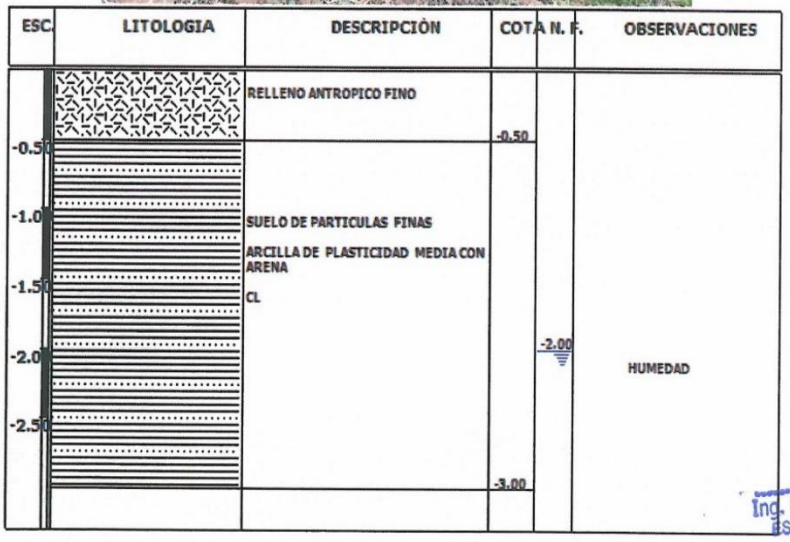
ENSAYO DE LABORATORIO	NORMAS APLICABLES
Preparación de Muestras	ASTM D 420-69, UNE 103-100-95
Peso Específico de los Sólidos	ASTM D 854
Contenido de Humedad	ASTM D 4643, UNE 103-300-93
Granulometría e Identificación	ASTM D 422, ASTM D 2487/00
Límites de Consistencia	ASTM D - 4318
Compresión Uniaxial	ASTM D - 582

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977E

5.- DESCRIPCIÓN ESTRATIGRAFICA:

Calicata 01.

- **Primer Estrato** de 0.00 a -0.50 m. corresponde a un relleno antrópico constituido por gravas, arenas, limos y piedras en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato** de -0.50 m. a –3,00 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA CL**, que presenta una consistencia media y color marrón claro.
- Se ha evidenciado nivel freático a -2.00m. de profundidad.



Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977c

Calicata 02.

- **Primer Estrato** de 0.00 a -1.50 m. corresponde a un relleno antrópico constituido por arenas, limos y piedras en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato** de -1.50 m. a –3,00 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, que presenta una consistencia media y color marrón claro.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.

ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
-0.50 -1.0		RELLENO ANTROPICO FINO	-1.50		
-1.50 -2.0 -2.50		SUELO DE PARTICULAS FINAS ARCILLA DE PLASTICIDAD BAJA CON ARENA CL	-3.00		HUMEDAD

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79775

6.- CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA.

Fórmula de Hansen (1970)

Es una extensión ulterior de la fórmula de *Meyerhof*; las extensiones consisten en la introducción de b_i que tiene en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y un factor g_i para terreno en pendencia. La fórmula de Hansen vale para cualquier relación *D/B*, ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo, el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores de D/B <1

$$d_c = 1 + 0.4\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)^2\frac{D}{B}$$

Para valores D/B>1:

$$d_c = 1 + 0.4\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)^2\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

En el caso $\varphi = 0$

D/B	*0*	*1*	*1.1*	*2*	*5*	*10*	*20*	*100*
d'c	*0*	*0.40*	*0.33*	*0.44*	*0.55*	*0.59*	*0.61*	*0.62*

En los factores siguientes las expresiones con ápices (') valen cuando φ=0.

Factor de forma:

$$s'_c = 0.2\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \qquad \text{para cimentaciones continuas}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L}\tan\varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$$

Factor de profundidad:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{para cualquier } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} \le 1$$

$$k = \tan^{-1}\frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} > 1$$

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 70776

Factores de inclinación de la carga

$$i_c' = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta/450)H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta > 0)$$

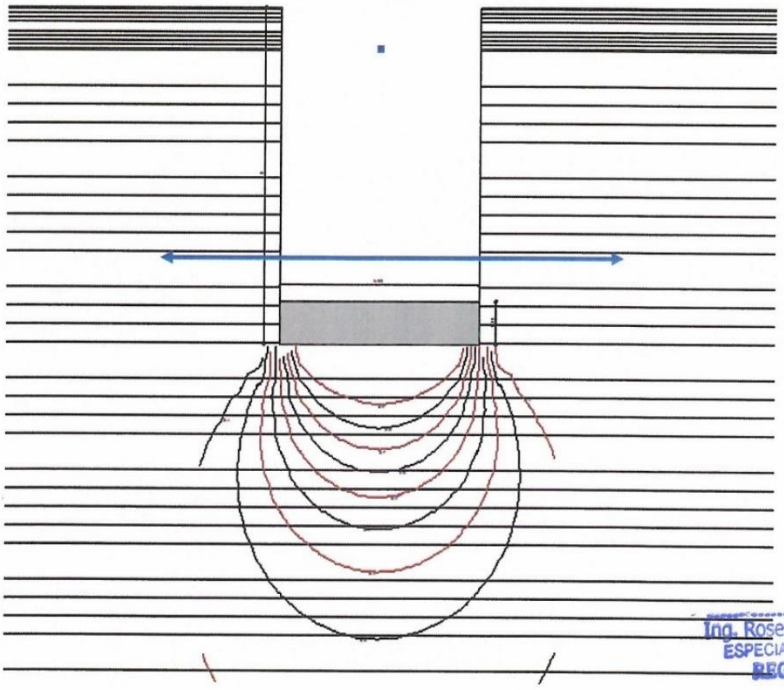
Factores de inclinación del terreno (cimentación sobre talud):

$$g_c' = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5\tan\beta)^5$$

CALICATA 01



Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79778

DATOS GENERALES DE CÁLCULO

Ancho cimentación	2.0 m
Largo cimentación	2.0 m
Profundidad plana de cimentación	2,50 m
Altura de encaje	2.0 m
Inclinación plana de cimentación	0.0°
Inclinación talud	0.0°
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.15
Asientos después de T años	5.0
Nivel Freático	2.00m.

CÁLCULO SEGÚN CONDICIONES REALES DEL SUELO DE FUNDACIÓN.

$$q_{br}^* = 0.5\gamma_2^*\cdot B'\cdot N_\gamma\cdot S_\gamma\cdot i_\gamma\cdot d_\gamma\cdot g_\gamma + C^*\cdot N_c\cdot S_c\, i_c d_c g_c + q^*\, N_q\, S_q\, i_q d_q\, g_q$$

Angulo de Fricción Interna: $\phi = 22°$
Cohesión: 27.23 Kn/m² = 0.28 Kg/cm²

ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno;

DH (m)	Gam (kN/m³)	Gams (kN/m³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m²)	c Corr. (kN/m²)	Ed (kN/m²)
1.0	18.63	20.59	15.0	10.18	1.96	1.313	2451.66
10.0	19.61	21.57	22.0	18.15	27.23	21.46	4903.32

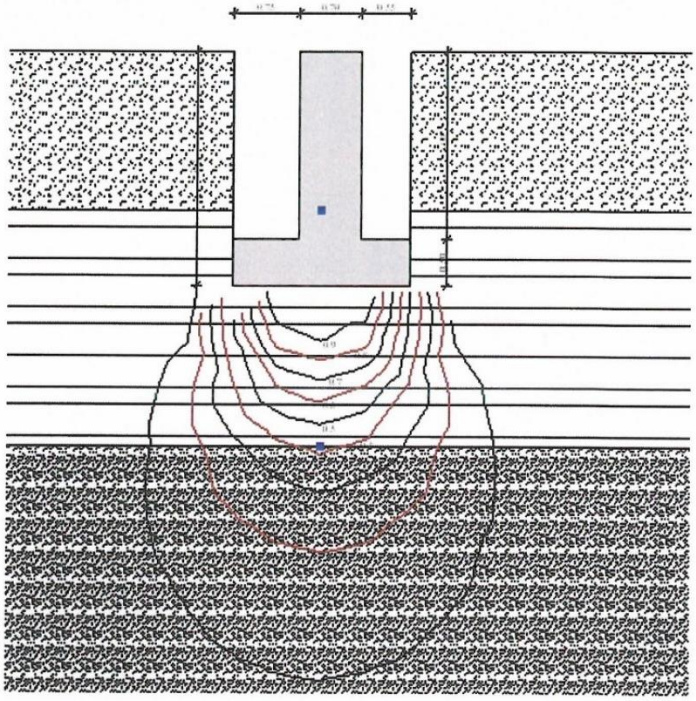
Autor: HANSEN (1970) (Condición drenada)

Factor [Nq]	4.29
Factor [Nc]	11.55
Factor [Ng]	0.69
Factor forma [Sc]	1.37
Factor profundidad [Dc]	1.0
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.28
Factor profundidad [Dq]	1.0
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.6
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79776

Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0
Carga última	254.22 kN/m²
Resistencia de proyecto	84.74 kN/m² = **0,85 Kg/ cm²**

CALICATA 02



DATOS GENERALES DE CÁLCULO

Ancho cimentación	2.0 m
Largo cimentación	2.0 m
Profundidad plana de cimentación	2,50 m
Inclinación plana de cimentación	0.0°
Inclinación talud	15.0°
Factor de seguridad	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.15
Asientos después de T años	5.0
Profundidad nivel freático	0.0

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977

ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno;

DH (m)	Gam (kN/m³)	Gams (kN/m³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m²)	c Corr. (kN/m²)	Ed (kN/m²)	Cv (cmq/s)	Cs
1.7	18.63	20.59	15.0	10.18	1.96	1.313	2451.66	0.0	0.0
2.5	19.61	21.57	23.0	18.15	9.81	6.573	4903.32	0.005	0.004

CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970)

Factor Nq	4.0
Factor Nc	11.04
Factor Ng	1.22
Factor Sc	1.0
Factor Dc	1.36
Factor Ic	1.0
Factor Gc	1.0
Factor Bc	1.0
Factor Sq	1.25
Factor Dq	1.24
Factor Iq	1.0
Factor Gq	1.0
Factor Bq	1.0
Factor Sg	0.6
Factor Dg	1.0
Factor Ig	1.0
Factor Gg	1.0
Factor Bg	1.0
Presión última	335.25 kN/m²
Presión admisible	**111.75 kN/m² = 1,12 Kg/ cm²**

7 .- ANÁLISIS DE LAS DEFORMACIONES

ASIENTOS EDOMÉTRICOS

El cálculo de los asientos con el método edométrico permite valorar un asiento de consolidación de tipo unidimensional, producto de las tensiones inducidas por una carga aplicada en condiciones de expansión lateral impedida. Por lo tanto, la estimación efectuada con este método se debe considerar como empírica, en vez de teórica. Sin embargo, la simplicidad de uso y la facilidad de controlar la influencia de los varios parámetros que intervienen en el cálculo, lo hacen un método muy difuso. El procedimiento edométrico en el cálculo de los asientos pasa esencialmente a través de dos fases:

- El cálculo de las tensiones verticales inducidas a las diferentes profundidades con la aplicación de la teoría de la elasticidad;
- La valoración de los parámetros de compresibilidad con la prueba edométrica.

En referencia a los resultados de la prueba edométrica, el asentamiento se valora como:

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP. Nº 7977

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

si se trata de un terreno súper consolidado (OCR>1), o sea si el incremento de tensión debido a la aplicación de la carga no hace superar la presión de preconsolidación σ'_p ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v < \sigma'_p$).

Si en cambio el terreno es consolidado normal ($\sigma'_{v0} = \sigma'_p$) las deformaciones se dan en el tracto de compresión y el asiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}} \quad \text{donde:}$$

RR Relación de recompresión;
CR Relación de compresión;
H_0 espesor inicial del estrato;
σ'_{v0} tensión vertical eficaz antes de la aplicación de la carga;
$\Delta\sigma_v$ incremento de tensión vertical debido a la aplicación de la carga.

Como alternativa a los parámetros *RR* y *CR* se hace referencia al módulo edométrico M; pero en tal caso se debe seleccionar oportunamente el valor del módulo a utilizar, teniendo en cuenta el intervalo tensional ($\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v$) significativo para el problema en examen.

Para la aplicación correcta de este tipo de método es necesario:

a) la subdivisión de los estratos compresibles en una serie de pequeños estratos de modesto espesor (< 2.00 m);
b) la estimación del módulo edométrico en el ámbito de cada estrato;
c) el cálculo del asiento como suma de las contribuciones para cada pequeño estrato

Muchos usan las expresiones antes indicadas para el cálculo del asentamiento de consolidación tanto para las arcillas como para las arenas de granulometría de fina a media, porque el módulo de elasticidad usado viene tomado directamente de pruebas de consolidación. Sin embargo, para terrenos con grano más grueso las dimensiones de las pruebas edométricas son poco significativas del comportamiento global del estrato y, para las arenas, es preferible utilizar pruebas penetrométricas estáticas y dinámicas.

Asiento secundario

El asiento secundario se calcula con referencia a la relación:

$$\Delta H_s = H_c \cdot C_\alpha \cdot \log \frac{T}{T_{100}}$$

ASIENTOS POR ESTRATO

*Asiento edométrico calculado con: Método logarítmico de Terzaghi

Z: Profundidad promedio del estrato; Dp: Incremento de tensiones; Wc: Asiento de consolidación; Ws: Asiento secundario (deformaciones viscosas); Wt: Asiento total.

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP. Nº 79771

CALICATA 01

Estrato	Z (m)	Tensión (kN/m²)	Dp (kN/m²)	Método	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	14.5	283.365	6.868	Edométrico	2.34	0.0	2.34

Asiento total Wt=2.340 cm

CALICATA 02

Estrato	Z (m)	Tensión (kN/m²)	Dp (kN/m²)	Método	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	4.25	50.975	12.552	Edométrico	1.136	0.0	1.136

Asiento total Wt=1.136 cm.

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977c

8.0 AGRESION DEL SUELO A LA CIMENTACION.

CALICATA 01 Y 02

ENSAYO DE PH, CLORUROS Y SULFATOS EN SUELO

Presencia en el suelo de	Método	P.P.M.	Grado de Alteración	Resultados	Consecuencia
P.H.	NTC 5624			7.5	
SULFATOS (Comité ACI 318.83)	APHA 4500-CI-B	0-1000 1000-2000 2000-20000 >20000	Leve Moderado Severo Muy severo	293	Ocasiona ataque químico al concreto.
CLORUROS	APHA 4500 SO4² B	>6000	Perjudicial	376	Ocasiona problemas de corrosión.

La concentración de sulfatos en la muestra de suelo es de 293ppm (<1000ppm), teniendo una interacción LEVE y NO PERJUDICIAL al concreto.

La concentración de cloruros en la muestra de suelo es de 376ppm (<6000ppm) y está por debajo del valor permisible, por lo tanto, no ocasionara un ataque por corrosión al acero de refuerzo. Por lo tanto, se recomienda el uso de cemento Portland tipo I para todas las estructuras en contacto con el terreno, para cementos con relación agua cemento A/C=0.50.

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 70775

9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos y al alcance del trabajo se concluye que:

a) Para el presente estudio se realizó 01 sondeo a cada calicata de la siguiente manera:

SONDEOS	TIPO	PROFUNDIDAD
01	Calicata – Perforación 1	3,0m
01	Calicata – Perforación 2	3,0m

b) La zona en estudio está conformada por depósitos finos de origen lacustre.

c) El suelo de fundación de la calicata 01 corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD CON ARENA CL**. Desde el punto de vista geotécnico, podemos describir el suelo de fundación de la siguiente manera:

Granulometría : Cohesiva.
Color : Marrón ocuro
Textura superficial : Fina
Consistencia : Consistente
Plasticidad : Media
Compresibilidad : Media

a) El suelo de fundación d la calicata 02 corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA CL**. Desde el punto de vista geotécnico, podemos describir el suelo de fundación de la siguiente manera:

Granulometría : Cohesiva.
Color : Marrón claro
Textura superficial : Fina
Consistencia : Consistente
Plasticidad : Baja
Permeabilidad : Media
Compresibilidad : Media
Trabajabilidad : Buena

b) La capacidad de carga que presenta el suelo de fundación de las calicatas 01 y 02 a -2,50m. de profundidad son:

SONDEO	Qadm.	Asentamiento
C1	0,85	2,340
C2	1,12	1,136

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79775

Calicata 01

PROFUNDIDAD (m)	Condición Real Qadm: Kg/cm²	N.F.
2.00	0,82	Si
2.50	**0,85**	**Si**
3,00	0,89	Si

Calicata 02

PROFUNDIDAD (m)	Condición Real Qadm: Kg/cm²	N.F.
2.00	1,03	No
2.50	**1,12**	**No**
3,00	1,19	No

c) Para la calicata 01 se ha evidenciado Nivel freático a -2,00m. de profundidad.

d) Se recomienda cimentar mediante Losa o Platea de cimentación.

a) De acuerdo a los ensayos de agresividad del suelo al concreto realizados a nivel de cimentación, no se evidenciaron acciones físicas o químicas que puedan conducir a procesos de deterioro del suelo de fundación – estructura, por lo que se deberá utilizar cemento sin características especiales (Pórtland Tipo I).

Calicata 01

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION
Profesional Responsable PR: Ing° Civil CIP: Rosendo Yobany Motta Zevallos
Tipo de Cimentación: Losa de cimentación
Estrato de apoyo a la cimentación: Arcilla de mediana plasticidad con arena CL
Profundidad Nivel Freático: 2,00m. **Fecha**: Mayo del 2022
Parámetros de Diseño de Cimentación: Profundidad de cimentación: 2,50m= 2,00+ 0,50 subzapata o enrocado Presión Admisible: 0,85 Kg / cm² actor de seguridad por corte (estático): 3,00 Asentamiento diferencial máximo aceptable: 2,00cm. Asentamiento calculado: 2,340 cm. es tolerable.
Parámetros Sísmicos del Suelo (Norma e-030) Zona Sísmica: 2 Factor de zona: 0,25

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79776

Perfil de Suelo: Tipo S3, Suelos blandos y finos Factor del Suelo S: 1,60 Periodo predominante Tp: 1,0 seg. Periodo Tl: 1,40 seg.
Agresividad del suelo a la cimentación: No presenta
Problemas especiales en suelo de fundación: Licuación: No presenta. Colapso: No presenta. Expansión: No presenta. Indicaciones adicionales: Ninguna

Es mi informe

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 38225

ENSAYOS DE LABORATORIO

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79776

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99

PROYECTO: Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un edificio de 5 niveles utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru - 2022 — **FECHA:** Mayo del 2022

UBICACIÓN: Cusco- Cusco — **PROFUNDIDAD:** 2,00m. — **CALICATA 01**

PTICIONARIOS: Melenita Torres Panduro y Yelitza Milagros Guzman Lazaro — **ESTRATO:** Segundo Estrato

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	96.73	96.73	3.27	3.27
5	89.44	89.44	10.56	7.29
2	82.35	82.35	17.65	7.09
1.25	77.09	77.09	22.91	5.26
0.4	71.22	71.22	28.78	5.87
0.160	66.32	66.32	33.68	4.90
0.080	55.68	55.68	44.32	10.64

NORMAS REFERENCIALES

Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes ASTM D - 2487 - 00

Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado UNE : 103 101 : 1995

SUELOS GRANULARES

SUELOS COHESIVOS

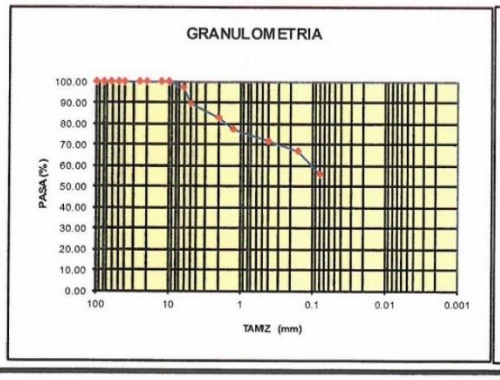
Límite Líquido	35.44
Límite Plastico	14.32
Índice Plasticidad	21.12

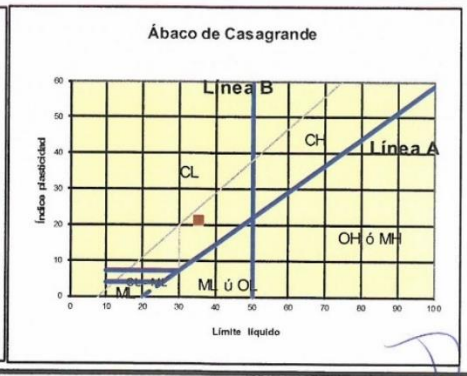
Solido — w_c — *Semisolido* — w_p — *Plastico* — w_l — *Liquido* — w

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	89.44 %
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	55.68 %
D60:	0.11 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):	
Grado de Curvatura (Cc):	

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW	Gravas bien graduadas
	GP	Gravas mal graduadas
	GM	Gravas Limosas
	GC	Gravas Arcillosas
	SW	Arenas bien graduadas
	SP	Arenas mal graduadas
	SM	Arenas Limosas
	SC	Arenas Arcillosas
SUELOS DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA N° 200	ML	Limo Inorgánicos
	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad
	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas
	MH	Limos Inorgánicos
	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad
	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad
Altamente Orgánico	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos





SUELO DE PARTÍCULAS FINAS

Arcilla de media plasticidad con arena CL (SUCS)

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977E

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99

PROYECTO: Evaluacion de la Vulnerabiliad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru - 2022

FECHA: Mayo del 2022

UBICACIÓN: Urb. Ucchullu Grande, Cusco- Cusco

PETICIONARIOS: Melenita Torres Panduro y Yelitza Milagros Guzman Lazaro

PROFUNDIDAD: 2.00m. **Calicata 02**

ESTRATO: Segundo Estrato

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	96.74	96.74	3.26	3.26
5	93.44	93.44	6.56	3.30
2	88.43	88.43	11.57	5.01
1.25	80.19	80.19	19.81	8.24
0.4	73.59	73.59	26.41	6.60
0.160	60.94	60.94	39.06	12.65
0.080	53.57	53.57	46.43	7.37

NORMAS REFERENCIALES

Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes ASTM D - 2487 - 00

Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado UNE : 103 101 : 1995

SUELOS GRANULARES

SUELOS COHESIVOS

Límite Líquido	21.19
Límite Plastico	13.66
Índice Plasticidad	7.53

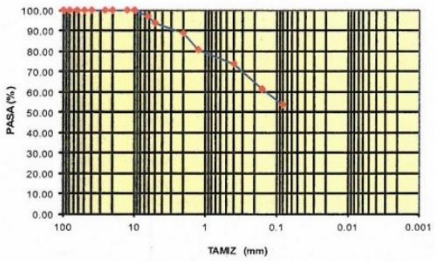
Solido — w_c — *Semisolido* — w_p — *Plastico* — w_l — *Liquido* — w

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	93.44 %
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	53.57 %
D60:	0.15 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):	
Grado de Curvatura (Cc):	

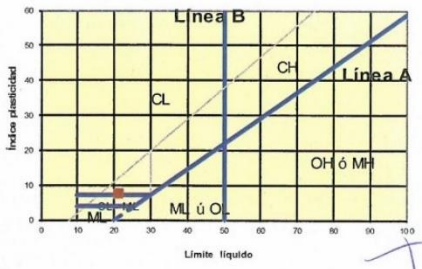
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

SUELOS DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GRAVAS Y SUELOS GRANULARES: más del 50% retenido en la malla N° 4	GW	Gravas bien graduadas
		GP	Gravas mal graduadas
		GM	Gravas Limosas
		GC	Gravas Arcillosas
	ARENAS Y SUELOS GRANULARES: más del 50% pasa la malla N° 4	SW	Arenas bien graduadas
		SP	Arenas mal graduadas
		SM	Arenas Limosas
		SC	Arenas Arcillosas
SUELOS DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA N° 200	LIMOS Y ARCILLAS (L.L<50)	ML	Limo Inorgánicos
		CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad
		OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas
	LIMOS Y ARCILLAS (L.L>50)	MH	Limos Inorgánicos
		CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad
		OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad
Altamente Orgánico		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos

GRANULOMETRIA



Ábaco de Casagrande



SUELO DE PARTÍCULAS FINAS

Arcilla de baja plasticidad con arena CL (SUCS)

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79770

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO :	Evaluacion de la Vulnerabiliad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru - 2022	Calicata N' 01	
UBICACIÓN :	Ucchullu Grande, Cusco - Cusco	Segundo Estrato	
SOLICITADO:	Melenita Torres Panduro y Yelitza Milagros Guzman Lazaro	MUESTRA :	Suelo
FECHA :	Cusco mayo del 2022		

LIMITE LIQUIDO

Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	13.25	10.25	12.35	10.25
Peso capsula. +suelo humedo	95.25	102.42	102.24	106.23
Peso capsula +suelo seco	80.58	83.11	81.56	81.36
Numero de golpes	44	38	32	26
Peso suelo seco	67.33	72.86	69.21	71.11
Peso agua	14.67	19.31	20.68	24.87
% humedad	21.79%	26.50%	29.88%	34.97%

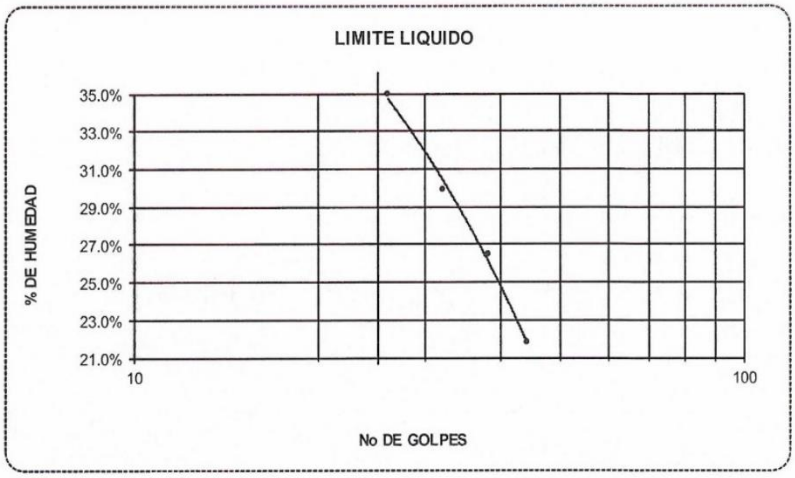
OBSERVACIONES:

LIMITE PLASTICO

Muestra	1	2	3	
Peso de la capsula	5.23	5.64	6.22	
Peso capsula. +suelo humedo	9.49	9.38	10.03	
Peso capsula +suelo seco	8.96	8.91	9.55	
Peso suelo seco	3.73	3.27	3.33	
Peso agua	0.52	0.47	0.48	
% humedad	14.08%	14.37%	14.50%	

RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO	35.44%
LIMITE PLASTICO	14.32%
INDICE PLASTICO	21.12%



Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : Evaluacion de la Vulnerabiliad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru - 2022

Calicata N' 02

UBICACIÓN : Urb. Ucchullu Grande, Cusco-Cusco

Segundo Estrato

SOLICITADO: Melenita Torres Panduro y Yelitza Milagros Guzman Lazaro

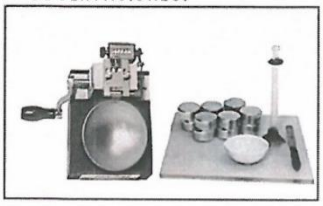
MUESTRA : Suelo

FECHA : Cusco Mayo del 2022

LIMITE LIQUIDO

Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	13.25	10.25	12.35	10.25
Peso capsula. +suelo humedo	91.38	94.25	93.64	95.73
Peso capsula +suelo seco	79.57	80.82	79.52	80.04
Numero de golpes	33	29	26	22
Peso suelo seco	66.32	70.57	67.17	69.79
Peso agua	11.81	13.43	14.12	15.69
% humedad	17.81%	19.03%	21.02%	22.48%

OBSERVACIONES:

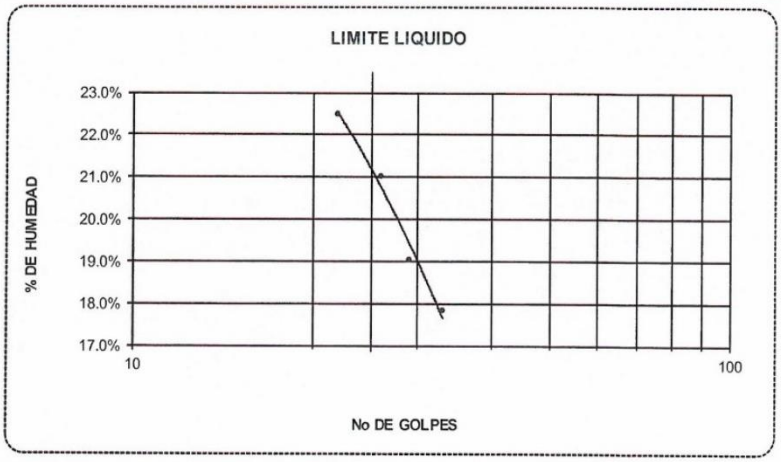


LIMITE PLASTICO

Muestra	1	2	3	
Peso de la capsula	5.23	5.64	6.22	
Peso capsula. +suelo humedo	9.47	9.35	10.01	
Peso capsula +suelo seco	8.97	8.91	9.55	
Peso suelo seco	3.74	3.27	3.33	
Peso agua	0.50	0.45	0.46	
% humedad	13.49%	13.69%	13.81%	

RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO	21.19%
LIMITE PLASTICO	13.66%
INDICE PLASTICO	7.52%



Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP. Nº 7977

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080-72

PROYECTO: Evauacion de la Vulnerabilidad sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando sap2000 y Cypecad en Cuco Peru - 2022

Calicata N°: 1

SOLICITAN: Melenita Torres Panduro y Yelitza Milagros Guzman Lazaro

Fecha : Mayo del 2022

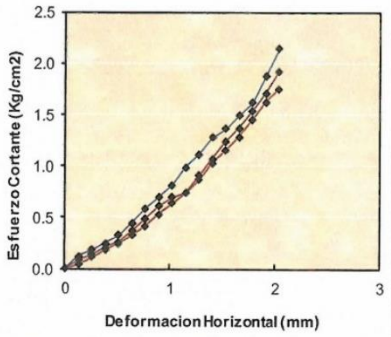
MUESTRA 01

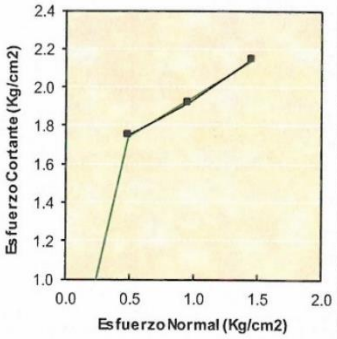
PROFUNDIDAD: 3.00 m.

Lados:	5	cm	Velocidad de Carga:	25	mm/min
Altura:	5	cm	Constante del Anillo:	0.0254	
Area:	25	cm2			
Volumen:	125	cm3			

Carga Normal:	12.1	Kg	Esfuerzo Normal:	0.5	Kg/cm2
Carga Normal:	23.9	Kg	Esfuerzo Normal:	1.0	Kg/cm2
Carga Normal:	36.3	Kg	Esfuerzo Normal:	1.5	Kg/cm2

			Esfuerzo Normal: 0.48592 Kg/cm2		Esfuerzo Normal: 1.0 Kg/cm2		Esfuerzo Normal: 1.4504 Kg/cm2	
Lectura del Deform Hz.	Desplaz. Hz. (mm)	Area Corregida (cm2)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm2)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm2)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm2)
0	0.000	25.000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000
5	0.127	24.937	1.0	0.0401	2.0	0.0802	3.0	0.1203
10	0.254	24.873	2.8	0.1126	3.5	0.1407	4.5	0.1809
15	0.381	24.810	4.5	0.1814	5.0	0.2015	6.0	0.2418
20	0.508	24.746	6.0	0.2425	6.5	0.2627	8.0	0.3233
25	0.635	24.683	8.0	0.3241	9.0	0.3646	11.0	0.4457
30	0.762	24.619	10.2	0.4143	12.0	0.4874	14.5	0.5890
35	0.889	24.556	13.0	0.5294	15.0	0.6109	17.0	0.6923
40	1.016	24.492	15.5	0.6329	17.0	0.6941	20.0	0.8166
45	1.143	24.429	18.0	0.7368	18.0	0.7368	24.0	0.9825
50	1.270	24.365	21.0	0.8619	22.0	0.9029	27.0	1.1081
55	1.397	24.302	25.0	1.0287	26.0	1.0699	31.0	1.2756
60	1.524	24.238	28.0	1.1552	30.0	1.2377	33.0	1.3615
65	1.651	24.175	31.0	1.2823	33.0	1.3651	36.0	1.4892
70	1.778	24.111	35.0	1.4516	37.0	1.5346	39.0	1.6175
75	1.905	24.048	39.0	1.6218	41.0	1.7050	45.0	1.8713
80	2.032	23.984	42.0	1.7512	46.0	1.9179	51.4	2.1431





ANGULO DE FRICCIÒN INTERNA : 22.1 grados

COHESIÒN : 0.28 Kg/cm2

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977

ENSAYO DE CORTE DIRECTO - ASTM D3080-72

PROYECTO: Evauacion de la Vulnerabilidad sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando sap2000 y Cypecad en Cuco Peru - 2022

Calicata N°: 2

SOLICITAN: Melenita Torres Panduro y Yelitza Milagros Guzman Lazaro

Fecha : Mayo del 2022

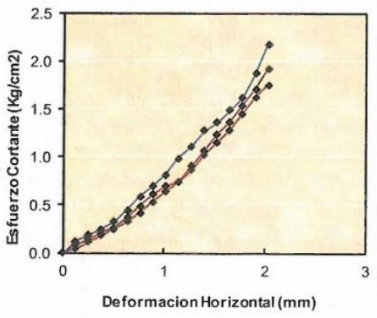
MUESTRA 01

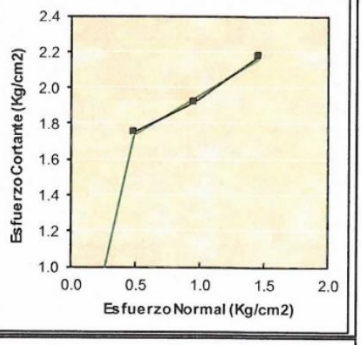
PROFUNDIDAD: 3.00 m.

Lados:	5	cm	Velocidad de Carga:	25	mm/min
Altura:	5	cm	Constante del Anillo:	0.0254	
Area:	25	cm2			
Volumen:	125	cm3			

Carga Normal:	12.1	Kg	Esfuerzo Normal:	0.5	Kg/cm2
Carga Normal:	23.9	Kg	Esfuerzo Normal:	1.0	Kg/cm2
Carga Normal:	36.3	Kg	Esfuerzo Normal:	1.5	Kg/cm2

			Esfuerzo Normal: 0.48592 Kg/cm2		Esfuerzo Normal: 1.0 Kg/cm2		Esfuerzo Normal: 1.4504 Kg/cm2	
Lectura del Deform Hz.	Desplaz. Hz. (mm)	Area Corregida (cm2)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm2)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm2)	Fuerza de Corte (Kg)	Esfuerzo Cortante (Kg/cm2)
0	0.000	25.000	0.0	0.0000	0.0	0.0000	0.0	0.0000
5	0.127	24.937	1.0	0.0401	2.0	0.0802	3.0	0.1203
10	0.254	24.873	2.8	0.1126	3.5	0.1407	4.5	0.1809
15	0.381	24.810	4.5	0.1814	5.0	0.2015	6.0	0.2418
20	0.508	24.746	6.0	0.2425	6.5	0.2627	8.0	0.3233
25	0.635	24.683	8.0	0.3241	9.0	0.3646	11.0	0.4457
30	0.762	24.619	10.2	0.4143	12.0	0.4874	14.5	0.5890
35	0.889	24.556	13.0	0.5294	15.0	0.6109	17.0	0.6923
40	1.016	24.492	15.5	0.6329	17.0	0.6941	20.0	0.8166
45	1.143	24.429	18.0	0.7368	18.0	0.7368	24.0	0.9825
50	1.270	24.365	21.0	0.8619	22.0	0.9029	27.0	1.1081
55	1.397	24.302	25.0	1.0287	26.0	1.0699	31.0	1.2756
60	1.524	24.238	28.0	1.1552	30.0	1.2377	33.0	1.3615
65	1.651	24.175	31.0	1.2823	33.0	1.3651	36.0	1.4892
70	1.778	24.111	35.0	1.4516	37.0	1.5346	39.0	1.6175
75	1.905	24.048	39.0	1.6218	41.0	1.7050	45.0	1.8713
80	2.032	23.984	42.0	1.7512	46.0	1.9179	52.2	2.1765





ANGULO DE FRICCIÒN INTERNA : 23.5 grados

COHESIÒN : 0.12 Kg/cm2

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG CIP: Nº 7077

ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA

PROYECTO : Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru - 2022

UBICACIÓN : Ucchullu Grande, Cusco- Cusco

FECHA : Mayo del 2022

MUESTRA : Sondeo 01 C-1

PROFUNDIDAD 3,00 Mt.

DESCRIPCIÓN : Arcilla compacta, color marron oscuro

ESPECIALISTA : Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos

CONTENIDO DE HUMEDAD

		1
Peso del Tarro	gr.	42.24
Peso del T. + Suelo Humedo	gr.	648.50
Peso del T. + Suelo Seco	gr.	595.98
Peso del Agua	gr.	52.52
Peso del Suelo Seco	gr.	553.74
Contenido de Humedad	%	9.48

DENSIDADES

Altura (cm)		Diámetro (cm)		Area Inicial
h1	8.28	d1	5.16	
h2	8.34	d2	5.18	
h3	8.33	d3	5.08	
Prom.	8.32	Prom.	5.14	20.75 cm²
Volumen Promedio			Vo =	172.6 cm³
Peso Húmedo briqueta			Po =	606.26 gr
Densidad Húmeda			Dh =	3.51 gr/cm³
Densidad Seca			Ds =	3.21 gr/cm³

CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA

Prensa de Compresión MODELO U-130 = 0.1407

DIAL DE CARGA 0.0001	CARGA AXIAL Kg	DIAL DEF.	DEF. TOTAL Pulg.	DEF. TOTAL cm	DEF. UNITAR. E	1-E	AREA CORREG. cm²	ESFUERZO kg/cm2
33	4.6431	10	0.010	0.0254	0.0031	0.9969	20.8136	0.223
37	5.2059	20	0.020	0.0508	0.0061	0.9939	20.8775	0.249
43	6.0501	30	0.030	0.0762	0.0092	0.9908	20.9419	0.289
55	7.7385	40	0.040	0.1016	0.0122	0.9878	21.0066	0.368
69	9.7083	50	0.050	0.1270	0.0153	0.9847	21.0718	0.461
83	11.6781	60	0.060	0.1524	0.0183	0.9817	21.1373	0.552
94	13.2258	70	0.070	0.1778	0.0214	0.9786	21.2033	0.624
98	13.7886	80	0.080	0.2032	0.0244	0.9756	21.2697	0.648
106	14.9142	90	0.090	0.2286	0.0275	0.9725	21.3365	0.699
86	12.1002	100	0.100	0.2540	0.0305	0.9695	21.4037	0.565

RESULTADOS

ESF.COMPRESION MAXIMA

q_{umax} = 0.699 kg/cm2

COHESION APARENTE

C = 0.3495 kg/cm2

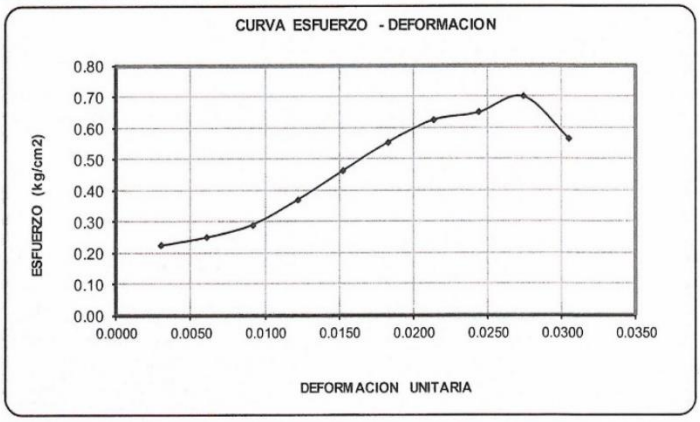
CONTENIDO DE HUMEDAD

w % = 9.48

DENSIDADES

Natural= 3.51 tn/m3

Seca = 3.21 tn/m3



Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG CIP. Nº 7977

ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA

PROYECTO : Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru - 2022

UBICACIÓN : Ucchullu Grande, Cusco- Cusco

FECHA : Mayo del 2022

MUESTRA : Sondeo 01 C-2

PROFUNDIDAD 3,00 Mt.

DESCRIPCIÓN : Arcilla compacta, color marron claro

ESPECIALISTA : Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos

CONTENIDO DE HUMEDAD

		1
Peso del Tarro	gr.	42.24
Peso del T. + Suelo Humedo	gr.	648.50
Peso del T. + Suelo Seco	gr.	595.98
Peso del Agua	gr.	52.52
Peso del Suelo Seco	gr.	553.74
Contenido de Humedad	%	9.48

DENSIDADES

Altura (cm)		Diámetro (cm)		Area Inicial
h1	8.28	d1	5.16	
h2	8.34	d2	5.18	
h3	8.33	d3	5.08	
Prom.	8.32	Prom.	5.14	20.75 cm²
Volumen Promedio			Vo =	172.6 cm³
Peso Húmedo briqueta			Po =	606.26 gr
Densidad Húmeda			Dh =	3.51 gr/cm³
Densidad Seca			Ds =	3.21 gr/cm³

CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA

Prensa de Compresión MODELO U-130 = 0.1407

DIAL DE CARGA 0.0001	CARGA AXIAL Kg	DIAL DEF.	DEF. TOTAL Pulg.	DEF. TOTAL cm	DEF. UNITAR. E	1-E	AREA CORREG. cm²	ESFUERZO kg/cm2
33	4.6431	10	0.010	0.0254	0.0031	0.9969	20.8136	0.223
37	5.2059	20	0.020	0.0508	0.0061	0.9939	20.8775	0.249
43	6.0501	30	0.030	0.0762	0.0092	0.9908	20.9419	0.289
55	7.7385	40	0.040	0.1016	0.0122	0.9878	21.0066	0.368
69	9.7083	50	0.050	0.1270	0.0153	0.9847	21.0718	0.461
83	11.6781	60	0.060	0.1524	0.0183	0.9817	21.1373	0.552
94	13.2258	70	0.070	0.1778	0.0214	0.9786	21.2033	0.624
98	13.7886	80	0.080	0.2032	0.0244	0.9756	21.2697	0.648
106	14.9142	90	0.090	0.2286	0.0275	0.9725	21.3365	0.699
86	12.1002	100	0.100	0.2540	0.0305	0.9695	21.4037	0.565

RESULTADOS

ESF.COMPRESION MAXIMA

q_{umax} = 0.699 kg/cm2

COHESION APARENTE

C = 0.3495 kg/cm2

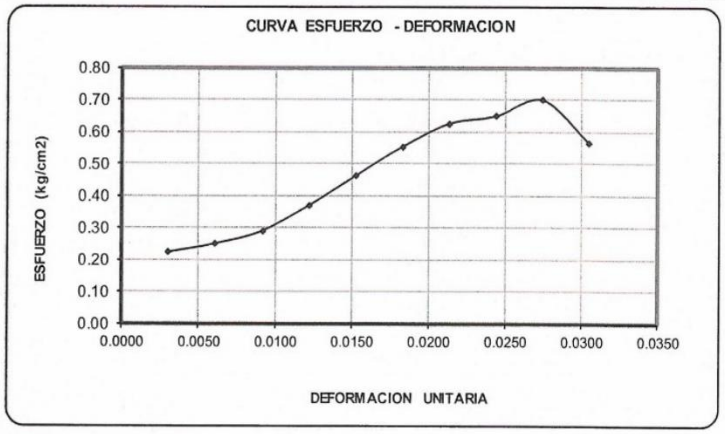
CONTENIDO DE HUMEDAD

w % = 9.48

DENSIDADES

Natural= 3.51 tn/m3

Seca = 3.21 tn/m3



Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP. Nº 79771

DENSIDAD NATURAL DE SUELO

UNE-103-301 - 94

PROYECTO: Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022
UBICACIÓN: Ucchullu Grande, Cusco - Cusco
SOLICITAN: Melenita Torres Panduro / Yelitza Milagros Guzman Lazaro

FECHA: Mayo del 2022 Calicata 01

DENSIDAD NATURAL	
Volumen Referencial (V1)	1.78
Masa Material Extraido	7.27
Volumen de Excavación (V2)	3.28
Volumen Real (V2-V1)	
Densidad Natural	1.67378049

γnat. = 1.67 Tn/m³

DENSIDAD MINIMA - DENSIDAD MAXIMA

UNE-103-105-93 UNE 103-106-93

MATERIAL SUELTO

	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MINIMA			
Masa de Molde	2.55	2.51	2.54
Masa Molde +	6.82	6.81	6.79
Volumen Molde	2.813	2.813	2.813
D min.	1.517952364	1.52861713	1.51084252

γmin. = 1.52 Tn/m³

MATERIAL COMPACTADO

	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MAXIMA			
Masa de Molde	2.78	2.77	2.76
Masa Molde +	8.28	8.32	8.35
Volumen Molde	2.813	2.813	2.813
D max.	1.955207963	1.97298258	1.98720228

γmax. = 1.97 Tn/m³

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79776

DENSIDAD NATURAL DE SUELO GRANULAR

UNE-103-301 - 94

PROYECTO: Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022

UBICACIÓN: Ucchullu Grande, Cusco - Cusco

SOLICITAN: Melenita Torres Panduro / Yelitza Milagros Guzman Lazaro

FECHA: Mayo del 2022 Calicata 02

DENSIDAD NATURAL	
Volumen Referencial (V1)	1.78
Masa Material Extraido	7.17
Volumen de Excavación (V2)	3.32
Volumen Real (V2-V1)	
Densidad Natural	1.62349398

γnat. = **1.62 Tn/m³**

DENSIDAD MINIMA - DENSIDAD MAXIMA

UNE-103-105-93 UNE 103-106-93

MATERIAL SUELTO

	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MINIMA			
Masa de Molde	2.55	2.51	2.54
Masa Molde +	6.8	6.84	6.82
Volumen Mold	2.813	2.813	2.813
D min.	1.510842517	1.53928191	1.52150729

γmin. = **1.52 Tn/m³**

MATERIAL COMPACTADO

	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
DENSIDAD MAXIMA			
Masa de Molde	2.78	2.77	2.76
Masa Molde +	8.28	8.23	8.25
Volumen Mold	2.813	2.813	2.813
D max.	1.955207963	1.94098827	1.95165304

γmax. = **1.95 Tn/m³**

Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP. Nº 7977[illegible]

CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC - E 108 - 99

MICROOVEN METHOD

Proyecto: Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022

Ubicación : Ucchullu Grande, Cusco- Cusco

Solicitantes : Melenita Torres Panduro / Yelitza Milagros Guzman Lazaro

Calicata 01

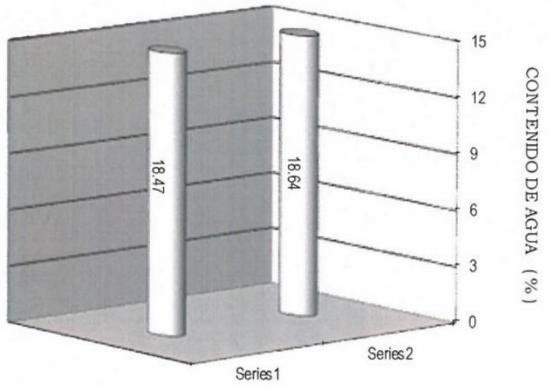
Fecha : Cusco Mayo del 2022

Prof : 2,00m.

MUESTRA	N· 01	N 02
PROFUNDIDAD (MT)	2.00	2.00
Peso de Capsula (gr)	50.25	49.25
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	102.46	102.78
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	94.32	94.37
Peso del Suelo Humedo (gr)	52.21	53.53
Peso del Suelo Seco (gr)	44.07	45.12
Peso del Agua (gr)	8.14	8.41
Contenido de Humedad (w)	18.47	18.64

Promedio : 18.55%

GRAFICO DE HUMEDADES



Ing. Rosendo Y. Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: N° 79776

CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC - E 108 - 99

MICROOVEN METHOD

Proyecto: Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022

Ubicación : Ucchullu Grande, Cusco- Cusco

Solicitantes : Melenita Torres Panduro / Yelitza Milagros Guzman Lazaro

Calicata 02

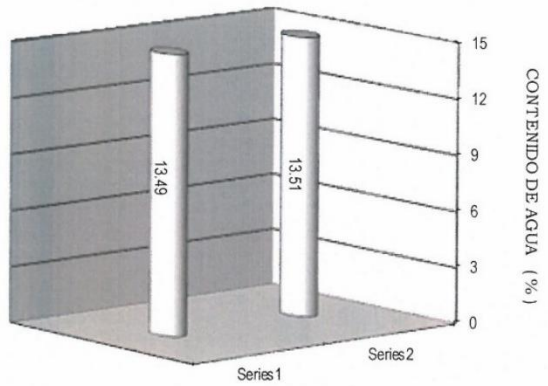
Fecha : Cusco Mayo del 2022

Prof : 2,00m.

MUESTRA	N· 01	N 02
PROFUNDIDAD (MT)	2.00	2.00
Peso de Capsula (gr)	50.25	49.25
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	100.38	100.77
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	94.42	94.64
Peso del Suelo Humedo (gr)	50.13	51.52
Peso del Suelo Seco (gr)	44.17	45.39
Peso del Agua (gr)	5.96	6.13
Contenido de Humedad (w)	13.49	13.51

Promedio : 13.50%

GRAFICO DE HUMEDADES



Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP. Nº 7977

Ensayos de estudios anteriores

GEDEON

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA

ESTUDIOS – PROYECTOS

PROYECTO : Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN: Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
SOLICITA : Sr. Paulino Quispitupa Roca.
FECHA : Cusco, Febrero del 2015.

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

ECUACION GENERAL
Qu=C Nc dc Sc+ γ1 Df Nq dq Sq +0.5 γ2 BNγ dγ Sγ

FACTORES DE PROFUNDIDAD		
dc=1+0.2(Nφ)^0.5 (D/B)	dq=dγ=1 Si φ=0°	dq=dγ=1+0.1(Nφ)^0.5 (D/B) Si φ=10°

FACTORES DE FORMA		
Sc=1+0.2 Nφ (B/L)	Sq=Sγ=1+0.1 Nφ (B/L) Si φ=10°	Sq=Sγ=1 Si φ=0°

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA			
Nq=e^(π tg φ)Nφ	Nφ=tg^2(45+φ/2)	Nγ=(Nq-1) 2tg (φ)	Nc=(Nq-1) Ctg φ

$$Cr = \frac{\gamma_{NAT} - \gamma_{MIN}}{\gamma_{MAX} - \gamma_{MIN}} x \frac{\gamma_{MAX}}{\gamma_{NAT}}$$

$\%PasaMallaN°200 > 5\%$
$\phi = 25 + 0.15(Cr)$

$\%PasaMallaN°200 < 5\%$
$\phi = 30 + 0.15(Cr)$

Pozo de prospección	01	02
Profundidad (m)	1.20	1.30
γ Máxima	2.068	2.036
γ Natural	1.82	1.75
γ Mínima	1.677	1.596
Compacidad Relativa CR	41.835%	39.752%
% Pasa Nº 200	20.8%	19.6%
Angulo De Fricción (Φ)	31.28º	30.96º

APV. PICCHU LA RINCONA, CALLE ALFONSO UGARTE LT. V -07 CUSCO. E. MAIL yesserchegi@gmail.com

Yesser Pedro Jan Llod
INGENIERO CI

PROYECTO : Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN: Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
SOLICITA : Sr. Paulino Quispitupa Roca.
FECHA : Cusco, Febrero del 2015.

1. FACTORES DE LA CAPACIDAD DE CARGA:

Calicata	01	02
PROFUNDIDAD (m)	2.30	2.30
ANGULO : Φ′ Seleccionado	31.28°	30.96°
γ_{sat}(g-f/cm3)	2.08	2.07
γ(g-f/cm3)	1.70	1.72
γ_{ω}(g-f/cm3)	1	1
Cohesión(Kg/cm2)	0.0	0.0
N'γ	5,0204	4,8124
N'c	20,3464	19,9884
N'q	9,2512	9,0012

CALICATA

$$Qu=2/3\ c'N'c + qN'q + 0.5\gamma BN'\gamma$$

Donde:

$$q= D_1\gamma+D_2\ (\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

Fs = 3

CALICATA	q(Kg/cm²)	qu (Kg/cm²)	qa (Kg/cm²)
01	0,3224	3,335	**1.11**
02	0,3209	3,223	**1.07**

- Coeficientes de empuje activo(Ka) y pasivo (Kp):
  Ka = 0.32
  Kp= 3.12

X. CALCULO DE ASENTAMIENTOS

El material que soportará las estructuras del proyecto está constituido por un material de grava limosa con arena, además de ser un material que

Yesser Esteban Lio

presenta cohesividad nula por lo que los asentamientos por consolidación son de esperar, considerando que las cargas aplicadas a una masa de suelo originan un incremento en las presiones existentes y producen asentamientos. En el caso de querer determinar Asentamientos Inmediatos puede emplearse la siguiente relación:

$$\Delta H = \frac{qB'(1-\mu^2)}{E_S} \mathrm{I_f}$$

Donde los términos incluyen:

Es = Módulo de Esfuerzo Deformación

q = Incremento de la Presión del suelo por encima del Equilibrio

B' = Ancho del área de la cimentación cargada

I_f = Factores de Influencia

μ = Módulo de Poisson

ΔH =Asentamiento probable (cm)

Considerando y aplicando la Presión de Contacto máxima la del esfuerzo admisible a diferente profundidad de 1.00m para una cimentación corrida, y las características del terreno, indicadas en las Propiedades Físicas se calculó un asentamiento de:

Calicata	**q(ton/m2)**	B(m)	μ	Es(ton/m2)	I_f	ΔH (cm)
O1	6,51	1,30	0,15	1650	153	0,77
O2	6,51	1,30	0,15	1590	153	0,80

XI. SISMICIDAD

El Período de Vibración predominante del suelo T_p (s), está basado en las recomendaciones del Reglamento Nacional de Construcciones. Para un tipo de suelo identificado como - horizonte conformado grava limosa con arena,

Yesser Esteban Lloc
INGENIERO C
CIP. 161647

cuyos finos presentan plasticidad ligera, se utilizará un valor: Ts = entre 0.6 seg.

S= Factor de Suelo = 1.2

La zonificación Sísmica Nacional nos indica que, la Región Cusco se encuentra dentro de la Zona 2 (Sismicidad media) con factor de zona 0.30 que puede incrementar un 10% en 50 años, el área de influencia del Proyecto presenta un perfil del tipo de Suelo correspondiente a S_2 con Factor de Suelo S = 1.2

A	Factor de zonificación sísmica	2.0 (Z = 0.30)
B	Factor de ampliación sísmica	S = 1.2
C	Periodo predominante del Suelo	Ts = 0.6 seg. (*)

El valor predominante del Suelo (*) tomado en base a la estratigrafía del terreno, debe estimarse una variación del 25% en aumento para su clasificación y determinación del coeficiente sísmico.

Parámetros Sísmicos – Cuadro

	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
Periodo de Retorno	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.14	0.17	0.21	5.8	7.0	9.5	2.1	2.4	3.3

La fuerza horizontal o cortante total en la base debido a la acción sísmica debe determinase para la siguiente relación.

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

Donde el factor

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

C = Coeficiente sísmico

P = Peso de las Estructuras

Rd = Factor de ductilidad

Yesser Esteban Liedla Challco
INGENIERO CIVIL
CIP. 161947

PROYECTO : Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN: Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
SOLICITA : Sr. Paulino Quispitupa Roca.
FECHA : Cusco, Febrero del 2015.

XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

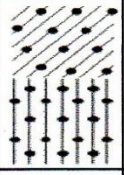
- El Nivel freático quedo registrado a 1.00m (PZ-01) y 1.10m. (PZ-02). Medidos a partir de la cota de terreno actual.
- De acuerdo a los resultados de laboratorio el suelo está clasificado como GM (Grava limosa con arena), de acuerdo a la clasificación SUCS.
- El tipo de cimentación recomendada sería la de cimientos corridos (Viga de cimentación) o una combinación entre cimientos corridos y zapatas rectangulares y/o cuadradas conectadas por vigas de conexión continuas. La carga final admisible recomendada sería el de asumir la carga menor que viene a ser **Qa = 1.07 Kg/cm^2**. Los suelos descritos en la estratigrafía son permeables, susceptibilidad a la licuación ligera a nula, la profundidad de desplante recomendada es de Df = 2.30m. Se sugiere utilizar un aditivo impermeabilizante para el concreto destinado a las cimentaciones.
- Será conveniente que durante el proceso de excavación de las zanjas para cimentaciones se realicen verificaciones de las condiciones del suelo de fundación para formular algunas recomendaciones complementarias.

Yesser Esteban Llerena Chalco
INGENIERO CIVIL
CIP. 161647

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO	:	Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN	:	Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
SOLICITANTE	:	Sr. Paulino Quispitupa Roca.
CALICATA	:	01.
FECHA	:	Cusco, Febrero del 2015.

CALICATA 01

Prof.(m)	ESTRATO	GRAFICO	DESCRIPCIÓN
0,10 0,20 0,40 0,50 0,60 0,80	0,0 - 0,80		Estrato conformado por grava limosa arcillosa, suelo de color marrón gris, húmedo en el lugar, suelo de compacidad media a floja, grava sub-angulosa de 3" de tamaño máximo, material perteneciente a la forma-ción Sangarara que sobreyace a la formación San Sebastian. (GC-GM)
0,82 0,84 0,90 1,00 1,02 1,04 1,06 1,08 1,10 1,15 1,18 1,20	0,80 - 1,20		Nivel freático registrado a 1.00 m de profundidad medido a partir de la cota de terreno actual. Estrato conformado por grava limosa con arena, suelo de color marrón gris, de compacidad media a floja, presencia de cantos rodados de 4" de tamaño máximo, arena gruesa a fina de partículas subredondeadas suelo perteneciente a la formación San Sebastian, suelo permeable - - suelo cuyo indice de compresibilidad es bajo, resistencia a la tubifica-ción media a baja, finos en un 20.8%, arena en un 31% y grava en un 48,2% de proporción. (GM).

Yesser Esteban Llodlla C
INGENIERO CIVIL
CIP. 181047

Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

Proyecto : Vivienda Multifamiliar.
Ubicación : Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
Calicata : O1 - 1,20m de Prof.
Solicita : Sr. Paulino Quispitupa Roca.
Fecha : Cusco, Febrero del 2015.

Límite Líquido MTC E 110

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	30	22	16
Recipiente Nº	15	19	21
R + Suelo Hum.	56,01	56,94	55,69
R + Suelo Seco	50,91	51,17	49,87
Peso Recip.	24,61	24,61	24,60
Peso Agua	5,10	5,77	5,82
Peso S. Seco	26,30	26,56	25,27
% de Humedad	19,39	21,72	23,03

Granulometría (MTC E 107) ***Humedad Natural***

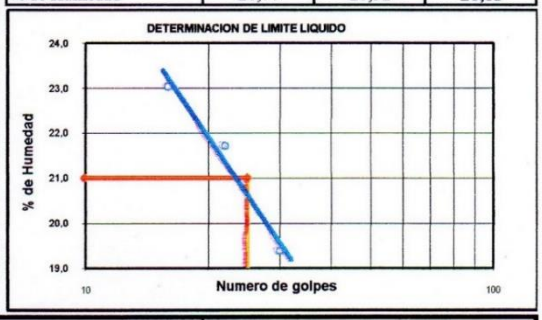
Datos de ensayo

Peso Total	:	8935,3	P.M.H. =	201,2
Peso de fracción	:	761,1	P.M.S. =	176,5
Peso de muestra lavada:		7085,7	% W =	13,99

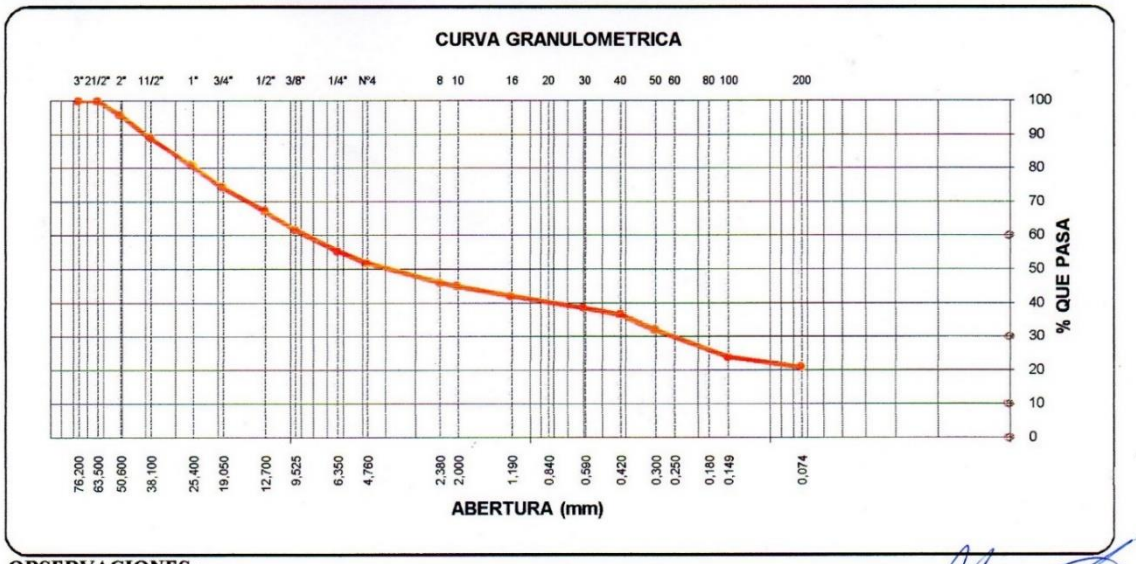
Límite Plástico MTC E 111

Ensayo	1	2	
Recipiente Nº	23	10	
R + Suelo Hum.	10,66	10,25	
R + Suelo Seco	9,47	9,15	
Peso Recip.	3,74	3,79	
Peso Agua	1,19	1,10	
Peso S. Seco	5,73	5,36	
% de Humedad	20,77	20,52	**20,65**

Malla Tamiz	Malla mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76,200				100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,600	373,2	4,2	4,2	95,8	
1 1/2"	38,100	611,7	6,8	11,0	89,0	
1"	25,400	743,3	8,3	19,3	80,7	
3/4"	19,050	574,0	6,4	25,7	74,3	
1/2"	12,700	635,0	7,1	32,8	67,2	
3/8"	9,525	494,8	5,5	38,3	61,7	
1/4"	6,350	566,2	6,3	44,6	55,4	
No4	4,760	320,1	3,6	48,2	51,8	
8	2,360	85,1	5,8	54,0	46,0	
10	2,000	16,7	1,1	55,1	44,9	
16	1,190	42,8	2,9	58,0	42,0	
30	0,600	52,1	3,5	61,5	38,5	
40	0,420	29,0	2,0	63,5	36,5	
50	0,300	67,3	4,6	68,1	31,9	
100	0,149	117,8	8,0	76,1	23,9	
200	0,074	45,4	3,1	79,2	20,8	
< 200		304,9	20,8	100,0		



Clasificación SUCS	**GM**	L.L :	**21,01**
Clasificación AASHTO	**A-1-b (0)**	I.P :	**0,36**



OBSERVACIONES : .....

Yesser Esteban Lloclla C
INGENIERO CIVIL
CIP. 161647

DENSIDAD MINIMA - ASTMD - 2049-69

PROYECTO	:	Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN	:	Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
SOLICITA	:	Sr. Paulino Quispitupa Roca.
CALICATA	:	01.
FECHA	:	Cusco, Febrero del 2015.

Diámetro: 15,11 *cm*

Altura : *11,80 cm*

Volumen: *2.115,09 cm3*

Muestra #	***1***	***2***	***3***
Molde	***A1***	***A2***	***A3***
W Suelo Seco+Molde (gr)	10.276	10.376	10.289
W Molde (gr)	6.767	6.767	6.767
W Suelo (gr)	3.509	3.609	3.522
Densidad Minima (gr/cm3)	**1,659**	**1,706**	**1,665**

Densidad Minima = **1,677** ***gr/cm3***

Yesser Esteban Llodla Chailco
INGENIERO CIVIL
CIP. 161647

DENSIDAD DE CAMPO ASTM D 2216 AASHTO T - 76

PROYECTO	:	Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN	:	Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
SOLICITA	:	Sr. Paulino Quispitupa Roca.
FECHA	:	Cusco, Febrero del 2015.

CALICATA		01.
Peso neto de suelo	g	5623
Peso de arena + frasco	g	6996
P.are. Que queda en frasco	g	1836
Peso de arena en embudo	g	1490
P. neto de arena empleada	g	3670
Densidad de arena	g/cm^3	1,41
Volumen de hueco	cm^3	2602,8
P. de la grava mayor a 3/4" tamaño	g	1442
V. de la grava por desplaza	cm^3	589
Peso de suelo sin grava	g	4181
Volumen de suelo	cm^3	2014,3
Densidad de suelo humedo	g/cm^3	2,08
Porcentaje de Humedad (%)		13,99
Densidad de suelo natural	*g/cm^3*	**1,82**

Yesser Esteban Llocilla Challc
INGENIERO CIVIL
CIP. 161647

DENSIDAD MAXIMA - ASTMD - 2049-69

PROYECTO	:	Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN	:	Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco
SOLICITANTE	:	Sr. Paulino Quispitupa Roca.
CALICATA	:	01.
FECHA	:	Cusco, Febrero del 2015.

Diametro: 15,11 *cm*

Altura: 11,80 *cm*

Volumen: 2.115,09 *cm3*

Muestra	*1*	*2*	*3*
Molde	*A1*	*A2*	*A3*
W Suelo Humedo+Molde (gr)	11.495	11.482	11.475
W Molde (gr)	6.767	6.767	6.767
W Suelo (gr)	4.728	4.715	4.708
Densidad Suelo Humedo (gr/cm3)	2,235	2,229	2,226
Porcentaje de Humedad (%)	7,76	7,91	7,85
Densidad Máxima (gr/cm3)	2,074	2,066	2,064

Densidad Maxima = **2,068** ***gr/cm3***

Yesser Esteban Llocila Challco
INGENIERO CIVIL
CIP. 161647

Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg

Proyecto : Vivienda Multifamiliar.
Ubicación : Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
Calicata : O2 - 1,30m de Prof.
Solicita : Sr. Paulino Quispitupa Roca.
Fecha : Cusco, Febrero del 2015.

Límite Líquido MTC E 110

Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	31	21	15
Recipiente Nº	9	16	23
R + Suelo Hum.	54,90	54,61	57,40
R + Suelo Seco	49,11	48,56	50,27
Peso Recip.	24,70	24,77	24,69
Peso Agua	5,79	6,05	7,13
Peso S. Seco	24,41	23,79	25,58
% de Humedad	23,72	25,43	27,87

Granulometría (MTC E 107)

Datos de ensayo

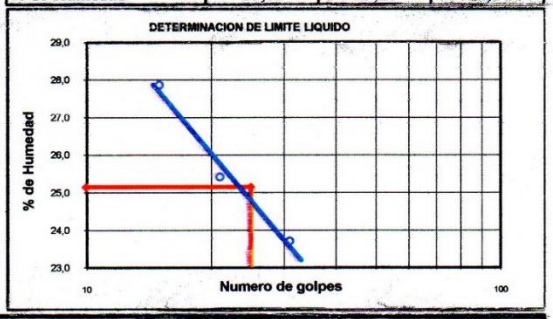
Peso Total	:	7234,3	P.M.H. =	212,2
Peso de fracción	:	802,2	P.M.S. =	179,2
Peso de muestra lavada:		5815,5	% W =	18,42

Humedad Natural

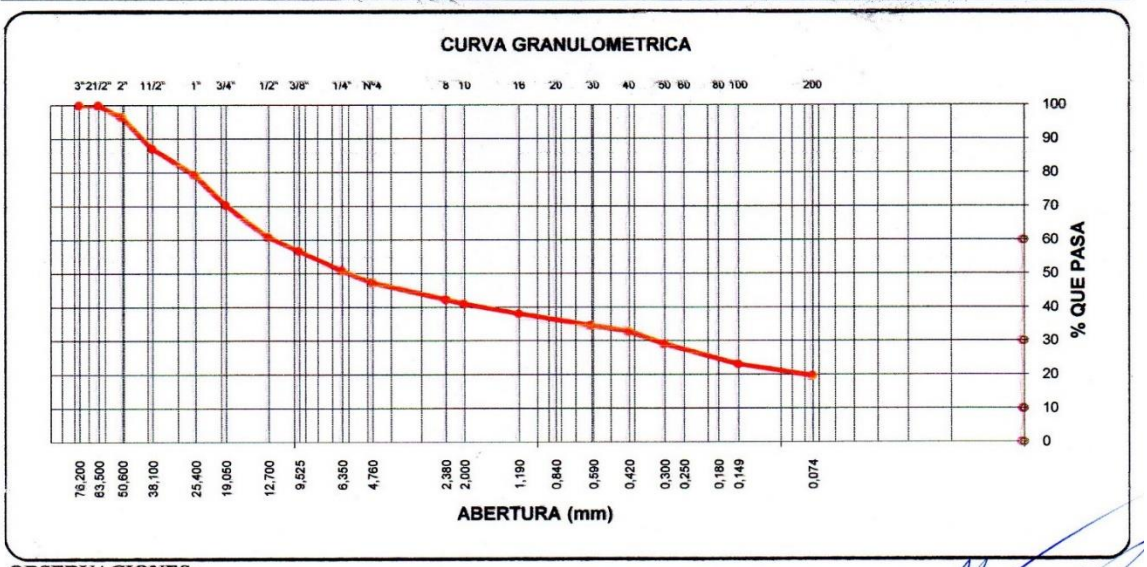
Límite Plástico MTC E 111

Ensayo	1	2	
Recipiente Nº	15	18	
R + Suelo Hum.	10,46	10,92	
R + Suelo Seco	9,21	9,58	
Peso Recip.	3,78	3,82	
Peso Agua	1,25	1,34	
Peso S. Seco	5,43	5,76	
% de Humedad	23,02	23,26	**23,14**

Malla Tamiz	Malla mm.	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
3"	76,200				100,0	
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0	
2"	50,600	253,7	3,5	3,5	96,5	
1 1/2"	38,100	676,3	9,3	12,8	87,2	
1"	25,400	566,7	7,8	20,6	79,4	
3/4"	19,050	649,1	9,0	29,6	70,4	
1/2"	12,700	688,0	9,5	39,1	60,9	
3/8"	9,525	298,1	4,1	43,2	56,8	
1/4"	6,350	424,3	5,9	49,1	50,9	
No4	4,760	256,1	3,5	52,6	47,4	
8	2,360	86,6	5,1	57,7	42,3	
10	2,000	19,8	1,2	58,9	41,1	
16	1,190	50,6	3,0	61,9	38,1	
30	0,600	59,5	3,5	65,4	34,6	
40	0,420	29,7	1,8	67,2	32,8	
50	0,300	62,6	3,7	70,9	29,1	
100	0,149	102,2	6,0	76,9	23,1	
200	0,074	58,6	3,5	80,4	19,6	
< 200		332,6	19,7	100,1		



Clasificación SUCS	**GM**	L.L :	**25,14**
Clasificación AASHTO	**A-1-b (0)**	I.P :	**2,00**



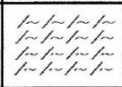
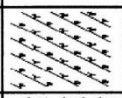
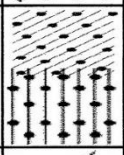
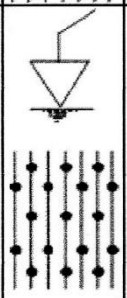
OBSERVACIONES :

Yesser Esteban Llocla C
INGENIERO CIVIL
CIP. 161047

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO	:	Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN	:	Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
SOLICITANTE	:	Sr. Paulino Quispitupa Roca.
CALICATA	:	02.
FECHA	:	Cusco, Febrero del 2015.

CALICATA 02

Prof.(m)	ESTRATO	GRAFICO	DESCRIPCIÓN
0,10 0,15 0,20	0,0 - 0,20		Capa de relleno común.
0,22 0,25 0,30	0,20 - 0,30		Capa de tierra orgánica.
0,40 0,50 0,50 0,60 0,70	0,30 - 0,70		Estrato conformado por grava limosa arcillosa, suelo de color marrón gris, húmedo en el lugar, suelo de compacidad media a floja, grava sub-angulosa de 3" de tamaño máximo, material perteneciente a la formación Sangarara que sobreyace a la formación San Sebastian. (GC-GM)
0,80 0,90 1,00 1,10 1,12 1,14 1,18 1,20 1,24 1,28 1,30	0,70 - 1,30		Nivel freático registrado a 1.10 m de profundidad medido a partir de la cota de terreno actual. Estrato conformado por grava limosa con arena, suelo de color marrón gris, compacidad media a floja, precencia de canto rodado de 4" de tamaño máximo, arena gruesa a fina de partículas subredondeadas, suelo perteneciente a la formación San Sebastian, suelo permeable, suelo cuyo indice de compresibilidad es bajo, finos en un 19,6%, arena en un 27,8% y grava en un 52,6% de proporción. (GM).

Yesser Esteban Llocilla Challe
INGENIERO CIVIL
CIP. 161647

DENSIDAD MINIMA - ASTMD - 2049-69

PROYECTO	:	Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN	:	Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
SOLICITA	:	Sr. Paulino Quispitupa Roca.
CALICATA	:	02.
FECHA	:	Cusco, Febrero del 2015.

Diámetro: 15,11 *cm*

Altura : *11,80 cm*

Volumen: *2.115,09 cm3*

Muestra #	***1***	***2***	***3***
Molde	***A1***	***A2***	***A3***
W Suelo Seco+Molde (gr)	10.133	10.145	10.148
W Molde (gr)	6.767	6.767	6.767
W Suelo (gr)	3.366	3.378	3.381
Densidad Minima (gr/cm3)	**1,591**	**1,597**	**1,599**

Densidad Minima = **1,596** ***gr/cm3***

Yesser Esteban Llodla Chalco
INGENIERO CIVIL
CIP. 161647

DENSIDAD DE CAMPO ASTM D 2216 AASHTO T - 76

PROYECTO	:	Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN	:	Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco.
SOLICITA	:	Sr. Paulino Quispitupa Roca.
FECHA	:	Cusco, Febrero del 2015.

CALICATA		02.
Peso neto de suelo	g	4547
Peso de arena + frasco	g	6919
P.are. Que queda en frasco	g	2667
Peso de arena en embudo	g	1490
P. neto de arena empleada	g	2762
Densidad de arena	g/cm^3	1,41
Volumen de hueco	cm^3	1958,9
P. de la grava mayor a 3/4" tamaño	g	2358
V. de la grava por desplaza	cm^3	900
Peso de suelo sin grava	g	2189
Volumen de suelo	cm^3	1058,9
Densidad de suelo humedo	g/cm^3	2,07
Porcentaje de Humedad (%)		18,42
Densidad de suelo natural	*g/cm^3*	**1,75**

DENSIDAD MAXIMA - ASTMD - 2049-69

PROYECTO	:	Vivienda Multifamiliar.
UBICACIÓN	:	Urb. Micaela Bastidas, Manzana E, Lote 1, Distrito Cusco-Provincia Cusco, Región Cusco
SOLICITANTE	:	Sr. Paulino Quispitupa Roca.
CALICATA	:	02.
FECHA	:	Cusco, Febrero del 2015.

Diametro: 15,11 *cm*

Altura: 11,80 *cm*

Volumen: 2.115,09 *cm3*

Muestra	*1*	*2*	*3*
Molde	*A1*	*A2*	*A3*
W Suelo Humedo+Molde (gr)	11.413	11.417	11.410
W Molde (gr)	6.767	6.767	6.767
W Suelo (gr)	4.646	4.650	4.643
Densidad Suelo Humedo (gr/cm3)	2,197	2,198	2,195
Porcentaje de Humedad (%)	7,78	8,07	7,85
Densidad Máxima (gr/cm3)	2,038	2,034	2,035

Densidad Maxima = **2,036** ***gr/cm3***

Yesser Esteban Elorda Challco
INGENIERO CIVIL
CIP. 161647

Ensayos de esclerometría

INGEOTECNIA INGEOLAB
Geociencias Aplicadas

ROTURA DE BRIQUETAS A COMPRESION DE OBRA:
"EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE UN EDIFICIO DE 5 NIVELES UTILIZANDO SAP2000 Y CYPECAD EN CUSCO PERU - 2022"

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL CONCRETO POR ESCLEROMETRIA

Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Perú - 2022

SOLICITAN: MELENITA TORRES PANDURO
YELITZA MILAGROS GUZMAN LAZARO

UBICACIÓN: URB. UCCHULLU GRANDE, CALLE URUGUAY CUSCO
CUSCO

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977

JUNIO - 2022

Urb. Ttio W-26 Wanchaq Tel. 974894343 - 984737162 / 228803

GENERALIDADES.

OBJETIVO.

Constituye el objetivo principal del presente informe técnico, verificar mediante pruebas con Esclerómetro la calidad en términos de resistencia del concreto de los elementos estructurales que conforma el edificio de 5 niveles.

MARCO NORMATIVO.

Se ha considerado como mínimo, lo estipulado en el Reglamento Nacional de Construcciones en su Norma E - 050 de Suelos y Cimentaciones, la Norma Básica de Diseño Sismo-Resistente Norma E - 030, la Norma E-020 de Cargas, la Norma Control of Cracking in Concrete Structures, ACI Committee 224, vol.2. Nº 10, 1980 pp. 35-76 y la norma ASTM C 805.

EVALUACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Se observa claramente que los elementos estructurales (columnas y vigas) evaluados no presentan fisuramientos establecidos como tolerables para concreto reforzado según el ACI (Control of Cracking in Concrete Structures, ACI Committee 224, vol.2. Nº 10, 1980 pp. 35-76).

COMITE DEL INSTITUTO DE CONCRETO AMERICANO 224-R-72 GUÍAS CONCERNIENTES A GRIETAS EN EL CONCRETO	
Condición de Exposición	**Ancho Máximo Permisible en la Grieta**
Aire seco	0.41 mm
Humedad, aire húmedo, suelo	0.30 mm
Agua de mar o agua rociada	0.15 mm
Estructuras para retener agua	0.10 mm

Ancho Máximo Permisible en la Grieta .ACI Committee 224

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG.CIP: Nº 79770

MEDICION DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO.

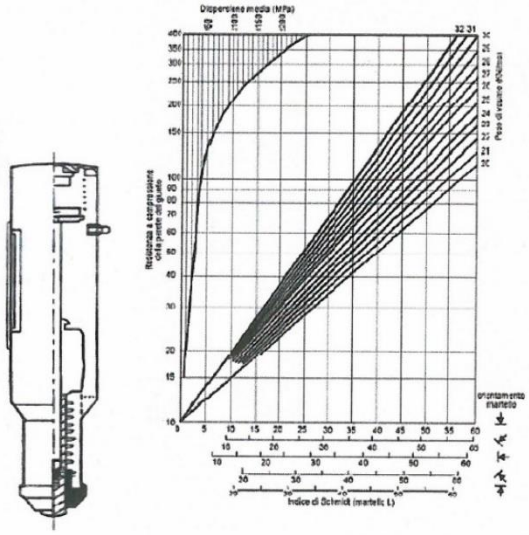
Se realizaron los ensayos de esclerometría para verificar la calidad del concreto, para lo cual se hizo uso de un Esclerómetro o Martillo de Schmidt, que consiste en un pin metálico adosado a una masa contra un resorte comprimido, que al liberarse impacta contra la superficie del concreto, produciendo un rebote en la masa que se mide como un desplazamiento en una escala graduada. Este ensayo nos proporciona un acercamiento del orden de magnitud del f'c in situ y permite opinar técnicamente sobre la calidad del concreto

de una estructura sin recurrir a ensayos destructivos. Para poder ejecutarse la prueba eficientemente deben cumplirse ciertas condiciones:

1. Inspección del estado de los puntos estructuralmente importantes y su demarcación.
2. El elemento de concreto debe ser por lo menos de 4" de espesor y estar fijo.
3. Retiro del recubrimiento de concreto de la zona demarcada (mínimo 6" de diámetro) y debe pulirse con lija hasta lograr una superficie sin asperezas.
4. Se realizaron diez lecturas en cada elemento (separadas no menos de 4"). Deben descartarse las lecturas que difieran del promedio en más de 7 unidades, y calcular el promedio en base a las restantes. Si más de 2 lecturas difieren del promedio en 7 unidades, se deberá descartar el grupo completo.
5. El número de zonas en las cuales se realizó la prueba fue variable en función al tipo y condición visible del elemento estructural; en los estribos se tomaron lecturas en las zonas superior e inferior y en las vigas en las partes laterales e inferior.

Las mediciones realizadas tuvieron como objetivo la detección de zonas débiles de los elementos evaluados.

El cálculo de la resistencia del concreto se realiza ubicando el valor de la lectura del esclerómetro en el eje X, prolongar este punto hasta intersectar con la curva correspondiente a 90º (posición del esclerómetro al realizar la prueba); luego este punto se prolonga horizontalmente con el eje Y. Este será el valor de la resistencia del concreto en psi, que convertimos en Kg/cm2.



Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79770

CONCLUSIONES

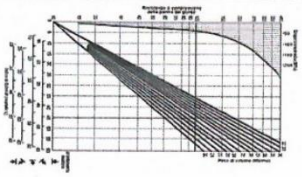
De la Inspección y Evaluación del edificio de cinco niveles se concluye:

1. No se presentan fisuramientos que superen el rango tolerable según el ACI (Control of Cracking in Concrete Structures, ACI Committee 224, vol.2. Nº 10, 1980 pp. 35-76).
2. De los ensayos de calidad del concreto realizados, empleando el Martillo de Schmidt (esclerómetro), se puede concluir lo siguiente:
   - Las columnas SI superan sus resistencias de diseño (>210 Kg/cm²).
   - Las vigas SI superan sus resistencias de diseño (>210 Kg/cm²)

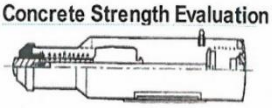
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO:	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO :	**Columna 1 -1er Nivel**		s/r
SOLICITAN:	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milgros Guzman Lazaro		
FECHA	23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**1**



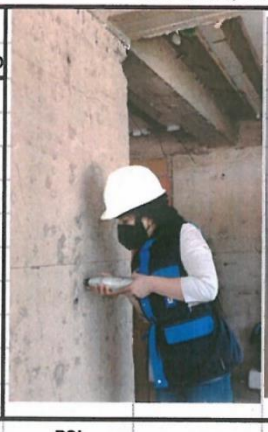
Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202

NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	32
2	30
3	28
4	30
5	30
6	30
7	34
8	30
9	32
10	28



PROMEDIO:	**30.4**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**212.80**	**R=**	**213**	**Kg/cm²**

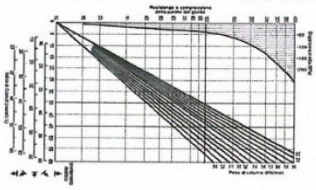
CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79770

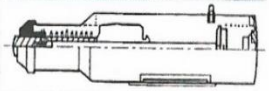
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO	**Columna 4 -1er Nivel**		s/r
SOLICITA	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milgros Guzman Lazaro		
FECHA	23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**2**



Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202

NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	30
2	32
3	30
4	28
5	34
6	34
7	28
8	30
9	28
10	31

PROMEDIO:	**30.5**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**213.50**	**R=**	**214**	**Kg/cm²**

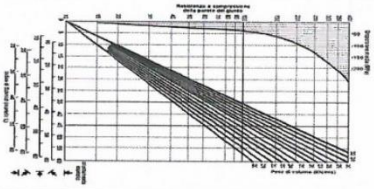
CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP Nº 7077

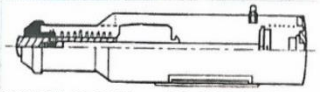
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO	**viga 2 -1er Nivel**		s/r
SOLICITA	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milgros Guzman Lazaro		
FECHA	23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**3**



Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202

NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	30
2	30
3	32
4	30
5	28
6	34
7	32
8	28
9	28
10	30

PROMEDIO:	**30.2**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**211.40**	**R=**	**211**	**Kg/cm²**

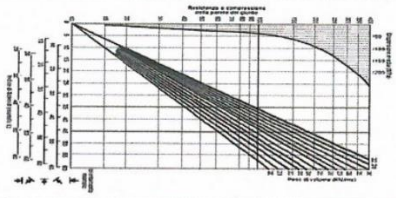
CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977c

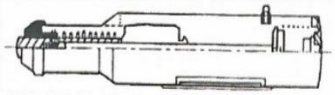
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO :	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO :	**Columna 6 -2do Nivel**		s/r
SOLICITA	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milgros Guzman Lazaro		
FECHA	: 23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**4**



Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202

NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	30
2	30
3	32
4	30
5	34
6	34
7	30
8	32
9	34
10	32

PROMEDIO:	**31.8**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**222.60**	**R=**	**223**	**Kg/cm²**

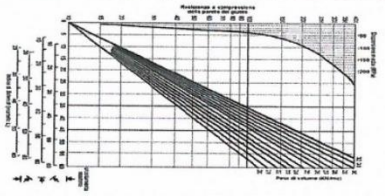
CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Dr. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP. Nº 79776

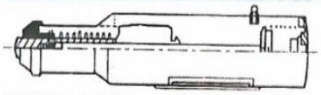
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO :	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO :	**Columna 7 -2do Nivel**		s/r
SOLICITA	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milgros Guzman Lazaro		
FECHA	23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**5**



Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202

NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	32
2	30
3	28
4	34
5	34
6	28
7	30
8	32
9	32
10	30

PROMEDIO:	**31**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**217.00**	**R=**	**217**	**Kg/cm²**

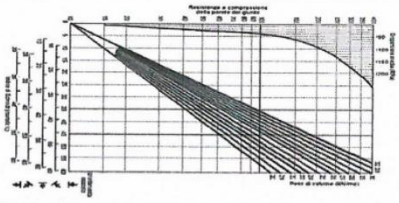
CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79776

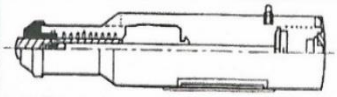
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO	**viga 21 -2do Nivel**		s/r
SOLICITA	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milgros Guzman Lazaro		
FECHA	23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**6**



Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202

NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	34
2	32
3	30
4	32
5	34
6	32
7	30
8	34
9	30
10	34

PROMEDIO:	**32.2**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**211.31**	**R=**	**211**	**Kg/cm²**

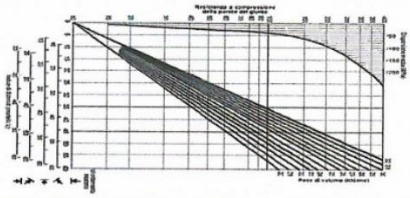
CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977[illegible]

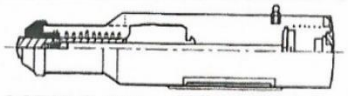
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO	**columna 9 -3er Nivel**		s/r
SOLICITA	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milgros Guzman Lazaro		
FECHA	23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**7**



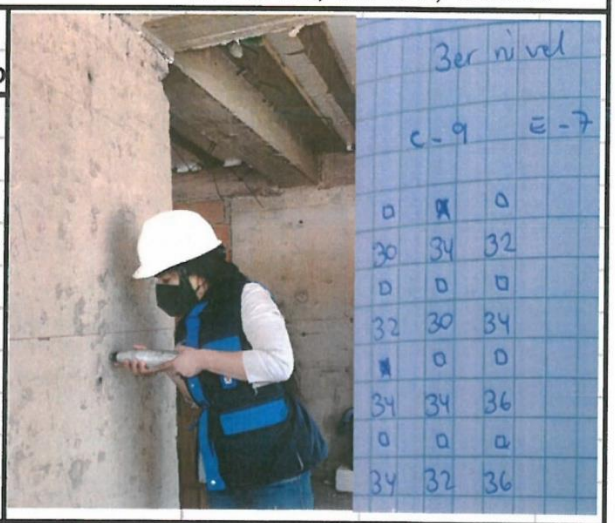
Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202

NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	32
2	30
3	32
4	30
5	34
6	34
7	36
8	34
9	36
10	32



PROMEDIO:	**33**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**216.56**	**R=**	**217**	**Kg/cm²**

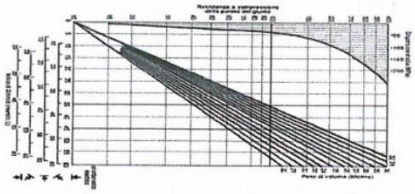
CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977[illegible]

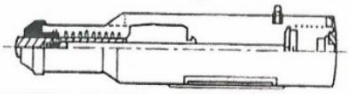
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO	**viga 41 -3er Nivel**		s/r
SOLICITA	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milgros Guzman Lazaro		
FECHA	23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**8**

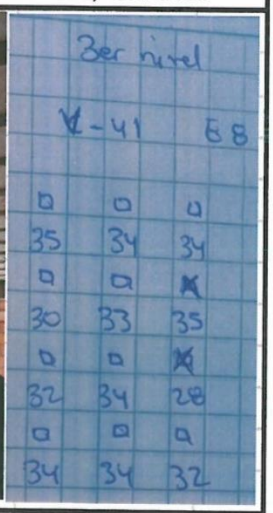


Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202
NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	35
2	34
3	34
4	30
5	33
6	32
7	34
8	34
9	34
10	32



PROMEDIO:	**33.2**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**217.88**	**R=**	**218**	**Kg/cm²**

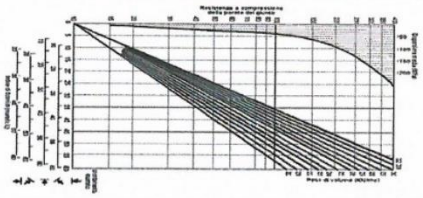
CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 78774

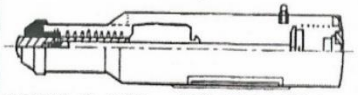
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO	**columna 12 -4to Nivel**		s/r
SOLICITA	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milgros Guzman Lazaro		
FECHA	23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**9**



Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202
NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	32
2	34
3	34
4	36
5	34
6	32
7	30
8	35
9	34
10	32

PROMEDIO:	**33.3**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**218.53**	**R=**	**219**	**Kg/cm²**

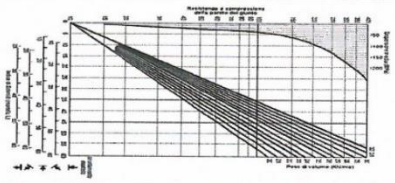
CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 79770

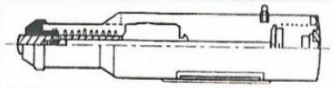
ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

Martillo de Schmidt - Esclerómetro - Rebound Hammer Method

PROYECTO	Evaluacion de la Vulnerabilidad Sismica de un Edificio de 5 Niveles Utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Peru-2022		
ELEMENTO	**viga 51 -4to Nivel**		s/r
SOLICITA	Melenita Torres Panduro / Yelitza Milagros Guzman Lazaro		
FECHA	23 de Junio del 2022	**ENSAYO Nro**	**10**



Concrete Strength Evaluation



ASTM C-805, BS 1881:202

NF P18-417, DIN 1048, UNI 9189

Ensayo Numero	Lectura Esclerometro
1	34
2	30
3	32
4	34
5	32
6	30
7	34
8	36
9	30
10	34

PROMEDIO:	**32.6**	**PSI**		
RESISTENCIA:	**213.94**	**R=**	**214**	**Kg/cm²**

CONCLUSION: El elemento estructural cumple la resistencia de diseño

Ing. Rosendo Motta Zevallos
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
REG. CIP: Nº 7977

Solicitud para ingresar a la obra

SOLICITO: ingreso a la obra

Gerente General de V&B Inmobiliaria Constructora
Américo Tomás Tupayachi Velarde

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente, y manifestarle:
Que nos permita realizar evidencia fotográfica de la obra ubicada en la urbanización Ucchullu Grande calle Uruguay, la visita no va a ocasionar ningún daño a la obra, lo cual sólo se necesitará 20 minutos cómo máximo. Necesitamos realizar la evidencia fotográfica para complementar a nuestro proyecto de tesis titulada "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un edificio de 5 niveles utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Perú – 2022". Se va a sacar evidencia fotográfica y valores positivos que más adelante será de beneficio para la constructora ya que la aprobación de tesis nos da un aval que efectivamente todo está conforme, de mi persona hago llegar todos los certificados correspondientes para vuestro uso. Desde ya agradezco su cordial atención.

Adjunto la copia de mi DNI.

Atentamente,

Bach. Melenita Torres Panduro

Bach. Yelitza Milagros Guzmán Lázaro

Recepcionado.
23/06/2022
8:22am

Georreferencia